



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS  
PECUARIAS**

**“VALIDACIÓN DE LA TECNOLOGÍA PARA LA PRODUCCIÓN E  
INDUSTRIALIZACIÓN DE HONGOS COMESTIBLES *Pleurotus ostreatus*  
UTILIZANDO SUSTRATOS ORGÁNICOS”**

**TESIS DE GRADO**

**Previa la obtención del título de:**

**INGENIERO EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

**AUTOR**

**LIGIA ELENA QUIZHPILEMA QUINDI**

**Riobamba-Ecuador**

**2013**

Esta Tesis fue aprobada por el siguiente Tribunal

---

Dr. Ph.D. Nelson Antonio Duchi Duchi.

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Ing. M. C. Byron Leoncio Díaz Monroy.

**DIRECTOR DE TESIS**

---

Dra. M. C. Sonia Elisa Peñafiel Acosta.

**ASESOR DE TESIS**

Riobamba, 24 de Septiembre de 2013.

## AGRADECIMIENTO

Ni la más pequeña hoja de un árbol se cae sin su consentimiento. Gracias Dios  
por guiar mi camino.

Un agradecimiento muy profundo a todos mis amigos, compañeros, profesores de la Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Ingeniería Industrias Pecuarias, por su apoyo, amistad, tiempo y orientación esmerada durante mi tiempo de estudio e investigación.

Al ING. Byron Díaz Monroy                      Director de Tesis

A la Dra. Sonia Peñafiel Acosta              Asesor de Tesis

Al Dr. Nelson Duchi D., PhD.                Presidente de tribunal.

*Ligia Elena*

## DEDICATORIA

### A DIOS Y LA VIRGEN SANTISIMA

Gracias al todo poderoso y su voluntad divina que me permiten que éste sueño se haga realidad.

### A MIS PADRES, A MIS HERMANOS, A MI HIJA KAYITA

A mis padres y a mis hermanos porque son el pilar fundamental de mi vida, por su gran apoyo, por su cariño, aprecio, amor, confianza, sacrificio, y ayuda incondicional durante cada logro y tropiezos de mi vida, a mi hija Por ser lo más hermoso de mi vida, mi inspiración, por enseñarme a enfrentar la vida con valentía y honradez, por confiar siempre que llegaría a la cima de mis metas y sueños, los amo inmensamente, siempre los llevaré en mi corazón.

*Ligia Elena*

## CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de Cuadros	vii
Lista de Gráficos	ix
Lista de Anexos	x
<b>I. <u>INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>1</b>
<b>II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u></b>	<b>3</b>
A. LOS HONGOS	3
B. CLASIFICACIÓN DE LOS HONGOS	3
C. LOS HONGOS COMO ALIMENTO	4
D. CONTENIDO NUTRICIONAL	5
E. HONGOS COMESTIBLES <i>Pleurotus ostreatus</i>	6
F. CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DEL <i>Pleurotus ostreatus</i> .	7
G. PREPARACIÓN DE LA SEMILLA EN GRANO (SPAWN)	8
H. PASTEURIZACIÓN DEL SUSTRATO	9
I. MÉTODOS DE PASTEURIZACIÓN	9
1. <u>Pasteurización con vapor de agua</u>	9
2. <u>Baño de agua caliente</u>	9
J. PRODUCCIÓN	10
1. <u>Bolsas plásticas</u>	10
2. <u>Colonización del sustrato</u>	10
3. <u>Cuarto Oscuro</u>	11
4. <u>Formación de primordios</u>	11
5. <u>Cuerpos fructíferos</u>	12
K. SUSTRATOS PARA CULTIVO DE HONGOS	13
L. RESIDUOS AGROINDUSTRIALES PARA EL CULTIVO DE HONGOS COMESTIBLES	14
M. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES	14
1. Celulosa	14

2. Hemicelulosa	15
3. Lignina	15
4. Extractivos	15
N. RESIDUOS AGROINDUSTRIALES EVALUADOS	16
1. <u>Tamo de cebada</u>	16
2. <u>Tamo de trigo</u>	16
3. <u>Tamo de avena</u>	17
4. <u>Rastrojo de maíz</u>	18
O. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PARA EL CULTIVO DE HONGOS	19
P. MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE HONGOS COMESTIBLES	19
1. <u>Normas de mantenimiento y conservación</u>	20
2. <u>Envasado de setas</u>	21
a. Envasado al vacío	21
b. Envasado al vacío en vidrio	21
Q. OTRAS INVESTIGACIONES SIMILARES REALIZADAS	22
<b>III. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u></b>	<b>23</b>
A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	23
B. UNIDADES EXPERIMENTALES	23
C. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES	23
1. <u>Materiales</u>	24
2. <u>Equipos</u>	24
3. <u>Instalaciones</u>	25
D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	25
1. <u>Esquema del Experimento para la fase de Producción</u>	26
2. <u>Esquema del Experimento para la fase de Industrialización</u>	26
E. MEDICIONES EXPERIMENTALES	27
1. <u>Fase de Producción</u>	27
a. Características químicas de los sustratos	27
b. Características microbiológicas de los sustratos	27
c. Características productivas de los hongos	27
2. <u>Fase de Industrialización</u>	28

a. Características organolépticas	28
F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA	28
G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	29
1. <u>Preparación limpieza y esterilización del cuarto incubadora</u>	29
2. <u>Preparación de los sustratos</u>	29
3. <u>Siembra de los hongos comestibles</u>	29
4. <u>Mantenimiento de los cultivos</u>	29
5. <u>Cosecha de los cultivos</u>	30
6. <u>Industrialización de hongos comestibles</u>	30
H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	31
1. <u>Periodo de producción</u>	31
a. Características Bromatológicas de los sustratos	31
(1). Determinación de la humedad	31
(2). Determinación de la proteína	31
(3). Determinación de la fibra	33
b. Características microbiológicas de los sustratos	33
(1). Determinación de Aeróbios mesófilos totales, UFC/g	33
(2). Determinación de Coliformes totales y fecales, UFC/g	34
(3). Determinación de Mohos y Levaduras, UPC/g	34
c. Características productivas de los hongos	35
2. <u>Periodo de Industrialización</u>	35
a. Evaluación sensorial	35
b. Limpieza y desinfección	36
<b>IV. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u></b>	<b>37</b>
A. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS DE LOS SUSTRATOS ORGANICOS	37
1. <u>Contenido de humedad</u>	37
2. <u>Contenido de proteína</u>	38
3. <u>Contenido de fibra</u>	42
B. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS. DE LOS SUSTRATOS ORGANICOS UTILIZADOS PARA LA PRODUCCIÓN DE HONGOS COMESTIBLES.	44

1. <u>Contenido de aerobios mesófilos</u>	44
2. <u>Coliformes totales</u>	45
3. <u>Mohos y levaduras</u>	46
C. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS EN LOS HONGOS CULTIVADOS EN SUSTRATOS ORGÁNICOS.	48
1. <u>Masa de producción de hongos (primera cosecha)</u>	48
2. <u>Masa de producción de hongos (segunda cosecha)</u>	48
3. <u>Masa total de hongos producidos</u>	49
4. <u>Rendimiento hongos/sustrato</u>	49
5. <u>Ancho de la oreja</u>	52
6. <u>Contenido de proteína en hongos producidos</u>	55
D. ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DE LOS HONGOS PRODUCIDOS EDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SUSTRATOS ORGANICOS, SOMETIDOS A DIFERENTES MÉTODOS DE CONSERVACIÓN.	55
1. <u>Apariencia del envase</u>	55
2. <u>Apariencia del producto</u>	57
3. <u>Color</u>	57
4. <u>Olor</u>	57
5. <u>Sabor</u>	58
6. <u>Textura</u>	58
7. <u>Aceptabilidad</u>	58
8. <u>Calificación Total</u>	60
E. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE HONGOS COMESTIBLES <i>Pleurotus ostreatus</i> , CULTIVADOS MEDIANTE EL USO DE DIFERENTES SUSTRATOS ORGANICOS Y ENVASADOS EN FRASCOS EN CONSERVAS.	60
<b>V. <u>CONCLUSIONES</u></b>	<b>62</b>
<b>VI. <u>RECOMENDACIONES</u></b>	<b>63</b>
<b>VII. <u>LITERATURA CITADA</u></b>	<b>64</b>
<b>ANEXOS</b>	



## RESUMEN

En el Laboratorio de Biotecnología y Microbiología Animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias, de la ESPOCH ubicada en el Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo, se validó la tecnología para la producción e industrialización de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* utilizando tres sustratos orgánicos en base a tamo de cereales (trigo, *Triticum ssp*; avena, *Avena sativa* y cebada *Hordeum vulgare*), utilizando un diseño completamente al azar y evaluando diferentes variables durante 120 días de la investigación. Se determinó las características bromatológicas y microbiológicas de los sustratos utilizados para el cultivo de hongos, las cuales difieren de acuerdo al tamo de cereal utilizado, y presentan todas las condiciones adecuadas para su cultivo. Además se determinó la mayor producción total de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* al utilizar el sustrato a base de tamo de cebada obteniendo con un rendimiento de hongos/sustrato del 20,50%. Así mismo en la fase de industrialización se determinaron diferencias estadísticas entre tratamientos con una mayor calificación total con 99,50 puntos en los hongos industrializados en frascos en conservas. El mejor índice de beneficio/costo fue determinado al utilizar el sustrato orgánico en base a tamo de cebada envasado en conserva, alcanzando un índice de 1,58. Por lo que se recomienda producir hongos comestibles, cultivados en sustratos orgánicos en base a tamo de cebada, y luego de la producción conservarlos y comercializarlos en frascos de vidrio en conserva, debido a que se determinó mayor rendimiento productivo, la mejor aceptación y rentabilidad, presentando características nutritivas y organolépticas favorables para la alimentación humana.

## ABSTRACT

At Animal Microbiology and Biotechnology Laboratory from the ESPOCH Animal Science Faculty, located in Riobamba Canton, Chimborazo Province; the technology for the production and industrialization of *Pleurotus ostreatus* eatable mushrooms was validated by using organic substrate in base of cereal fuzz (wheat, *Triticum spp*, oat *oat sativa* and barley *Hordeum bulgare*), it was done by using a randomized desing and evaluating different variables during 120 days of research. The bromatological and microbiological characteristics of the substrate used for the mushrooms growing were determined, which differ according to the amout of cereal fuzz that is used, and show the suitable condition for their growing. The highest production of *Pleurotus ostreatus* eatable mushrooms was also determined when using substrate in base of barley fuzz, obtaining a 20,50% production of mushrooms per substrate. During the industrialization stage some statistical differences among treatments with a higher rate with 99,50 points in industrialized mushrooms into canning jars. The best cost benefit rating was determined when using organic substrate in base of barley fuzz packed into canning jars, obtaining a rate of 1,58. Thus it is recommended to preserve and market them into glass canning jars since a higher productive output and the best acceptance and profitability were determined, showing at the same time, nutritive and organoleptic characteristics which are favorable for human nutrition.

## LISTA DE CUADROS

		Pág.
1.	CONTENIDO NUTRICIONAL PRESENTE EN LOS HONGOS FRESCOS.	5
2.	COMPOSICIÓN NUTRICIONAL APROXIMADA DE LOS HONGOS COMESTIBLES.	5
3.	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL HONGO <i>Pleurotus ostreatus</i> .	7
4.	PARÁMETROS DE CRECIMIENTO DEL HONGO <i>Pleurotus ostreatus</i> .	8
5.	COMPOSICIÓN DE LA PAJA DE TRIGO, PAJA DE ARROZ Y PULPA DE CAFÉ (mg/100g DE SUSTRATO SECO).	17
6.	PORCENTAJE DEL PESO SECO SEGÚN ESTRUCTURA.	18
7.	PORCENTAJE DE PROTEÍNA BRUTA Y DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA SEGÚN ESTRUCTURA DEL RASTROJO DE MAÍZ.	19
8.	CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS – ESPOCH.	23
9.	ESQUEMA EXPERIMENTAL PARA LA FASE DE PRODUCCIÓN.	26
10.	SUSTRATOS PARA EL CULTIVO DE HONGOS.	26
11.	ESQUEMA EXPERIMENTAL PARA LA FASE DE INDUSTRIALIZACIÓN.	27
12.	ESQUEMA DEL ADEVA PARA LA FASE DE PRODUCCIÓN.	28
13.	VALORACIÓN ORGANOLÉPTICA.	36
14.	CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LOS SUSTRATOS ORGANICOS UTILIZADOS PARA LA PRODUCCIÓN DE HONGOS COMESTIBLES <i>Pleurotus ostreatus</i> .	39
15.	CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS DE HONGOS COMESTIBLES <i>Pleurotus ostreatus</i> , CULTIVADOS MEDIANTE EL USO DE DIFERENTES SUSTRATOS ORGANICOS.	50
16.	EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DE HONGOS COMESTIBLES <i>Pleurotus ostreatus</i> , SOMETIDOS A DIFERENTES MÉTODOS DE CONSERVACIÓN.	59
17.	ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN DE HONGOS COMESTIBLES <i>Pleurotus ostreatus</i> , CULTIVADOS MEDIANTE EL USO DE DIFERENTES SUSTRATOS ORGANICOS Y ENVASADOS EN FRASCOS EN CONSERVAS.	61

**LISTA DE GRÁFICOS**

	Pág.
1. Contenido de Humedad inicial y final en los sustratos orgánicos utilizados para la producción de Hongos Comestibles <i>Pleurotus ostreatus</i> .	40
2. Contenido de Proteína inicial y final en los sustratos orgánicos utilizados para la producción de Hongos Comestibles <i>Pleurotus ostreatus</i> .	41
3. Contenido de Fibra inicial y final en los sustratos orgánicos utilizados para la producción de Hongos Comestibles <i>Pleurotus ostreatus</i> .	43
4. Contenido de Aerobios mesófilos, Coliformes Totales, Mohos y Levaduras en los sustratos orgánicos utilizados para la producción de Hongos Comestibles <i>Pleurotus ostreatus</i> , luego de la cosecha.	47
5. Masa total de Hongos producidos <i>Pleurotus ostreatus</i> , en sustratos orgánicos a base de cereales.	51
6. Rendimiento Hongos /Sustrato, determinado luego de su cultivo en sustratos orgánicos a base de cereales.	53
7. Ancho de la oreja de Hongos <i>Pleurotus ostreatus</i> , determinado a la cosecha, utilizando sustratos orgánicos a base de cereales.	54
8. Contenido de proteína en Hongos <i>Pleurotus ostreatus</i> , determinado a la cosecha, utilizando sustratos orgánicos a base de cereales.	56

## LISTA DE ANEXOS

1. Análisis de varianza de las características bromatológicas de los sustratos utilizados para la producción de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*.
2. Análisis de varianza de las características microbiológicas de los sustratos utilizados para la producción de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*.
3. Análisis de varianza de las características productivas de los hongos cultivados en diferentes sustratos orgánicos, a base de tamo de cereal y rastrojo de maíz.
4. H Test de Kruskal-Wallis para las características organolépticas, determinadas en hongos sometidos a diferentes métodos de conservación (Hongos Enfundados, Hongos en Conservas en Frascos y Hongos Empacados al Vacío).
5. Resumen de la tesis de grado “Producción de hongos comestibles en lechos orgánicos en base a subproductos pecuarios y su industrialización” (Oleas, T. 2004).

## **I. INTRODUCCIÓN**

La producción de hongos comestibles es una alternativa importante para satisfacer las necesidades alimenticias de la población; además de utilizar residuos agrícolas es una fuente para generar empleo. Su producción no requiere de inversiones iniciales fuertes, pero si cuidados intensivos que aseguren una producción adecuada.

En la actualidad la biotecnología se ha convertido en una verdadera alternativa para la obtención de alimentos para el consumo humano, por la posibilidad de obtener grandes cantidades en pequeñas áreas mediante técnicas sencillas, a bajo costo, en cortos periodos de tiempo y empleando residuos agroindustriales como substrato para su cultivo.

Ante la realidad nacional de poblaciones vulnerables a una mala alimentación, basada en dietas bajas en proteína, el hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, constituye un recurso importante para dicho efecto dado que este con las cualidades nutritivas que aporta permiten disminuir el consumo de carnes rojas a quienes lo consuman, y de esta manera complementar sus comidas, debido a que los nutrientes aportados por este vegetal, se encuentran casi exclusivamente en los productos animales: entre ellas destacan las vitaminas del complejo B, que regulan la producción de energía en el organismo y participan en la transmisión de impulsos nerviosos, estas no sólo colaboran en el proceso productivo de hormonas, glóbulos rojos, proteínas y células, participan además en el metabolismo, es también una importante fuente de calcio y fósforo.

Es importante reconocer que al cultivar Hongos *Pleurotus ostreatus*, estamos aportando al aprovechamiento de residuos agroindustriales como son el tamo trigo, cebada y avena que actualmente son contaminantes luego de su cultivo, y que provocan serios daños a la capa de ozono, realidad que puede ser superada mediante el aprovechamiento biotecnológico, utilizando técnicas y métodos que permitan aprovecharlos en la alimentación humana y animal.

Por lo anteriormente expuesto, la presente investigación tuvo la finalidad de validar la tecnología ya desarrollada, para obtener buenos resultados en la producción e industrialización de hongos *Pleurotus ostreatus*, sabiendo que los mismos presentan características nutritivas y organolépticas favorables para la alimentación humana, por lo que se plantearon los siguientes objetivos:

- Validar la tecnología para producir e Industrializar Hongos Comestibles *Pleurotus ostreatus* utilizando sustratos orgánicos.
- Determinar el mejor tipo de residuo agropecuario: Tamo de cereal (trigo, avena, cebada), en combinación con rastrojo de maíz, como sustrato para la producción de hongos comestibles tipo ostra.
- Determinar parámetros económicos y de rentabilidad en la utilización de esta tecnología.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### A. LOS HONGOS

Todos los hongos pertenecen al reino Fungi, un grupo muy diferente al de las plantas y animales. Contrario de las plantas, los hongos no producen su propio alimento, sino que dependen de otros compuestos y su descomposición para alimentarse; estos pueden ser saprófitos, simbióticos o parásitos. Forman hifas las cuales son pequeñas protuberancias en forma de hilos que se originan de las esporas. Las hifas, al expandirse y desarrollarse, formarán una masa blanca y algodonosa llamada micelio, la cual dará lugar a las estructuras reproductivas (Oei, P. 2003).

El hongo está constituido por el micelio, mientras que los cuerpos fructíferos son las estructuras que se observan a simple vista sobre el sustrato. Su principal función es producir esporas para ser diseminadas en el medio ambiente. Los cuerpos fructíferos son estacionales y de corta vida, al contrario del micelio, el cual puede permanecer en el sustrato por cientos de años (Mata, M. 2005).

Los hongos microscópicos o los llamados mohos que crecen sobre los alimentos, por ejemplo, las masas algodonosas blanquecinas, verdes o anaranjadas que crecen sobre el pan, las naranjas o las tortillas, son hongos que nunca formaran cuerpos fructíferos macroscópicos. Tales mohos corresponden a los conocidos en micología como *Rhizopus*, *Penicillium*, *Aspergillus* *Monilia* respectivamente (Guzmán, G. 2000).

### B. CLASIFICACIÓN DE LOS HONGOS

Los hongos pueden ser divididos en cuatro categorías:

- Aquellos que poseen una estructura carnosa y comestible, son catalogados como hongos comestibles ej: *Pleurotus ostreatus*.



- Los hongos considerados de poseer alguna propiedad medicinal, ingresan a la categoría de Hongos medicinales ej: *Ganoderma lucidum*.
- Aquellos que han sido probados o se sospecha que poseen propiedades tóxicas son llamados Hongos No Comestibles ejemplo: *Amanita muscaria*.
- Aquellos cuyas propiedades permanecen no definidas caen en la categoría de “Otros Hongos” (Chang, S. y Miles, P. 2004).

### **C. LOS HONGOS COMO ALIMENTO**

En los tiempos primitivos, el hombre se alimentaba preferentemente de frutos silvestres, cereales, raíces, hierbas y setas (Hongos). Mientras que se desarrollaron, ampliamente, provechosas formas de cultivo de las diversas clases de frutas y hortalizas, la explotación de hongos sólo ha alcanzado intenso desarrollo en el transcurso del último siglo (Steineck, H. 2007).

El cultivo de hongos se dio por primera vez en china alrededor del año 600 d. JC., donde la especie *Auricularia aurícula* fue producida sobre troncos de madera; asimismo, otras especies como *Flemmulina velutipes* (800 d. JC), y *Lentinula edodes* (1000 d. JC), fueron producidas de la misma manera. Sin embargo, el mayor avance en la producción de hongos se dio en Francia alrededor del año 1600, donde *Auricularia aurícula* fue cultivada en sustratos compostados (Chang, S. y Miles, P. 2004).

En la actualidad se conocen cerca de 14000 especies de hongos, de las cuales existen más de 3000 especies consideradas comestibles. Hasta la fecha solamente 200 han sido cultivadas experimentalmente, 60 cultivadas con fines comerciales y 10 con fines industriales (Chang, S. y Miles, P. 2004). Los hongos son alimentos con pocas calorías, en términos relativos, que sacia enseguida, por ellos está muy indicado en el moderno género de vida. Destaca, el alto contenido proteico de los hongos que entre las hortalizas sólo se ve igualado por el de las leguminosas, lo que explica la denominación con que también se conocen de “carne de bosque”. La proteína contenida en las setas es digestible hasta un 70-80% y posee un elevado valor nutritivo. La tasa proteica varía de acuerdo a la

edad y especie del hongo como se puede apreciar en el cuadro 1, (Steineck, H. 2007).

Cuadro 1. CONTENIDO NUTRICIONAL PRESENTE EN LOS HONGOS FRESCOS.

Contenido	Porcentaje
Agua	86 -88
Proteína	2 – 5
Hidrato de carbono	3 – 5
Grasa	0,2 - 0,3
Minerales	0,8 – 1

Fuente: Steineck, H. (2007).

#### D. CONTENIDO NUTRICIONAL

Valores publicados del contenido de proteína de cuatro reconocidos hongos comestibles *Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus spp.* y *Volvariella volvacea*, oscilaron entre 1,75 y 3,63% de su peso fresco. Estos valores pueden fluctuar hasta los 5,9%. Sin embargo, un promedio de 3,5 a 4% es más representativo, como se observa en el cuadro 2.

Cuadro 2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL APROXIMADA DE LOS HONGOS COMESTIBLES.

Variable	Indicadores
Proteína bruta	26 % y 34 %
Proteína verdadera	18 %
Carbohidratos	48.9 %
Grasa	2.2 %
Valor energético	350 cal/Kg
Riboflavina	4.7 mg/100g
Niacina	108.7mg/100g
Tiamina	4.8 mg/100g

Fuente: Chang, S. y Miles, P. (2004).

En base a peso seco, los hongos normalmente contienen un 19 a 35% de proteína en comparación con el 7,3% en arroz, 13,2% en trigo y 25,2% en la leche. Por ende, en contenido de proteína cruda, los hongos se posicionan por debajo de la mayoría de carne animal, pero por encima del resto de alimentos incluyendo la leche. (Chang, S. y Miles, P. 2004).

#### **E. HONGOS COMESTIBLES *Pleurotus ostreatus***

El hongo ostra, *Pleurotus spp.*, es un hongo saprófito comercialmente cultivado a nivel mundial debido al sabor de su basidio carpo y a la existencia de tecnologías simples para cultivarlo. Además, sus enzimas lignocelulósicas para la bioremediación, sus compuestos de sabor y la extracción de pigmentos naturales lo convierten en un objeto prometedor para el estudio. Los hongos ostra son principalmente cultivados sobre residuos agrícolas como paja, bagazo de caña de azúcar o soya, sin embargo, también poseen potencial para mineralizar y crecer sobre residuos industriales como te, bagazo de manzana o sustratos no convencionales con contenidos de lignina, celulosa y hemicelulosa como hojas secas de álamo (Upadhyay, R. et al., 2006).

El cultivo de este género pertenece al siglo XX. A pesar de ser relativamente reciente, ha tenido un desarrollo muy rápido, de tal manera que en la actualidad se cultiva en casi todas las latitudes del mundo. Su caso merece una atención especial: más que cualquier otro de los géneros cultivados hasta ahora, debido a la diversidad de sustratos sobre los que es capaz de desarrollarse, lo que permite apreciar de manera directa el impacto benéfico de cultivar hongos para el aprovechamiento de desechos agropecuarios (Sánchez, J. y Royce, D. 2008).

Actualmente, el cultivo de este género disputa con *Lignoria edodes* el segundo lugar en producción mundial, solo después de *Agaricus bisporus*. La razón de este crecimiento es que las especies de este género tienen una calidad organoléptica excelente y crecen sobre una gran diversidad de sustratos en un amplio rango de temperaturas (Sánchez, J. y Royce, D. 2008).

La clasificación taxonómica del *P. ostreatus* se encuentra detallada en el cuadro 3.

Cuadro 3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL HONGO *Pleurotus ostreatus*.

Reino	Fungi
División	<i>Basidiomycotina</i>
Clase	<i>Homobacidiomicete</i>
Subclase	<i>Hymenomicete</i>
Orden	<i>Agaricales</i>
Familia	<i>Tricholomataceae</i>
Género	<i>Pleurotus</i>
Especie	<i>Ostreatus</i>

Fuente: Sánchez, J. y Royce, D. (2008).

## F. CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DEL *Pleurotus ostreatus*

El *Pleurotus ostreatus* posee un píleo de 3-12cm de diámetro, convexo en forma de abanico o de concha, con pequeña depresión en el centro; posee una superficie lisa de color blanco a blanco-grisáceo o gris-parduzco. El contexto mide de 0,3 -1,0cm de ancho, blanco y de olor y sabor agradable.

El himenóforo está conformado por lámelas blancas cuando joven a amarillentas cuando maduro. El estípite es excéntrico o de posición lateral, puede estar ausente o reducido, de 0,3-1,0cm de longitud y 0,5-1,5 de ancho, con forma de tapón; posee una superficie de lisa a aterciopelada principalmente hacia la base, color blanco a blanco-grisáceo y esporas blancas (Mata, M. 2005).

En el cuadro 4, se muestra parámetros de crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*, para las diferentes etapas productivas.

Cuadro 4. PARÁMETROS DE CRECIMIENTO DEL HONGO *Pleurotus ostreatus*.

Condiciones	Spawn	Formación de Primordios	Desarrollo cuerpo fructífero
Duración	12-21 días	3-5 días	4-7 días
Temperatura	24 °C	10-15,6 °C	10-21 °C
Humedad Relativa	85-95 %	95-100 %	85-90 %
Requerimiento luz	n/a	1000-1500 lux	1000-1500 lux
Concentración CO <sub>2</sub>	5000 ppm	<1000 ppm	<1000 ppm

Fuente: Stamets, P. (2005).

### G. PREPARACIÓN DE LA SEMILLA EN GRANO (SPAWN)

Los hongos ostra son cultivados a través del micelio propagado en una base de granos de cereales esterilizados. Esta mezcla de granos y micelio es llamada spawn y sirve como semilla para inocular el sustrato. Para evitar variabilidad genética, la mayoría de spawns son elaborados a partir del micelio de un cultivo puro desarrollado en laboratorio (Royse, D. 2003).

Un buen número de materiales, en su mayoría desechos agrícolas, pueden utilizarse como sustrato para elaboración de spawn. El tipo de material a usarse varía de región en región: paja de arroz, hojas de tabaco, hojas de té usadas, aserrín, cereales y pulpa de café, entre otros. El factor más importante a considerar, es el buen desarrollo del micelio. En la mayoría de laboratorios los granos de cereales (semillas de sorgo, arroz o trigo), son comúnmente utilizados en la preparación del spawn madre, y los desechos agrícolas, como el sustrato de crecimiento a partir del spawn (Quimio, T. 2009).

Los recipientes empleados para el crecimiento del spawn deben ser termo-resistentes; en la mayoría de los casos se emplean botellas de vidrio o bolsas de polipropileno. Las semillas empleadas deben ser rigurosamente lavadas para luego dejarse sumergidas en agua por un período de 12 a 18 h. Al día siguiente, las semillas pasan por un proceso de cocción de al menos 15 min, para permitir

que estas se expandan sin llegar a romperse. Una vez terminado el proceso, los granos se deben secar, enfriar y mezclar homogéneamente con carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), yeso; ambos al 1% en base a peso húmedo. Las semillas son empacadas en los recipientes procurando dejar un 1/3 del mismo libre. Finalmente los recipientes son auto clavados por 1 h a  $121^\circ\text{C}$  (Quimio, T. 2009).

## **H. PASTEURIZACIÓN DEL SUSTRATO**

El uso de instrumentos a presión para la esterilización del sustrato no es recomendado debido a que elimina tanto, microorganismos benéficos como patógenos. Al mismo tiempo, los nutrientes presentes son degradados a formas más favorables para el crecimiento de microorganismos competidores (Quimio, T. 2009).

Los sustratos de paja generalmente pasteurizados y después enfriados, son inoculados con spawn. Dicha pasteurización elimina a los microorganismos sensibles a las altas temperaturas, y aquellos no eliminados, no representan competencia para el hongo en las primeras dos semanas; dándole suficiente tiempo a este para que alcance su óptimo desarrollo (Stamets, P. 2005).

## **I. MÉTODOS DE PASTEURIZACIÓN**

### **1. Pasteurización con vapor de agua**

El sustrato es introducido en un estañón y colocado en una parrilla situada por encima del agua a  $100^\circ\text{C}$ , para que el vapor de ésta caliente las bolsas con el mismo; a ésta temperatura el sustrato es pasteurizado por 2-3 h depende del tamaño y volumen de las bolsas. Cuando el proceso se efectúa a temperaturas de  $60\text{-}70^\circ\text{C}$ , los sustratos deben permanecer de 6-8 h bajo el mismo (Quimio, T. 2009).

### **2. Baño de agua caliente**

La paja es introducida en una canasta de alambre y sumergida en un estañón de

agua a una temperatura de 65-82 °C por 1 h. El estañón es calentado por la parte inferior con un quemador a gas propano. Una vez que la temperatura del agua (tomada con un termómetro) ha alcanzado el punto deseado, la canasta con el sustrato es sumergida con la ayuda de un objeto pesado. Después de removida, la paja se deja secar y enfriar en una superficie plana y limpia. Al momento de inocular el sustrato, se recomienda utilizar guantes de látex, para disminuir la contaminación cruzada. El sustrato inoculado se introduce en las bolsas en donde se dará la fructificación final (Stamets, P. 2005).

## **J. PRODUCCIÓN**

### **1. Bolsas plásticas**

Pueden utilizarse diferentes tipos de recipientes para sustratos pasteurizados o esterilizados, siempre y cuando cumplan con ciertos requerimientos como: proveer suficiente flujo de aire para evitar condiciones anaeróbicas, estar limpios, tener un adecuado tamaño para evitar la fermentación espontánea y aumentar la temperatura interna del sustrato y ser económicamente viable (Oei, P. 2003).

Las bolsas plásticas son utilizadas especialmente para sustratos pasteurizados, debido a que son económicas, están disponibles en varios tamaños y son muy higiénicas si se utilizan sólo una vez. El material más comúnmente empleado es el polipropileno. Algunos proveedores ofrecen bolsas micro-perforadas, para aumentar el intercambio de gases entre el sustrato y el ambiente. Cuando se usan bolsas cerradas es necesario realizar perforaciones para evitar condiciones anaeróbicas (Oei, P. 2003).

### **2. Colonización del sustrato**

Es importante conocer que la cantidad de spawn colocado en las bolsas de producción afecta directamente el crecimiento del micelio y su fructificación. Además, Stamets aclara que, para que el spawn pueda realizar una adecuada colonización del sustrato es necesario propiciarle las siguientes condiciones ambientales (Stamets, P. 2005).

- Temperatura: La temperatura interna del sustrato no debe exceder los 35 °C, ya que de lo contrario puede incentivar el desarrollo de mohos competidores u otros organismos termófilos, especialmente en las condiciones de CO<sub>2</sub> generadas por el desarrollo del spawn.
- Humedad: El contenido de humedad del sustrato debe oscilar entre el 60 y 75%; por debajo del 40% el crecimiento del micelio presenta un comportamiento lento y esporádico. Los hongos tienen un contenido de humedad del 90%, por lo cual es vital el mantenimiento de una constante humedad en el medio, más aún después de la primera cosecha.
- Luz: Una luminosidad moderada no provoca ningún efecto adverso o conveniente en el desarrollo del micelio, pero si es perjudicial cuando existe una incidencia directa de la luz solar sobre el mismo.

#### **4. Cuarto Oscuro**

La forma del cuarto oscuro debe permitir que exista una adecuada circulación de aire, y una fácil manipulación de los sustratos; la mayoría de los cuartos son de forma rectangular con un radio de 3:1. Así mismo, éstos deben mantener una temperatura constante, por lo cual es importante la colocación de material aislante que permita mantener una temperatura constante del lugar (Oei, P. 2003).

#### **5. Formación de primordios**

La formación de primordios es sin duda la etapa más crítica del proceso de producción, debido al requerimiento de cambios en las condiciones ambientales circundantes al sustrato y al micelio. La humedad y la temperatura son los factores de mayor importancia en esta fase y a los cuales se les debe prestar mayor atención debido a que, de estos, depende la iniciación en la formación de los cuerpos fructíferos. Así mismo, Stamets sugiere que para la adecuada formación de los primordios es necesario asegurarse de que se cumplan los siguientes parámetros (Stamets, P. 2005).



- Temperatura: En ciertas variedades de hongos el sustrato necesita que se le administre una disminución drástica en su temperatura interna, para que pueda accionarse el mecanismo de producción de cuerpos fructíferos de dicho organismo. A este proceso se le conoce como “choque térmico”.
- Humedad: Dentro del cuarto oscuro, ésta debe oscilar entre 95 y 100%; para esto debe existir riego directo acompañado de una tasa controlada de evaporación. Una vez formado el primordio, una reducción de la humedad a 90- 95% es usualmente beneficioso.
- Aireación: El recambio del aire también es un factor clave, ya que, para una adecuada formación de los primordios, el nivel de CO<sub>2</sub> debe de estar por debajo de las 1000 ppm.
- Luz: La luz controla la elongación del tallo y la formación de “carpóforos”. La cantidad ideal varía de acuerdo a la especie, pero en general, una luz filtrada y tenue es considerada la más adecuada. Para la mayoría de las especies, un nivel de intensidad de 50 a 1000 lux, se considera estimulante en la formación de primordios. Una exposición directa o de alta intensidad es considerada dañina, pero una total ausencia de esta provocaría la mal formación de los primordios en estructuras tipo coral.

## **6. Cuerpos fructíferos**

Al igual que en ambas fases anteriores, el desarrollo de los cuerpos fructíferos requiere de ciertos cambios en la atmósfera del cuarto de producción. Stamets nos indica que esta es la fase en donde la cantidad y calidad del producto puede manipularse de acuerdo a las condiciones que se propicien. A continuación el mismo autor menciona las principales (Stamets, P. 2005).

- Temperatura: Puede mantenerse igual o aumentarse. Después de la formación de los primordios, la temperatura controla la velocidad de desarrollo de los cuerpos fructíferos, lo que provoca un rápido crecimiento a

temperaturas mayores y un lento desarrollo a menores. Utilizar temperaturas bajas, induce el desarrollo de un tejido carnoso más firme y de mejor calidad al momento de la cosecha.

- Humedad: Debe ser disminuida a un 90-95%. El cultivo debe ser regado varias veces al día, al igual que los hongos, el sustrato y el aire reabsorben el exceso de agua en el medio. La humedad del cuarto oscuro en algunas veces reducir horas antes de la cosecha, para aumentar la calidad y la vida útil del producto.
- Luz: Al igual que en la formación de primordios, sin una intensidad de luz adecuada se pueden dar mal formaciones en el píleo y en el tallo. Además es importante destacar que intensidades altas afectan los pigmentos de los hongos; algunos se oscurecen y otros tornan a colores pálidos.
- Aireación: Debe ser manejada para procurar que, niveles bajos de CO<sub>2</sub> eleven la concentración de oxígeno y afecte la evaporación de la humedad de las superficies de los hongos en crecimiento (Stamets, P. 2005).

## **K. SUSTRATOS PARA CULTIVO DE HONGOS**

Se han utilizado una gran cantidad de sustratos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. Los materiales más comúnmente utilizados como fuente de carbonos incluyen paja de trigo, de avena, de centeno, de sorgo y de algodón, virutas de madera y cortezas, subproductos de algodón, heno, tallos de plantas de maíz, plantas y desperdicios de café, tusa de mazorca, hojas de té, cáscara de maní, harina de soya, cáscara de semillas de girasol, desperdicios de acahuatl, desperdicios de yuca, ágave, residuos de la industria papelera (diarios, cartones), hojas de plátano, cactus, yuca, pulpa de cardamomo, fibra de coco, hojas de limón, tallos de menta, paja de arroz, bagazo de caña, entre otros (Stamets, P. 2005).

## **L. RESIDUOS AGROINDUSTRIALES PARA EL CULTIVO DE HONGOS COMESTIBLES**

Se llama residuos agroindustrial al material o elemento que después de haber sido producido, manipulado o usado a nivel agroindustrial no tiene valor para quien lo posee y por lo general se desecha no adecuadamente generando contaminación en el ecosistema (Atlas, R. y Bartha, R. 2006).

## **M. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES**

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

### **1. Celulosa**

Es el compuesto más simple encontrado en el material lignocelulosa de las plantas, es el polímero más abundante en la biósfera. Está compuesto por un polímero de residuos de D-glucosa unidos por enlaces  $\beta$ -1,4. Debido a su estructura las cadenas de celulosa están unidas por puentes de hidrógeno intermoleculares que forman agregados (microfibrillas).

La celulosa es una molécula que da estructura y soporta a la planta y forma un cristal empaquetado que es impermeable al agua, por lo cual es insoluble en agua y resistente a la hidrólisis (Atlas, R. y Bartha, R. 2006). Los hongos Macromycetes pueden degradar la celulosa por medio de la producción de enzimas como son endo- $\beta$ -1,4-glucanasa, el complejo Cx y endo- $\beta$ -1,4-glucosidasa (Martin, A. 2005).

## **2. Hemicelulosa**

La hemicelulosa está formada por cadenas cortas y son polímeros heterogéneos que contienen tanto hexosa (azúcares de 6 carbonos como glucosa, manosa y galactosa), como pentosas (azúcares de 5 carbonos como xilosa y arabinosa). Dependiendo de la especie de la planta estos azúcares se asocian con ácidos urónicos formando estructuras poliméricas diversas que pueden estar relacionadas con la celulosa y la lignina. Los tres polímeros principales son los xilanos, mananos y arabinogalactanos (Atlas, R. y Bartha, R. 2006). Los hongos Macromycetes tienen la capacidad de degradar la hemicelulosa por medio de la producción de enzimas como son: xilanasas, galactanasas, manasas, arabinasas y glucanasas (Martin, A. 2005).

## **3. Lignina**

Es un polímero complejo tridimensional, globular, insoluble y de alto peso molecular, formado por unidades de fenilpropano cuyos enlaces son relativamente fáciles de hidrolizar por vía química o enzimática. Esta molécula tiene diferentes tipos de uniones entre los anillos de fenilpropano. (Atlas, R. y Bartha, R. 2006).

La lignina es la responsable de la rigidez de las plantas y de sus mecanismos de resistencia al estrés y a ataques microbianos. En las plantas la lignina se encuentra químicamente unida a la hemicelulosa y rodean las fibras compuestas por celulosa (Atlas, R. y Bartha, R. 2006). Los hongos Macromycetes pueden degradar la lignina por medio de la producción de enzimas como son lacasa, lignina peroxidasa y manganeso peroxidasa (Martin, A. 2005).

## **4. Extractivos**

Son aquellas sustancias que se encuentran presentes en las diferentes fibras vegetales pero no son carbohidratos, tales como ácidos grasos, terpenos, fenoles y resinas. Muchos de estos compuestos son solubles en agua o disolventes orgánicos polares como metanol, etanol o acetona y algunos pueden llegar a ser utilizados por los hongos Macromycetes (Atlas, R. y Bartha, R. 2006).

## **N. RESIDUOS AGROINDUSTRIALES EVALUADOS**

### **1. Tamo de cebada**

Según Figueroa, C. (2005), la cáscara o tamo es la primera capa que protege al grano, y está constituida por celulosa, hemicelulosa y lignina, Se forma durante el desarrollo del grano y comprende a palea que lo cubre y la lema que lo envuelve. Constituye del 6 al 10 por ciento del peso del grano, es gruesa en la región basal o germinal y disminuye su grosor hacia la región distal del grano. La cáscara de las cebadas de dos hileras es más delgada y se ajusta mejor al grano que en las cebadas hexísticas.

La lema es la cascarilla que envuelve al grano por su lado dorsal; en ella se distinguen las venas laterales y centrales, la barba, la región basal, y las glumas localizadas en ese mismo lado del grano. La cascarilla del lema. Puede ser gruesa (lisa), o delgada (arrugada), y estar poco o muy adherida al grano.

### **2. Tamo de trigo**

Según Mata, G. y Savoie, J. (2000), el tamo de trigo como sustrato tiene dos ventajas considerables en relación a otros derivados agrícolas como la pulpa de café o el bagazo de caña de azúcar, la paja de trigo se almacena fácilmente sin problema de descomposición o fermentación y la contaminación por mohos y bacterias es menos frecuente que en otros sustratos debido a la composición química única de la paja de trigo.

Como la paja es un residuo de la cosecha su composición química y la velocidad de degradación parecen estar controladas por factores genéticos y prácticas culturales. En el cuadro 5, se muestra la composición nutritiva, de la paja de trigo, la paja de arroz y la pulpa de café que se usan generalmente como sustrato para el cultivo de hongos, aunque existen algunas diferencias según las especies y la duración del almacenamiento.

Cuadro 5. COMPOSICIÓN DE LA PAJA DE TRIGO, PAJA DE ARROZ Y PULPA DE CAFÉ (mg/100g DE SUSTRATO SECO).

Composición	Paja de Trigo	Paja de Arroz	Pulpa de Café
Proteína	7,9	9,0	10,2
Carbono	52,5	N/D	N/D
C/N	41,0	N/D	N/D
Lignina	8,6	5,7	21,0
Celulosa	35,9	33,9	36,4
Hemicelulosa	N/D	26,8	5,1

Fuente: Mata, G. y Savoie, J. (2000).

N/D: Datos no disponibles.

### 3. Tamo de avena

Flores, J. (2005), indica que se trata de un subproducto agroindustrial, la composición química que presenta, limita su uso como fuente principal de nutrientes en animales rumiantes, debido a su alto contenido de paredes celulares y baja concentración de compuestos nitrogenados. Por otra parte, la digestibilidad de la materia seca es afectada por la fracción fibrosa, ya que la lignina se asocia a los carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa), formando complejos insolubles a las enzimas producidas por los microorganismos del rumen. Un proceso biológico común, es el uso del hongo *Pleurotus ostreatus*, cuyo objetivo principal es el cultivo del hongo para el consumo humano y el sustrato remanente, que generalmente proviene de un esquilmo agrícola, para la alimentación animal.

Diversos mecanismos de acción se han propuesto sobre como el hongo degrada las paredes celulares de los esquilmos, pero de manera general se plantea, que dada la capacidad de producción de algunas enzimas, como la fenil-oxidasa, es posible separar los complejos hemicelulosa-lignina-celulosa, mejorando la digestibilidad de los carbohidratos estructurales, que son la principal fuente de energía para los rumiantes.

#### 4. Rastrojo de maíz

El cultivo del maíz produce una gran cantidad de biomasa, de la cual se cosecha apenas cerca del 50% en forma de grano. El resto, corresponde a diversas estructuras de la planta tales como caña, hoja, limbos y mazorca entre otros. La producción de biomasa residual que genera un cultivo de maíz de grano (cañas, hojas, chalas y mazorcas), fluctúa entre 20 a 35 toneladas por hectárea y en el maíz de choclo (cañas y hojas), varía entre 16 a 25 toneladas por hectárea.

La proporción entre los componentes del residuo depende principalmente de la variedad, nivel de fertilización y tipo de cultivar, en el cuadro 6, se indica porcentaje del peso seco según estructura (Basaure, P. 2008).

Cuadro 6. PORCENTAJE DEL PESO SECO SEGÚN ESTRUCTURA.

Estructura	Porcentaje
Panoja	12%
Tallos	17.6%
Chalas	8.9%
Total caña	38.5%
Mazorca	11.8%
Grano	49.7%
Total espiga	61.5%

Fuente: Basaure, P. (2008).

Cada una de estas estructuras posee características físico-químicas propias, lo que le confiere un valor nutritivo muy diferente, dependiendo de si el residuo corresponde a maíz de grano o maíz para consumo fresco. Los tallos presentan las estructuras más lignificadas y de menor contenido de proteína bruta (3.1%), y las hojas entre 4 y 7%, en el cuadro 7, se da el porcentaje de proteína bruta y digestibilidad de la materia seca según estructura del rastrojo de maíz (Basaure, P. 2008).

Cuadro 7. PORCENTAJE DE PROTEINA BRUTA Y DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA SEGÚN ESTRUCTURA DEL RASTROJO DE MAIZ.

Estructura	Proteína Bruta	Digestibilidad de la Materia Seca
Hojas	4.5	55.6
Tallos	3.1	59.7
Chalas	4.7	69.1
Mazorcas	4.7	58.0
Cañas + Hojas	4.2)	55.8

Fuente: Basaure, P. (2008).

## O. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PARA EL CULTIVO DE HONGOS

Debido a que no presentan requerimientos nutricionales complicados y a su fácil adaptación a los ambientes de cultivo, los hongos requieren de técnicas simples y económicas para su crecimiento. Los residuos agroindustriales proveen las fuentes de carbono, nitrógeno, azufre y fósforo necesarios para el desarrollo adecuado de la biomasa fúngica (Madigan, M. et al., 2007). La fuente de carbono es proporcionada en su totalidad por los residuos agroindustriales por lo cual para la optimización del cultivo de hongos se han realizado amplias investigaciones acerca de diferentes mezclas de estos residuos con el fin de incrementar la producción (Stamets, P. 2005). La fuente de nitrógeno utilizada por los hongos comestibles cultivables es aportada en baja proporción por los residuos agroindustriales, los cuales contienen mayor proporción de carbono que de nitrógeno. Para proporcionar la cantidad de nitrógeno necesario para el cultivo se adicionan suplementos tanto orgánicos (salvado de trigo, cereal, arroz), como inorgánicos (sales de ión amonio y sales de nitrato), (Solomon, E. et al., 2006).

## P. MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE HONGOS COMESTIBLES

Los champiñones frescos, ya sean comprados o recolectados en la naturaleza, pueden ser usados varios meses después si se almacenan correctamente. Hay muchos tipos de champiñones y muchas formas de conservarlos, así que



perfeccionar el método correcto se necesitará de ensayo y error. (<http://www.riberamalucas.com/conservas.htm>. 2007).

El *Pleurotus ostreatus*, es un hongo con un alto contenido de humedad, susceptible al ataque microbiológico, a las reacciones de pardeamiento enzimático y al daño mecánico, debido a su estructura epidérmica delgada y porosa. La respiración de los hongos en general, es alta (200–500 mg/kg h a 20°C), comparado con otras verduras y frutas, por lo que requieren mecanismos de empaque más selectivos que promuevan el mantenimiento de las características organolépticas y nutritivas. Para su comercialización, los hongos comestibles son empacados normalmente en bandeja de poliestireno (icopor), recubiertos con una película elástica de polietileno o cloruro de polivinilo (PVC), la cual es adherida al empaque y almacenados en refrigeración a 4°C. (<http://www.riberamalucas.com/conservas.htm>. 2007).

Investigaciones específicas, sobre el efecto en la vida útil del *Pleurotus ostreatus*, son escasas, aunque se ha confirmado que bajo envasado en atmosfera modificada (EAM), se puede lograr una extensión de la vida útil, debido a la reducción del agua condensada, aunque sin llegar a eliminarse completamente, de todas formas cualquiera sea el método de conservación hay que considerar estos aspectos a fin de obtener resultados satisfactorios en la comercialización. (<http://www.riberamalucas.com/conservas.htm>. 2007).

### **1. Normas de mantenimiento y conservación**

Una vez recolectadas las setas, debe procurarse que transcurra el menor tiempo posible hasta el consumo. El lugar idóneo para el mejor mantenimiento es la cámara frigorífica. Durante el tiempo de espera hasta su ingreso en cámara para refrigeración, han de permanecer en envases pequeños, abiertos, que permitan la transpiración por costados y fondo, no muy llenos y con las setas uniformemente extendidas, en lugares frescos y poco húmedos, sin exposición directa de luz solar. (<http://www.riberamalucas.com/conservas.htm>. 2007).

Mantener en refrigeración es el mejor método para alargar la corta vida de las setas. El equipo de refrigeración debe poseer la máxima capacidad para reducir la temperatura ambiente a la que se encuentran las setas en el momento de la recogida hasta una temperatura comprendida entre 1 y 4 °C todo ello, en el menor tiempo posible. El mantenimiento de la temperatura de refrigeración una vez enfriado el producto ha de ser riguroso. (<http://www.riberamalucas.com/conservas.htm>. 2007).

Las setas en salmuera, consiste en crear un medio hostil para que la flora microbiana no prolifere, este medio es la sal. Una vez hecha la mezcla de la salmuera, en el recipiente elegido colocamos las setas por capas cubriéndolas con la salmuera, así hasta llenar el recipiente. El lugar adecuado para guardar la salmuera es una zona seca, sin luz y fresca o conservar la salmuera en una nevera. Mantener durante 40 días. Se puede conservar durante 3 meses en frío. (<http://www.riberamalucas.com/conservas.htm>. 2007).

## **2. Envasado de setas**

### **a. Envasado al vacío**

Comprende el introducir en una bolsa de envasar las setas limpias y crudas, con un chorro de aceite. Sellar la bolsa en la envasadora e introducir en un baño María dejando que cocinen durante 15 min, escurrir el agua y preservar en frío durante un mes como máximo. (<http://www.riberamalucas.com/conservas.htm>. 2007).

### **b. Envasado al vacío en vidrio**

Consiste en introducir dentro del recipiente las setas: frescas, cocinadas. Introducimos los botes en una olla a presión, con el agua a punto de hervir y que cubra los botes hasta la tapa, cerrar la olla y cocer hasta que el interior alcance los 120°C, entorno a 30 min de cocción. Dejar que la olla pierda la presión y abrir la tapa. Sacamos con cuidado los botes, sin agarrar los botes por la tapa, los colocamos encima de un paño para que no se rompa el vidrio, enfriar y comprobar

que todas las tapas están ligeramente hundidas en el centro (el vacío estará bien elaborado). Conservar hasta 6 meses en lugar fresco. (<http://www.riberamalucas.com/conservas.htm>. 2007).

#### **Q. OTRAS INVESTIGACIONES SIMILARES REALIZADAS**

Estudios anteriores han obtenido Eficiencias Biológicas (EB), del 29% al emplear el *P. ostreatus* sobre aserrín de la balsa como medio de crecimiento (Flores, J. 2006), Así mismo, se han registrado EB de 50,93% (Obodai, M. et al. 2005), y 64,69% de la misma especie sobre aserrín y 57,85% sobre paja de trigo (Shah, Z. et al. 2004).

La utilización de la gramínea *Bromus fasciculatum* como sustrato de fibra para el *P. ostreatus*, aportó una EB de 95,3% en un total de 4 oleadas, mientras que la utilización de cartón y papel limpio de reciclaje aportaron EB de 117,5 y 112,4% respectivamente (Mandeel, et al. Q. 2005).

La paja de arroz ha sido catalogada como uno de los mejores sustratos para la producción de *P. ostreatus*. En un estudio comparativo sobre la producción del hongo en ocho diferentes sustratos, la paja de arroz obtuvo los mejores resultados al alcanzar una EB de 50,64%. En el mismo estudio, el aserrín fresco obtuvo una BE de 61,04%, las hojas de banano un 37,15% y la paja y la mazorca de maíz un 29,26% y 16,50% respectivamente (Obodai, M. et al. 2005).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Biotecnología y Microbiología Animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias, ESPOCH, ubicada en la Panamericana Sur, kilómetro 1 ½, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo, con una altitud de 2750 msnm a una longitud de 78° 38" W y una latitud de 01° 38" S. como se muestra en el cuadro 8, la misma tuvo una duración de 120 días.

Cuadro 8. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS – ESPOCH.

PARÁMETROS.	VALORES PROMEDIO.
Temperatura, °C	15
Altitud, m s n m	2750
Humedad relativa, %	60

Fuente: Estación Agrometeorológica, Facultad de Recursos Naturales, ESPOCH, 2012.

#### B. UNIDADES EXPERIMENTALES

Las unidades experimentales para la fase de producción de hongos estuvieron conformadas por tres tipos de sustratos orgánicos: tamo de cereal como trigo, avena y cebada, en combinación con rastrojo de maíz, cal, melaza y alfarina, los mismos que tuvieron una masa de 3,0Kg, mientras que para la fase de industrialización las unidades experimentales estuvieron conformadas por 250g de hongos frescos que fueron sometidos a tres tipos de procesos de industrialización (hongos enfundados, hongos en conserva en frascos y hongos empacados al vacío).

#### C. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES

Los materiales, equipos e instalaciones que fueron empleados para el desarrollo

de la presente investigación se distribuyen de la siguiente manera:

## 1. Materiales

- Cepas de hongos comestibles (P 184 *Pleurotus ostreatus* Variedad Azul).
- Tablas de madera.
- Tiras cuadradas de madera de 6x6 cm y de 2,2 m de largo.
- Frascos de 500 g.
- Vestimenta de seguridad biológica.
- Rollos de plástico negro grueso a granel (unidades de 100 metros).
- Paja de cereales y rastrojo de maíz (kg).
- Fundas de plástico capacidad 10 Lb.
- Rollo de alambre de amarra galvanizado.
- Sacos de yute.
- Bandejas plásticas con tapa hermética.
- Stock de utensilios de cocina.
- Frascos de vidrio de 250 g.
- Etiquetas adhesivas.
- Solución Benomyl o Fundazol al 0,02%.
- Ácido cítrico, Vinagre, Especias.
- Cal.
- Melaza.

## 2. Equipos

- Cocina industrial.
- Reverbero eléctrico.
- Fogón metálico.
- Vaporizadores.
- Calefactores.
- Ventiladores.
- Olla.
- Termohigrómetro.

- Luxómetros digitales.

### 3. Instalaciones

Para la producción e industrialización de hongos comestibles se utilizaron las instalaciones del Laboratorio de Biotecnología y Microbiología Animal, el mismo que está situado en la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

#### D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Los tratamientos para la fase de producción de hongos comestibles, lo constituyeron cada uno de los tamos de cereal (trigo, avena y cebada), que constituyen el 20% del sustrato, mientras que el 80% restante estuvo compuesto por la combinación con rastrojo de maíz, cal, melaza y alfaharina en cantidades constantes, para lo cual se consideró 5 repeticiones por cada tratamiento, mientras que los tratamientos para la fase de industrialización lo constituyeron los diferentes métodos de conservación de los hongos frescos obtenidos en la fase de producción (hongos enfundados, hongos en conservas en frascos y hongos empacados al vacío), considerándose 4 repeticiones por cada tratamiento. Para la distribución de los tratamientos en las dos fases de investigación se utilizó un Diseño Completamente al Azar (D.C.A.), el cual se ajustan al siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$ : Valor de la variable en consideración

$\mu$ : Promedio

$\tau_i$ : Efecto del Tratamiento

$\varepsilon_{ij}$ : Efecto del error Experimental

Los tratamientos para cada fase se detallan a continuación:

### 1. Esquema del Experimento para la fase de Producción

Los tratamientos utilizados para la fase de Producción se detallan en los cuadros 9 y 10.

Cuadro 9. ESQUEMA EXPERIMENTAL PARA LA FASE DE PRODUCCIÓN.

Tratamiento	Cód.	# Repeticiones	TUE	TOTAL/TRATAMIENTO
Sustrato 1	S1	5	3	15
Sustrato 2	S2	5	3	15
Sustrato 3	S3	5	3	15
TOTAL				45

TUE: 3Kg de Sustrato.

Elaboración: Quizhpilema, L. (2012).

Cuadro 10. SUSTRATOS PARA EL CULTIVO DE HONGOS.

Sustrato	Cal	Melaza	Alfarina	Tamo de cereal	Rastrojo de Maíz
S1	1 %	1 %	18%	Trigo 20 %	60 %
S2	1 %	1 %	18%	Avena 20 %	60 %
S3	1 %	1 %	18%	Cebada 20 %	60 %

Elaboración: Quizhpilema, L. (2012).

### 2. Esquema del Experimento para la fase de Industrialización

Los tratamientos utilizados para la fase de Industrialización se detallan en el cuadro 11.

Cuadro 11. ESQUEMA EXPERIMENTAL PARA LA FASE DE INDUSTRIALIZACIÓN.

Tratamientos	Código	Repet	TUE	TUE/trat
Conservación 1	HFE	4	250	1250
Conservación 2	HFCF	4	250	1250
Conservación 3	HFEV	4	250	1250
Total				3750

T.U.E: Tamaño de la unidad experimental muestras de 250 g cada una.

HFE: Hongos frescos y enfundados.

HFE: Hongos frescos en conservas en frascos.

HFE: Hongos frescos y empacados al vacío.

## E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

### 1. Fase de Producción

#### a. Características químicas de los sustratos

- Contenido de humedad al inicio y al final de la cosecha %.
- Contenido de proteína al inicio y al final de la cosecha %.
- Contenido de la fibra al inicio y al final de la cosecha %.

#### b. Características microbiológicas de los sustratos

- Aerobios mesófilos al inicio y al final de la cosecha UFC/g.
- Mohos y levaduras al inicio y al final de la cosecha UPC/g.
- Coliformes totales al inicio y al final de la cosecha UFC/g.

#### c. Características productivas de los hongos

- Masa de la producción hongos primera cosecha, g.
- Masa de la producción hongos segunda cosecha, g.
- Masa total del hongos producidos, g.
- Rendimiento hongos/sustrato, %.
- Ancho de la oreja, cm.



- Contenido de proteína en hongos producidos, %.

## 2. Fase de Industrialización

### a. Características organolépticas

- Apariencia del envase.
- Apariencia del producto.
- Color.
- Olor.
- Sabor.
- Textura.
- Aceptabilidad.

## F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA

Los resultados experimentales fueron sometidos a los siguientes procedimientos estadísticos que se detallan en cuadro 12.

- Análisis de la Varianza (ADEVA), para la fase de producción se utilizó el estadístico o software: (SAS; versión 8,2; 2008)
- Separación de medias según Tukey ( $P \leq 0,05$ ).
- Contraste no paramétrico: Estadística descriptiva (Minitab, versión 14; 2009). Para interpretar variables sensoriales, se utilizó (H-Test de Kruskal Wallis), en la fase de industrialización.

Cuadro 12. ESQUEMA DEL ADEVA PARA LA FASE DE PRODUCCIÓN.

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Total	14
Tratamientos	2
Error	12

Fuente: Quizhpilema, L. (2012).

## **G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

### **1. Preparación limpieza y esterilización del cuarto incubadora**

Fue necesario limpiar y desinfectar el área, en la cual se produjeron los hongos comestibles, para ello utilizamos permanganato de potasio 25 ml y 10 ml de formol, aplicado mediante nebulización.

### **2. Preparación de los sustratos**

Dentro de la preparación del sustrato inicialmente se limpia el residual y elimina los cuerpos extraños, para posteriormente triturarlo hasta obtener una granulometría de 2 a 3cm. Lavamos tres veces con intervalos de 1 hora entre un lavado y otro, luego dejamos en remojo por 48 horas, tiempo al cual el residual adquiere una humedad 70 al 85%. Luego se procede a pasteurizarlo por un rango de 8 a 9 horas, finalmente colocamos en una solución de benomyl al 0,02% por 30 minutos.

### **3. Siembra de los hongos comestibles**

La siembra se realizó en bolsas transparentes de polietileno de 3Kg de capacidad, haciendo unos agujeros para permitir la entrada de aproximadamente 10% de oxígeno que necesita el hongo para respirar en su etapa de incubación. Posteriormente se coloca una capa de sustrato de aproximadamente 4 centímetros de grosor en el fondo de la bolsa, y 1 a 2gr de sepa de hongo y se repite este proceso hasta llenar la bolsa. Finalmente amarramos y colocamos las fundas con un espacio de entre 40cm, para evitar daños durante el crecimiento de los hongos.

### **4. Mantenimiento de los cultivos**

Cuando se tienen las bolsas ya sembradas, se procede a la incubación. Ésta es la primera etapa de la producción y consiste en proporcionar oscuridad para que el

hongo empiece a crecer o a invadir al sustrato. La temperatura requerida por los hongos en esta etapa es de 15 a 22°C. La humedad debe estar entre 60 a 70%.

Posteriormente se realizan varios agujeros a la bolsa, con una cuchilla limpia, para que los hongos crezcan y para que obtengan el 90% de oxígeno que necesitan para fructificar. La temperatura promedio para esta etapa es de 10 a 18°C y la humedad aproximada debe ser de 80 a 90%. Los primordios aparecen aproximadamente ocho días después, se desarrollan completamente en seis o siete días alcanzando así su madurez comercial y un diámetro de 8 a 12 centímetros.

## **5. Cosecha de los cultivos**

El primer corte de cosecha se realizó a los 31 días después de la siembra cuando los hongos estaban perfectamente formados dando un aspecto de orejas y/o sombreros con diámetros que varían de 3 hasta 12cm. por lo cual se debe tener una constante vigilancia en su desarrollo, en todo su ciclo de crecimiento y fructificación, con el fin de proporcionarle las condiciones óptimas de temperatura, luz, humedad, riego y ventilación suficiente. El periodo dentro de un corte y otro va depender de las condiciones ambientales el rango es de 7 a 12 días.

## **6. Industrialización de hongos comestibles**

Los hongos cosechados, fueron clasificados, lavados y empacados mediante enfundado, empacado al vacío y conservados en frascos, los mismos que fueron esterilizados luego del empaque. Posteriormente se procedió a evaluar el producto con la participación de catadores, quienes mediante un formulario procedieron a calificar a los productos obtenidos en los diferentes tratamientos.

## H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

### 1. Periodo de producción

#### a. Características Bromatológicas de los sustratos

##### (1). Determinación de la humedad

Consiste en secar en la estufa a temperatura de 60°C a 65°C hasta obtener un peso constante, el secado tiene una duración de 24 horas esta muestra posteriormente se lleva a la molienda si el caso lo requiere.

$$\%H (TCO) = \frac{W2 - W3}{W2 - W1}$$

Donde:

W1 = Peso de la funda sola.

W2 = Peso de la funda mas muestra húmeda.

W3 = Peso de la funda mas muestra seca.

##### (2). Determinación de la proteína

Etapa de digestión:

- Se recoge 0,5 a 1 gramo de muestra finamente molida en el papel filtro.
- Se añade 10 gr. De sulfato de sodio o de potasio y 0,1 gr. De sulfato de cobre.
- Introducir todo en un balón Kjeldahl.
- Se coloca 25 ml de ácido sulfúrico concentrado y agitado.
- Cada balón con este contenido es llevado hasta las hornillas de macro Kjeldahl para su digestión respectiva a una temperatura graduada en 2,9 en un tiempo de 45 minutos.
- Continuar el calentamiento rotando el balón frecuentemente durante la digestión.

- Después que el contenido muestre un aspecto limpio, continuar el calentamiento durante 30 minutos, secar luego de este tiempo y enfriar hasta que se cristalice el contenido de los balones, terminado así la etapa de digestión.

#### Etapa de destilación:

- Colocamos en los matraces Erlenmeyer de 250ml capacidad de 50ml de ácido bórico al 2,5% y los colocamos en cada uno de las terminales del equipo de destilación.
- En cada balón con la muestra cristalizada se coloca 250ml de agua destilada más 80ml de hidróxido de sodio al 50% o (mayor cantidad si fuera necesario para alcanzar un alto grado de alcalinidad), añadiendo tres núcleos de ebullición con todo este contenido son llevados a las hornillas para dar comienzo a la fase de destilación.
- El amoniaco como producto de la destilación es receptado hasta un volumen de 150ml en cada matraz.
- Se retira las matraces con cada contenido, mientras que le residuo que se encuentra en el balón es desechado y se recuperan los núcleos de ebullición.

#### Etapa de Titulación:

- Se arma el soporte universal con la bureta y el agitador magnético.
- En cada matraz se coloca tres gotas de indicador Marco Kjeldahl.
- Las barras de agitación magnética son colocados en cada matraz que son llevados sobre el agitado magnético.
- Se carga la bureta con HCl al 0,1N.
- Se prende en agitador magnético, se deja caer gota a gota el HCl 0,1N hasta obtener un color grisáceo transparente que es el punto de equilibrio estequiométrico.
- El número de ml de HCl al 0,1N ajustado se requiere para el cálculo respectivo, aplicando la siguiente fórmula.

Cálculos:

$$PB = \frac{N \text{ HCl} \times \text{ml HCl} \times 0,014 \times 100 \times 6,25}{\text{ml de muestra}}$$

Dónde:

N HCl = normalidad del ácido clorhídrico.

ml HCl = volumen del ácido clorhídrico.

0,014 = mil equivalentes del Nitrógeno.

6,25 = factor de conversión.

ml = volumen de la muestra.

### **(3). Determinación de la fibra**

Se basa en la sucesiva separación de la ceniza, proteína, grasa y sustancia extraída libre de nitrógeno; la separación de estas sustancias se logra mediante el tratamiento con una solución débil de ácido sulfúrico y álcalis, agua caliente y cetona. El ácido sulfúrico hidroliza los carbohidratos insolubles (almidón y parte de hemicelulosa), los álcalis transforman en estado soluble a las sustancias albuminosas, separan la grasa, disuelven parte de la hemicelulosa y lignina, el éter o acetona extraen las resinas, colorantes, residuos de grasa y eliminan el agua. Después de todo este tratamiento el residuo de queda es la fibra bruta.

#### **b. Características microbiológicas de los sustratos**

##### **(1). Determinación de Aeróbios mesófilos totales, UFC/g**

- Limpiar y desinfectar el mesón utilizando una franela limpia y alcohol potable puro.
- Colocar en orden correspondiente las muestras.
- Pesar 5g del sustrato en 50ml de agua destilada hasta obtener una solución.

- Añadir 1ml de la solución a un tubo de ensayo que contiene 9ml de de agua destilada esto es  $10^{-1}$ .
- Homogenizar la muestra aproximadamente por 1 min.
- Añadir 1ml de la solución a un tubo de ensayo que contiene 9ml de de agua destilada esto es  $10^{-2}$ .
- Homogenizar la muestra aproximadamente por 1 min.
- Añadir 1ml de la solución a un tubo de ensayo que contiene 9ml de de agua destilada esto es  $10^{-3}$ .
- Homogenizar la muestra aproximadamente por 1 min.
- Tomar 1ml de esta muestra y sembrar en condiciones acéticas en una placa petrifilm para aerobios mesófilos.
- Identificar la placa y llevar a una estufa del cultivo microbiológico calibrado a  $38^{\circ}\text{C}$  con atmosfera aeróbica.
- Esperar 24 horas y realizar el conteo e identificación.

## **(2). Determinación de Coliformes totales y fecales, UFC/g**

- Limpiar y desinfectar el mesón utilizando una franela limpia y alcohol potable puro.
- Colocar en orden correspondiente las muestras.
- Prender el mechero, regulando la llama.
- Rotular las placas petrifilm para la identificación de las muestras.
- Del producto terminado se tomara 1 gr de cada sustrato y se prepara la dilución  $10^{-3}$ , con agua destilada.
- Levantar la película del petrifilm y tomar 1cc con pipeta estéril, colocar perpendicularmente la muestra en la placa, bajar la película y homogenizar utilizando el dispensador.
- Incubar las placas a  $37^{\circ}\text{C}$  por 24 horas.
- Leer resultados.
- En caso de duda consultar la guía de interpretación de coliformes.

### **(3). Determinación de Mohos y Levaduras, UPC/g**

- Limpiar y desinfectar el mesón utilizando franela limpia y alcohol potable puro.
- Colocarlas en orden correspondiente las muestras.
- Prender el mechero regulando la llama.
- Rotular las placas petrifilm para la identificación de las muestras.
- Del producto terminado se tomara 10gr y se prepara una dilución  $10^{-3}$ , con agua destilada.
- Levantar la película del petrifilm y tomar 1cc con pipeta estéril, colocar perpendicularmente la muestra en la placa, bajar la película y Homogenizar utilizando el dispensador.
- Incubar las placas a 25° C por 72 horas.
- Leer los resultados.
- En caso de duda consultar la guía de interpretación de mohos y levaduras.

#### **c. Características productivas de los hongos**

Los pesos de las producciones se obtuvieron con ayuda de una balanza eléctrica, y en ancho de las orejas de los hongos se obtuvo mediante el uso de un fluxómetro, por otro lado el rendimiento hongos sustrato, se obtuvo haciendo la relación masa utilizable del hongo sobre el peso en fresco del sustrato, y el rendimiento se expresa en porcentaje.

## **2. Periodo de Industrialización**

### **a. Evaluación sensorial**

Dentro de esta evaluación se procedió a evaluar el producto con la participación de catadores, quienes mediante un formulario procedieron a calificar a los productos obtenidos con los diferentes tratamientos, mientras que la descripción de calidad se basó en la escala de valoración de calidad de productos alimenticios propuesto por Witting, E. (1981).



Para realizar la valoración organoléptica del producto, desde el punto de vista estadístico se aplicó la prueba de H-Test de Kruskal Wallis. Los puntajes asignados para cada uno de los parámetros de evaluación se detallan en el cuadro 13.

Cuadro 13. VALORACIÓN ORGANOLÉPTICA.

Parámetro	Puntos
Apariencia del envase	5
Apariencia del producto	10
Color	10
Olor	10
Sabor	25
Textura	10
Aceptabilidad	30

Fuente: Witting, E. (1981).

Finalmente de acuerdo al puntaje total determinado, Witting, E. (1981). Propone la siguiente escala de valoración para productos alimenticios.

E: Excelente	95 puntos/100
MB: Muy Bueno	85 puntos/100
B: Bueno	80 puntos/100
R: Regular	75 puntos/100
LNC: Límite no Comestible	60 puntos/100

#### **b. Limpieza y desinfección**

Al iniciar el trabajo de campo se realizó una limpieza a fondo de las instalaciones, equipos y materiales utilizados, con el objetivo que se encuentren desinfectados y libres de cualquier agente patógeno que puedan contaminar los sustratos, procediendo de igual manera en el proceso de industrialización.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **A. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS DE LOS SUSTRATOS ORGANICOS**

En la evaluación de las características bromatológicas de los sustratos orgánicos utilizados para la producción de hongos comestibles, se determinaron los siguientes resultados:

#### **1. Contenido de humedad**

El contenido de humedad inicial en los Sustratos orgánicos a base de trigo, avena y cebada, presentó diferencias estadísticas ( $P < 0,01$ ), determinándose el mayor contenido de humedad en el sustrato a base de trigo con un promedio de 72,94%, seguido por los promedios de humedad registrados en los sustratos de avena y Cebada con promedios de 69,88 y 68,57% en su orden. Esta variación de humedad depende de la capacidad de retención de agua de cada uno de los tamos de cereal utilizados.

Al respecto Oleas, T. (2004), en su investigación sobre la producción de hongos comestibles en lechos orgánicos en base a subproductos pecuarios y su industrialización reporta el 83,35% de humedad inicial en la mezcla 1 (1,00% cal, 1,00% melaza, 5,00% de harina de sangre 10,00% de contenido ruminal, 49,00% de paja de cereal y 34,00% de rastrojo de cosecha), resultado que es superior a los determinados en la presente investigación.

Los valores determinados guardan relación con lo que indican en la página <http://www.surmicel.freeservers.com/cultivoproduccion.htm>, (2011), donde se señala que la preparación de sustratos a base de paja de cereales (centeno, trigo o cebada) debe contener una humedad de masa del 70,00 al 80,00% al igual que Romero, A. et al (2003), quienes recomiendan que los lechos o sustratos deben presentar una humedad entre 80,00 y 85,00%, misma que se logra a través de la permanente humificación del sustrato con la adición del agua, para propiciar que

los hongos desdoble con mayor facilidad los nutrientes que necesitan para su desarrollo.

El contenido de humedad final en los sustratos orgánicos a base de trigo, avena y cebada, presentó diferencias estadísticas ( $P < 0,01$ ), determinándose el mayor contenido de humedad final en el sustrato a base de avena con un promedio de 79,97%, seguido por los promedios de humedad determinados en los sustratos de trigo y cebada con promedios de 78,11 y 77,97% respectivamente. Esta variación de humedad depende del aprovechamiento en el desarrollo y producción de hongos en cada uno de los sustratos.

Según Oleas, T. (2004), en su investigación indica que el mayor contenido de humedad al final de la cosecha obtuvo la mezcla 3 (1,00% cal, 1,00% melaza, 5,00% de harina de sangre 10,00% de contenido ruminal, 41,50% de paja de cereal y 41,50% de rastrojos de cosecha), con 83,70% siendo superior a los registrados en la presente evaluación, ya que se alcanzó el 79,97% de humedad final en el sustrato a base de avena.

## **2. Contenido de proteína**

Al evaluar el contenido de proteína bruta inicial en los sustratos orgánicos en la presente investigación, se estableció diferencias estadísticas en los promedios obtenidos ( $P < 0,01$ ), determinándose el mayor contenido de proteína en el sustrato a base de cebada con un promedio de 11,47%, seguido por el sustrato a base de avena con un promedio de proteína bruta inicial de 10,61% y con menor porcentaje fue determinado el sustrato a base de Trigo con promedio de 9,62%, cuadro 14, gráficos 1 y 2.

Oleas, T. (2004), registró en su estudio el mayor aporte de proteína inicial en el lecho de la mezcla 4 (1,00% cal, 1,00% melaza, 5,00% de harina de sangre 10,00% de contenido ruminal, 19% de paja de cereal y 64% de rastrojos de cosecha), con 10,83% siendo inferior al porcentaje de proteína determinado en la presente investigación con 11,47%, en el sustrato de tamo de cebada.

Cuadro 14. CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LOS SUSTRATOS ORGANICOS UTILIZADOS PARA LA PRODUCCIÓN DE HONGOS COMESTIBLES *Pleurotus ostreatus*.

VARIABLE	SUSTRATOS ORGÁNICOS						EE	Prob.	
	S. Trigo	S. Avena	S. Cebada	X					
Bromatológicas									
Humedad Inicial, (%)	72,94	a	69,88	b	68,57	b	70,46	0,32	0,0004
Humedad Final, (%)	78,11	b	79,97	a	77,97	b	78,69	0,14	0,0001
Proteína Bruta Inicial, (%)	9,62	b	10,61	ab	11,47	a	10,57	0,20	0,0089
Proteína Bruta Final, (%)	12,75	a	11,15	b	10,79	b	11,56	0,12	0,0001
Fibra Bruta Inicial, (%)	21,64	b	22,51	a	21,23	b	21,79	0,11	0,0020
Fibra Bruta Final, (%)	21,48	a	21,78	a	21,94	a	21,73	0,08	0,1095
Microbiológicas									
Aerobios mesófilos al inicio del cultivo, UFC/g	4600	a	5000	a	1800	b	3800	183	0,0001
Aerobios mesófilos al final de la cosecha, UFC/g	5000	a	4600	a	3000	b	4200	200	0,0036
Coliformes totales al inicio del cultivo, UFC/g	400	a	400	a	400	a	400	141	1,0000
Coliformes totales al final de la cosecha, UFC/g	1200	ab	1600	a	400	b	1067	170	0,0389
Mohos y levaduras al inicio del cultivo, UPC/g	3400	a	3400	a	2400	a	3067	176	0,0607
Mohos y levaduras al final de la cosecha, UPC/g	55400	b	53200	c	59800	a	56133	245	0,0001

Fuente: Quizhpilema, L. (2013).

Letras iguales no difieren estadísticamente. Tukey ( $P \leq 0,05$  y  $P \leq 0,01$ ).

□= Media.

EE= Error Estándar.

Prob= Probabilidad.

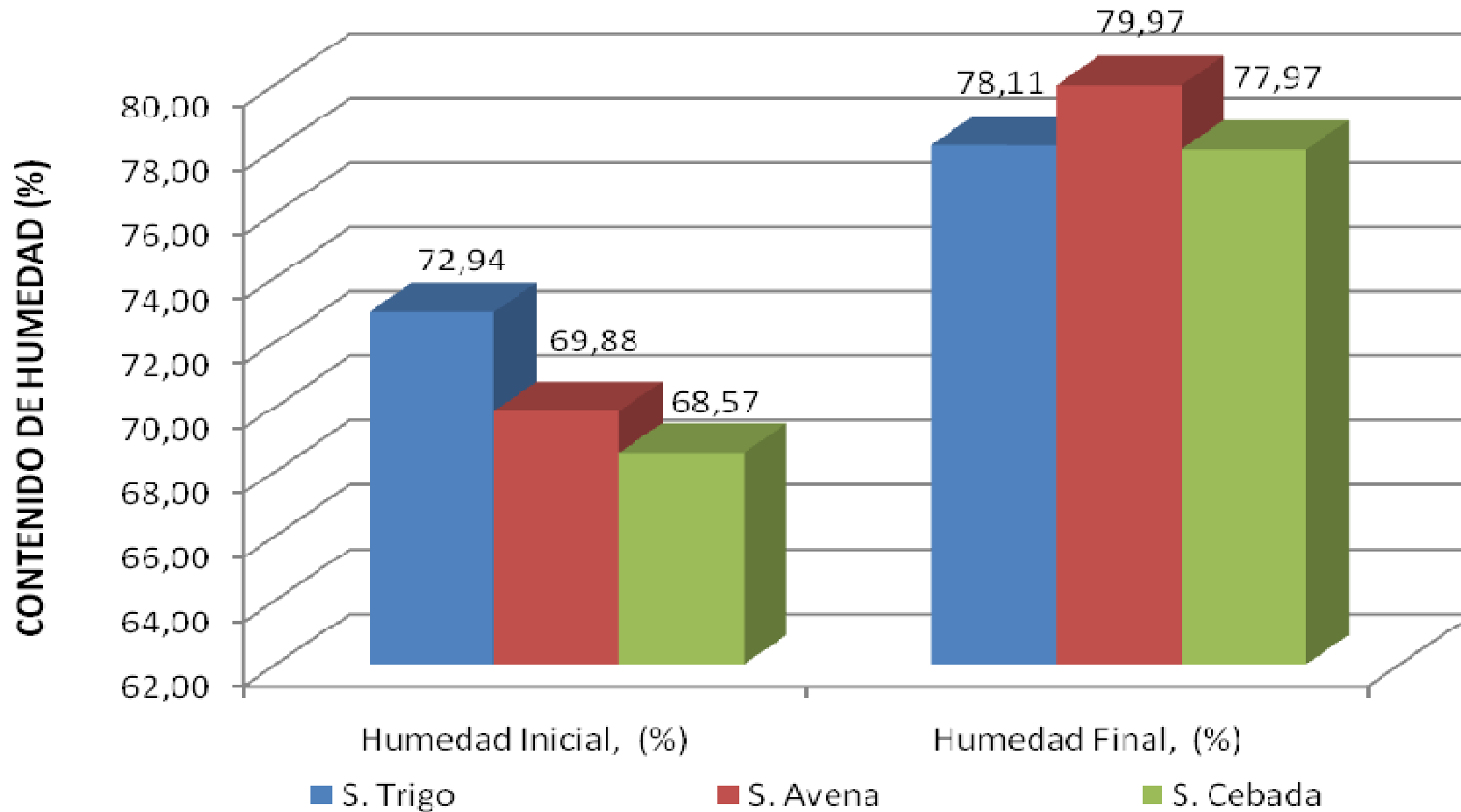


Gráfico 1. Contenido de humedad inicial y final (%), en los sustratos orgánicos utilizados para la producción de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*.

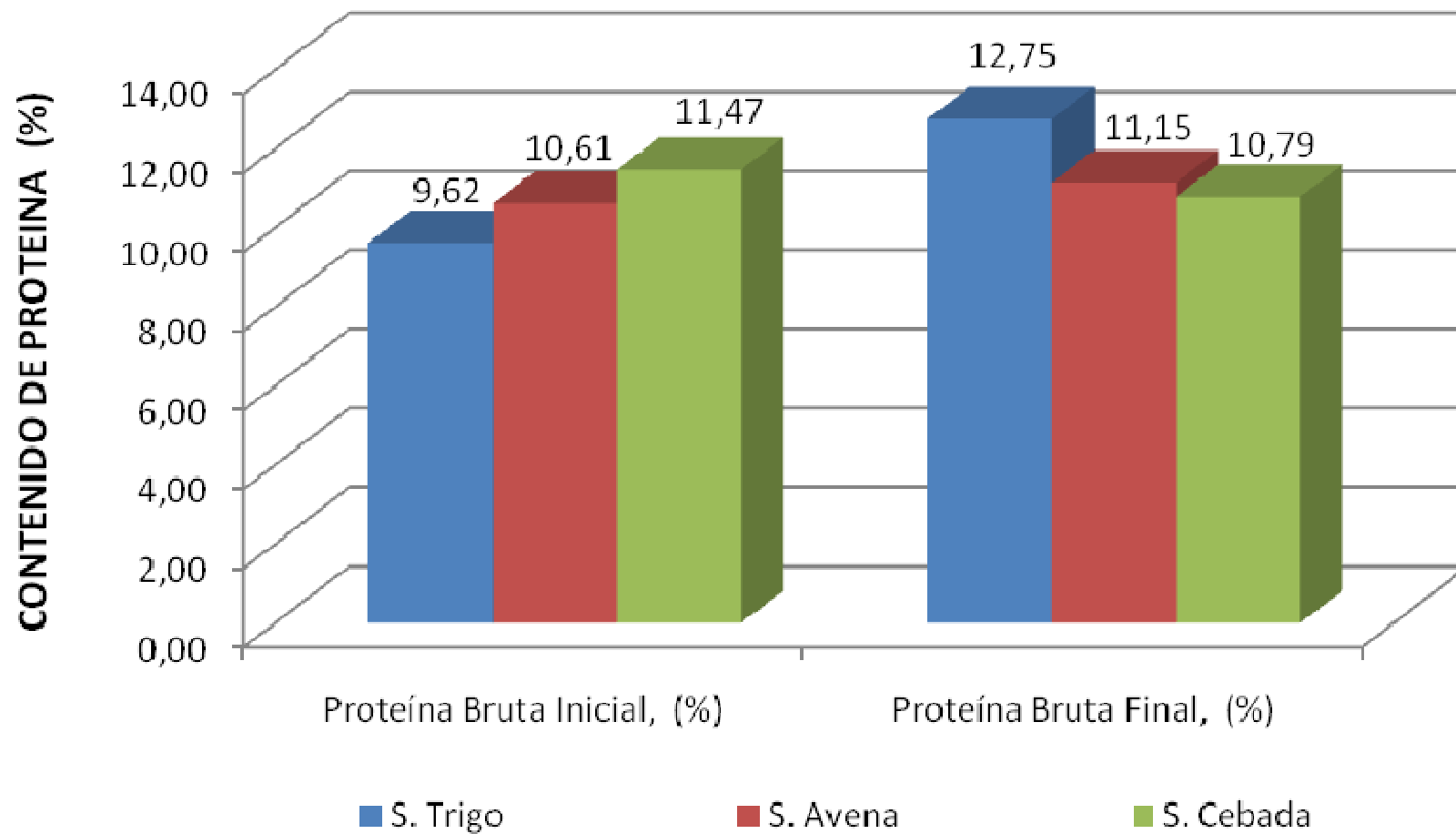


Gráfico 2. Contenido de proteína inicial y final (%), en los sustratos orgánicos utilizados para la producción de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*.

Estos resultados pueden deberse a la calidad del tamo de cereal utilizado en el sustrato, ya que el sustrato de cebada presentó mayor aporte proteico.

El contenido de proteína bruta al finalizar la cosecha de los hongos presentó diferencias estadísticas en los promedios obtenidos ( $P < 0,01$ ), así el mayor contenido de proteína bruta se registró el sustrato a base de Trigo con un promedio de 12,75%, posteriormente se ubicaron los sustrato a base de Avena y Cebada con promedios de 11,15 y 10,79% de proteína bruta final respectivamente.

Al respecto Oleas, T. (2004), obtiene mayor contenido de proteína en la mezcla 4 (1% cal, 1% melaza, 5% de harina de sangre 10% de contenido ruminal, 19% de paja de cereal y 64% de rastrojos de cosecha), con 12,0% siendo inferior al porcentaje determinado para el sustrato de trigo en presente estudio con 12,75% de proteína al final de la cosecha.

Este incremento de proteína en los lechos al final del estudio a excepción del sustrato de la cebada, puede deberse a lo que indican Romero, A. et al. (2003), a que el lecho después de la tercera o cuarta cosecha conserva en su interior el micelio del hongo, el cual lo ha deslignificado, haciéndolo a su vez más rico en proteína y otros nutrientes, pudiendo utilizarse este sustrato incluso como alimento de los animales zootécnicos.

### **3. Contenido de fibra**

En la evaluación del contenido de fibra bruta al inicio de la siembra, en los sustratos a base de tamo de cereal, se determinó diferencias estadísticas ( $P < 0,01$ ), de esta manera el contenido de fibra determinado en el sustrato a base de avena fue superior estadísticamente con un promedio de 22,51%, seguido por los promedios de fibra determinados en el los sustratos a base de trigo y cebada con promedios de 21,64 y 21,23% correspondientemente, ilustrado en el gráfico 3.

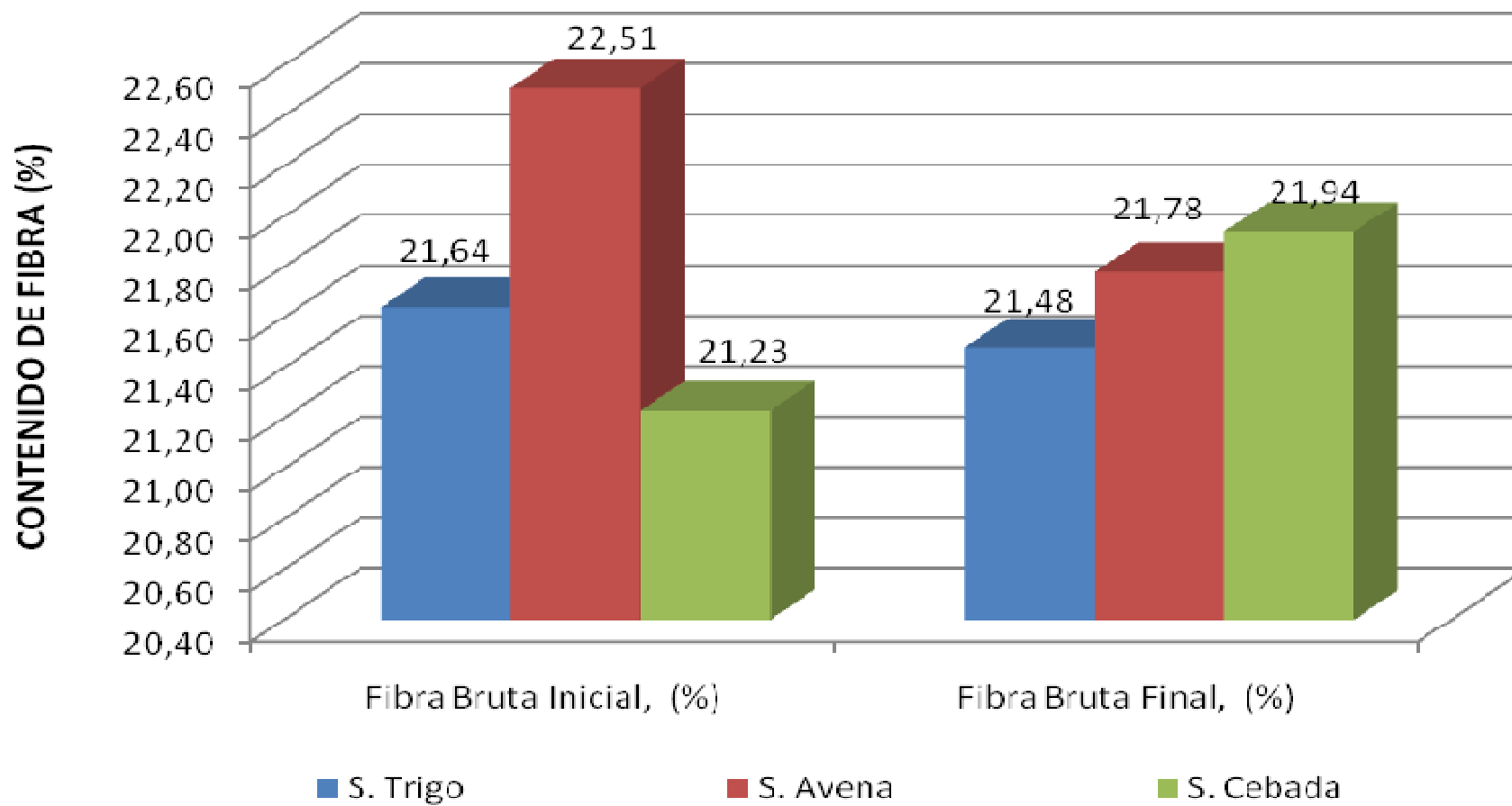


Gráfico 3. Contenido de fibra inicial y final (%) en los sustratos orgánicos utilizados para la producción de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*.



Oleas, T. (2004) reporta en su investigación sobre la producción de hongos comestibles en lechos orgánicos en base a subproductos pecuarios y su industrialización el 33% de fibra en la mezcla 1 (1,00% cal, 1,00% melaza, 5,00% de harina de sangre 10,00% de contenido ruminal, 49,00% de paja de cereal y 34,00% de rastrojo de cosecha), siendo superior a los determinados en el presente estudio.

El contenido de fibra bruta final en la presente investigación, no presentó diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ), de esta manera se estableció promedios de 21,48; 21,78 y 21,94% para los sustratos a base de trigo, avena y cebada respectivamente.

Oleas, T. (2004), registró en su investigación sobre la producción de hongos comestibles en lechos orgánicos en base a subproductos pecuarios y su industrialización el 28,17% de fibra en la mezcla 1 (1,00% cal, 1,00% melaza, 5,00% de harina de sangre 10,00% de contenido ruminal, 49,00% de paja de cereal y 34,00% de rastrojo de cosecha), siendo superior al presente estudio, posiblemente debido a los componentes utilizados en los diferentes sustratos. De acuerdo a estos resultados se puede indicar que los hongos presentan la capacidad de deslignificar la celulosa de la paja de cereal y de los otros componentes vegetales, reduciendo la fibra, lo que responde a lo señalado por García, M. (1995), quien indica que a los hongos se los clasifica como degradadores de los polisacáridos, celulosa, hemicelulosa y lignina de los desechos orgánicos estos desdoblan principalmente la fibra, incorporando por lo contrario proteína al sustrato original.

## **B. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS UTILIZADOS PARA LA PRODUCCIÓN DE HONGOS COMESTIBLES.**

### **1. Contenido de aerobios mesófilos**

El contenido de aerobios mesófilos al inicio del cultivo mediante la utilización de

sustratos orgánicos presentó diferencias estadísticas ( $P < 0,01$ ), de esta manera el mayor contenido de aerobios mesófilos fue determinado en el sustrato a base de trigo y avena con promedios de 4600 y 5000 UFC/g correspondientemente, posteriormente se registró el contenido de aerobios mesófilos en el sustrato a base de cebada con un promedio de 1800 UFC/g.

La cantidad de aerobios mesófilos encontrados en los lechos orgánicos al inicio de la siembra según Oleas, T. (2004), fluctúa entre las 2000 UFC/g en la mezcla 1, determinándose menor contenido en el sustrato de cebada en la presente investigación.

Al evaluar el contenido de aerobios mesófilos al final de la cosecha en los sustratos orgánicos presentó diferencias estadísticas ( $P < 0,01$ ), de esta manera el contenido de aerobios mesófilos determinados en los sustrato a base de trigo y avena con promedios de 5000 y 4600 UFC/g fueron superiores al contenido de aerobios determinado en el sustratos orgánico a base de cebada con un promedio de 3000 UFC/g respectivamente.

## **2. Coliformes totales**

Los coliformes totales al inicio del cultivo, en los sustratos orgánicos estudiados en la presente investigación, no registró diferencias estadísticas en los promedios determinados ( $P < 0,05$ ), así un contenido de 400 UFC/g de coliformes totales fueron registrados en los sustratos a base de trigo, avena y cebada respectivamente.

Oleas, T. (2004), en su investigación reporta superioridad para esta variable con 500 UFC/g en la mezcla 4 mientras que en el presente estudio registra 400 UFC/g de coliformes totales al inicio de la siembra en cada uno de los sustratos utilizados.

En la evaluación de coliformes totales al finalizar la cosecha, en la presente investigación se registró diferencias estadísticas en los promedios obtenidos ( $P < 0,05$ ), de esta manera en mayor contenido de coliformes totales presentó el

sustrato a base de avena con un promedio de 1600 UFC/g, seguido por el promedio determinado en el sustrato a base de trigo con 1200 UFC/g y con menor contenido de coliformes totales al final de la cosecha fue registrado el sustrato a base de cebada con promedio de 400 UFC/g.

Al finalizar la cosecha Oleas, T. (2004), reporta 2000 UFC/g de coliformes totales en la mezcla 4 siendo superior a lo determinado en esta investigación, al determinarse un máximo de 1600 UFC/g para el tratamiento a base de sustrato de avena.

Ante esta comparación García, M. (1995), indican que la siembra se realiza en sustratos enriquecidos a las que se les ha añadido alguna fuente proteica (como es el caso de la harina de la sangre), la temperatura que debe tener es 23 a 24°C, adicional a esto, se darán riegos frecuentes para mantener la humedad del sustrato entre 80 a 90%, estos factores favorecen el desarrollo y multiplicación de los microorganismos.

### **3. Mohos y levaduras**

En la evaluación de mohos y levaduras realizado en los diferentes sustratos orgánicos al inicio del cultivo se determinó que no existen diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ), así se determinó promedios de 3400, 3400 y 2400 UPC/g, en cuanto a mohos y levaduras en los sustratos a base de trigo, avena y cebada respectivamente, sin embargo se aprecia diferencias numéricas que pueden ser de consideración, como se muestra en el gráfico 4.

En el contenido de mohos y levaduras en los sustratos orgánicos al final de la cosecha se identificaron diferencias estadísticas en los diferentes tratamientos ( $P < 0,01$ ), así se determinó superioridad en los mohos y levaduras cuantificadas en el sustrato a base de cebada con un contenido de 59800 UPC/g, seguido por el promedio determinado en el sustrato a base de trigo con un promedio de 55400 UPC/g y finalmente con menor contenido de mohos y levaduras al final de

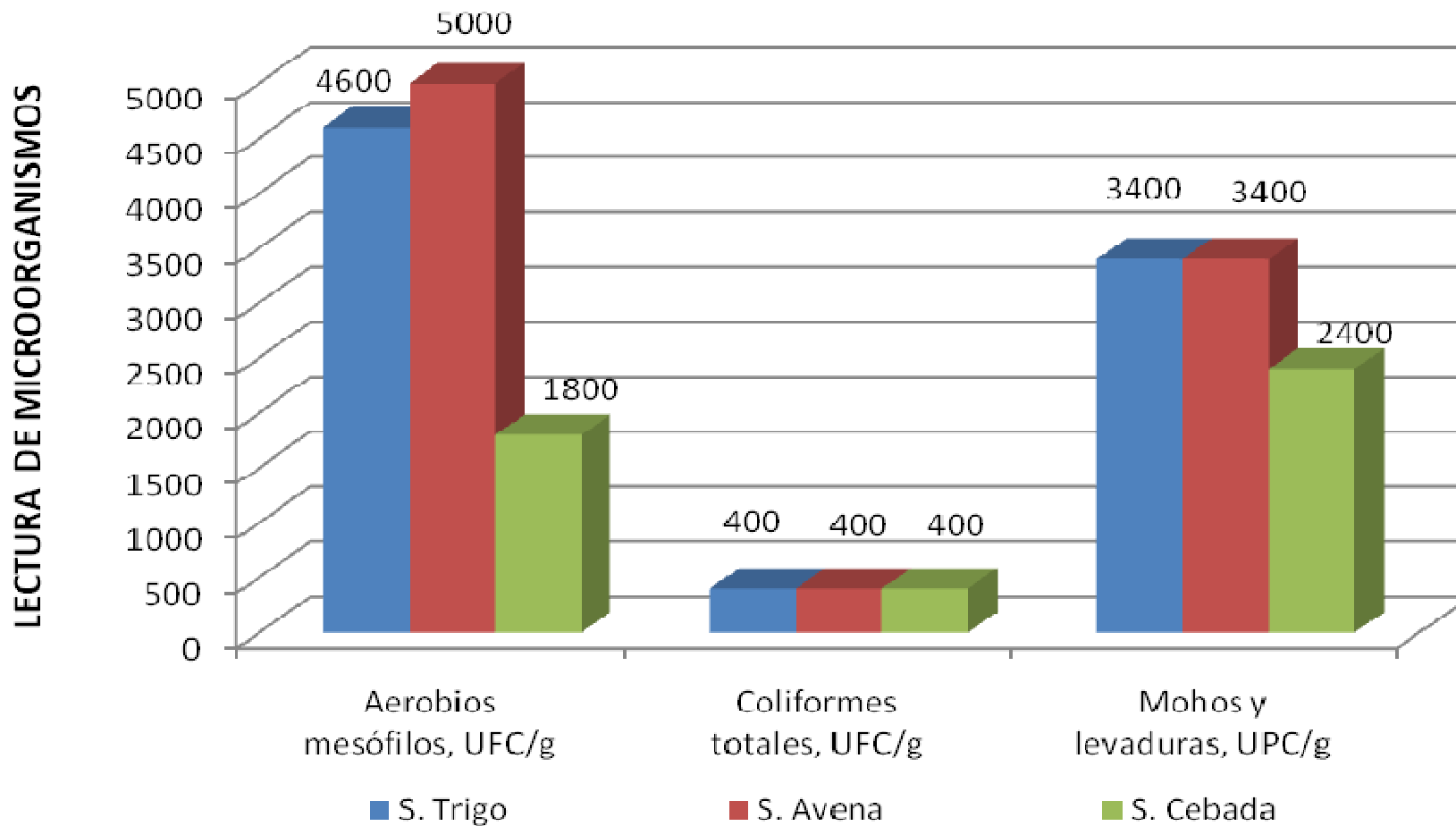


Gráfico 4. Contenido de Aerobios mesófilos (UFC/g), Coliformes totales(UFC/g), Mohos y Levaduras(UPC/g) en los sustratos orgánicos utilizados para la producción de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*, luego de la cosecha.

la cosecha se ubicó el sustrato de avena con promedio de 53200 UPC/g.

## **C. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS EN LOS HONGOS CULTIVADOS EN SUSTRATOS ORGÁNICOS.**

### **1. Masa de producción de hongos (primera cosecha)**

La masa de producción de hongos en la primera cosecha al utilizar sustratos orgánicos presentó diferencias estadísticas ( $P < 0,01$ ), obteniéndose la mayor producción de hongos en el tratamiento conformado por la utilización de sustrato orgánico a base de cebada con un promedio de 457,50g, seguido por la producción de hongos obtenida al utilizar el sustrato a base de trigo con un promedio de 339,62g y con menor promedio se registró la producción obtenida mediante la utilización de sustrato a base de avena con un promedio de 235,28g.

Oleas, T. (2004), reporta en su investigación un peso de producción de 267,61g/lecho al utilizar el sustrato de la mezcla 3 siendo inferior al determinado en la presente investigación, sin embargo hay que resaltar que la diferencia se debe a la masa utilizada como sustrato, ya que Oleas, T. (2004), utilizó lechos de 1 Kg de masa, mientras que en la presente investigación el tamaño del sustrato fue de 3Kg.

Se obtiene mayor producción cuando el lecho contiene una mayor cantidad de residuos de cosecha que son más fácilmente degradables confirmado por Leal, L. (1993), donde indica que los hongos *Pleurotus ostreatus* degradan y se alimentan de la celulosa y la lignina presentes en los desechos vegetales.

### **2. Masa de producción de hongos (segunda cosecha)**

Al evaluar la masa de la producción de hongos en la segunda cosecha al utilizar sustratos orgánicos se establecieron diferencias estadísticas ( $P < 0,01$ ), determinándose la mayor producción en el sustrato a base de cebada con un promedio de 157,42g de hongos, seguido por la producción obtenida mediante la

utilización de sustrato a base de trigo con un promedio de 117,66g de hongos y con menor promedio se registró la producción de hongos obtenida mediante la utilización de sustrato a base de avena con promedio de 93,80g.

Al respecto Oleas, T. (2004), reporta en su investigación que la mayor producción de hongos a la segunda cosecha alcanza un promedio de 48,36g/lecho al utilizar el sustrato de la mezcla 3, resultando inferior a los promedios establecidos para cada uno de los tratamientos en la presente investigación.

### **3. Masa total de hongos producidos**

Dentro de la evaluación de la masa total de hongos producidos se determinó que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados ( $P < 0,01$ ), determinándose la mayor producción total de hongos, mediante el uso del sustrato a base de cebada con un promedio de 614,92g seguido por la producción en el cual se utilizó sustrato a base de trigo con un promedio de 457,28g de hongos y finalmente con menor promedio se estableció la producción total de hongos mediante la utilización de sustrato a base de avena con promedio de 329,08g, cuadro 15, gráfico 5.

Oleas, T. (2004), reporta en su investigación un peso de producción total de hongos producidos de 315,96g/lecho al utilizar el sustrato de la mezcla 4 siendo inferior al determinado en la presente investigación en los diferentes sustratos.

En tanto que los resultados se hallan relacionado a lo descrito en la página <http://www.surmicel.freeservers.com/cultivoproduccion.htm>, (2011), donde se indica que la producción de hongos por Kg de sustrato es entre 200 a 400g por período de producción.

### **4. Rendimiento hongos/sustrato**

El rendimiento de hongos mediante la utilización de sustratos orgánicos se registró diferencias estadísticas en los diferentes tratamientos evaluados

Cuadro 15. CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS DE HONGOS COMESTIBLES *Pleurotus ostreatus*, CULTIVADOS MEDIANTE EL USO DE DIFERENTES SUSTRATOS ORGÁNICOS.

VARIABLE	SUSTRATOS ORGÁNICOS				EE	Prob.
	S. Trigo	S. Avena	S. Cebada	X		
Masa de producción hongos primera cosecha, g	339,62	b 235,28	c 457,50	a 344,13	6,17	0,0001
Masa de producción hongos segunda cosecha, g	117,66	b 93,80	c 157,42	a 122,96	2,21	0,0001
Masa total de hongos producidos, g	457,28	b 329,08	c 614,92	a 467,09	6,74	0,0001
Rendimiento hongos/sustrato, %	15,24	b 10,97	c 20,50	a 15,57	0,22	0,0001
Ancho de la oreja, cm	7,42	b 5,48	c 9,74	a 7,55	0,09	0,0001
Contenido de proteína en hongos producidos, %	46,06	a 45,94	a 45,89	a 45,96	0,04	0,1754

Fuente: Quizhpilema, L. (2013).

Letras iguales no difieren estadísticamente. Tukey ( $P \leq 0,05$  y  $P \leq 0,01$ ).

□= Media.

EE= Error Estándar.

Prob= Probabilidad.

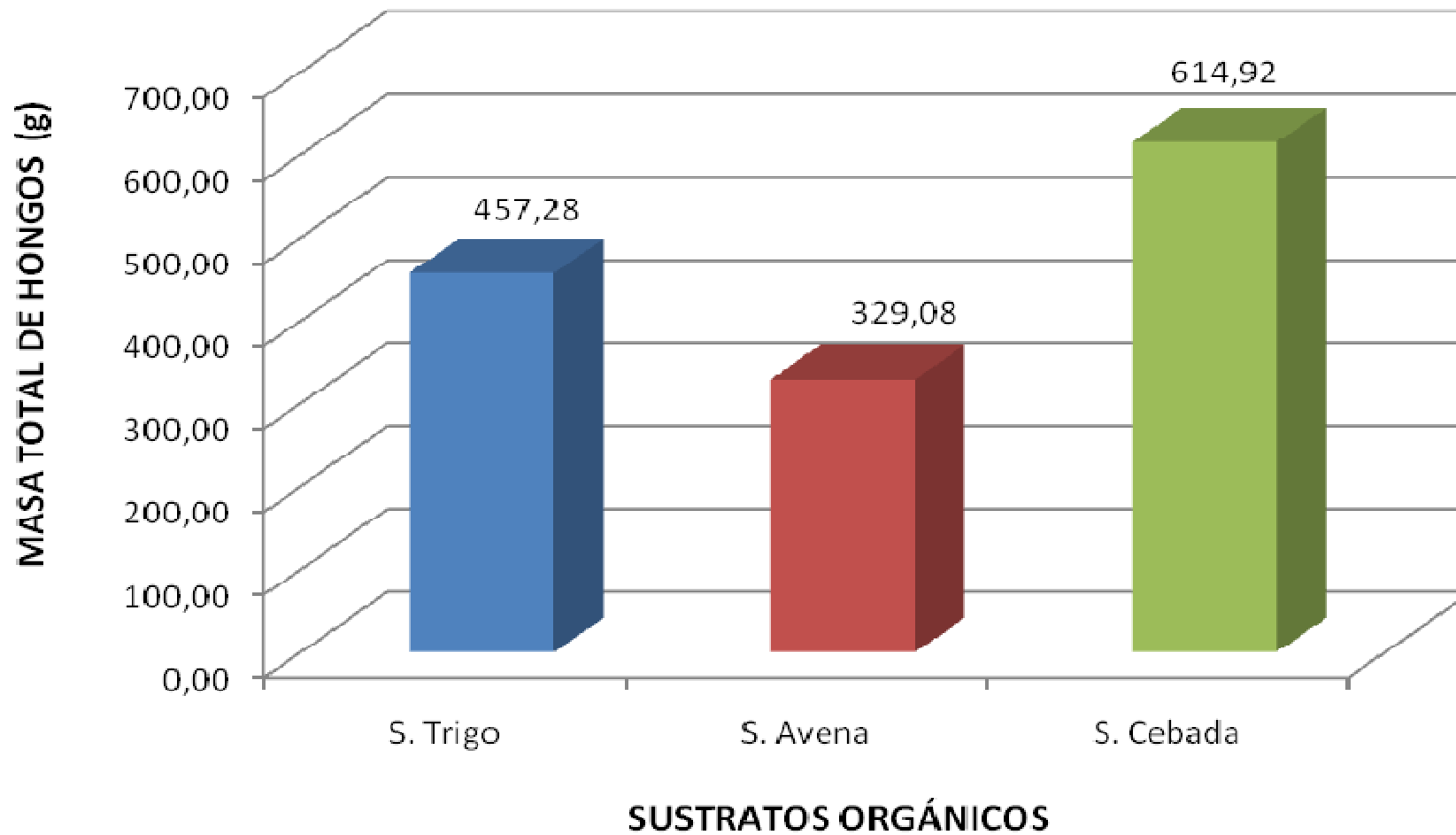


Gráfico 5. Masa total (g), de Hongos producidos *Pleurotus ostreatus*, en sustratos orgánicos a base de cereales.



( $P > 0,01$ ), registrando el mayor rendimiento mediante el empleo del sustrato a base de cebada con 20,50%, seguido por el rendimiento de hongos mediante el uso del sustrato a base de trigo con 15,24% y finalmente con menor rendimiento de hongos se ubicó el tratamiento consistente en el empleo del sustrato a base de avena con 10,97%, gráfico 6.

Oleas, T. (2004), reporta en su investigación un rendimiento hongos/sustrato de 31,60% al utilizar el sustrato de la mezcla 3, resultando superior al obtenido en el presente estudio, lo que se halla relacionado al tamaño de la unidad experimental utilizada en cada experimento.

Por otro lado <http://www.infoagro.cpom/forestales/champinyon4.asp-inicio>, (2005), se indica que se puede obtener rendimientos entre 28 a 30%, dependiendo del manejo que se propicie a las bolsas de sustrato incubado.

## **5. Ancho de la oreja**

La evaluación del ancho de la oreja en los hongos producidos, presentó diferencias estadísticas en los tratamientos considerados ( $P < 0,01$ ), determinándose mayor ancho de la oreja de los hongos pertenecientes al tratamiento concerniente al uso de sustrato de cebada con un promedio de 9,74cm, en segunda instancia se registró el ancho de la oreja de los hongos cultivados en sustrato de trigo con un promedio de 7,42cm y finalmente con menor medida fueron registrados los hongos pertenecientes al sustrato de avena alcanzando un promedio de 5,48cm, gráfico 7.

Al respecto Oleas, T. (2004), reporta en su investigación un ancho de oreja superior en los hongos producidos al utilizar el sustrato de la mezcla 4 con un promedio de 6,33cm, resultando inferior al determinado en el mejor tratamiento de la presente investigación.

Así mismo los resultados concuerdan con lo expuesto en la página <http://www.infoagro.cpom/forestales/champinyon4.asp-inicio>, (2004). donde

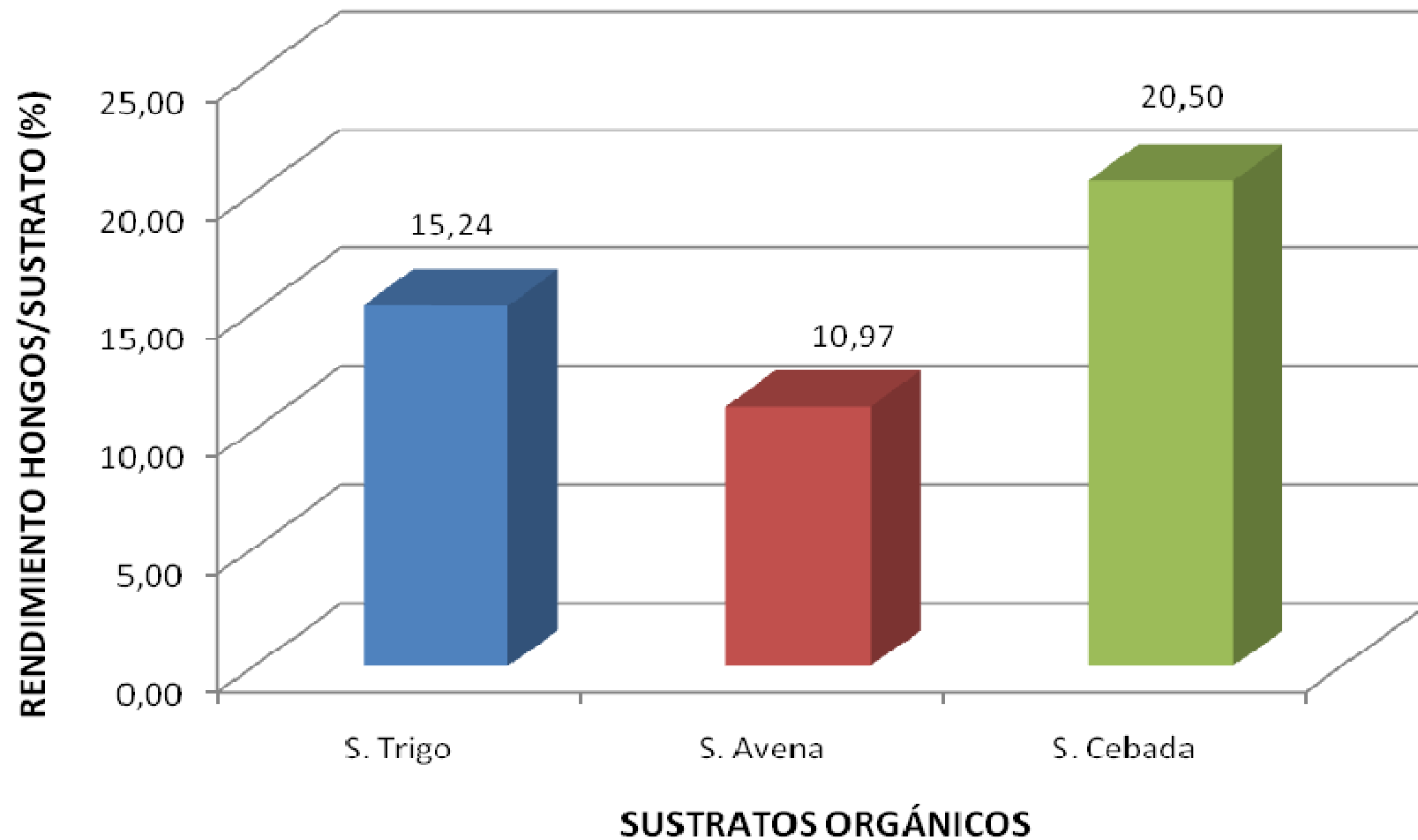


Gráfico 6. Rendimiento Hongos /Sustrato (%), determinado luego de su cultivo en sustratos orgánicos a base de cereales.

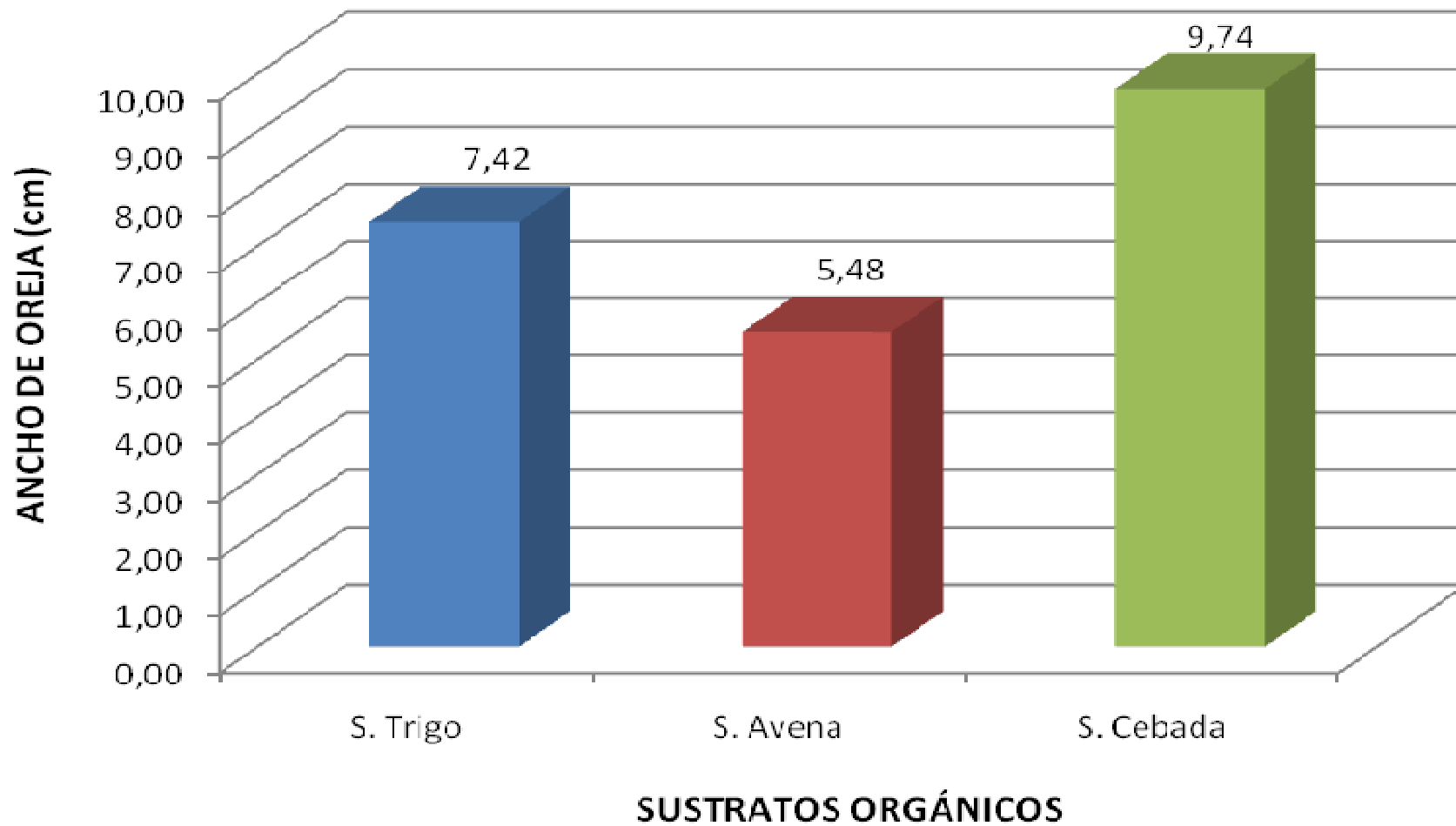


Gráfico 7. Ancho de la oreja (cm), de Hongos *Pleurotus ostreatus*, determinado a la cosecha, utilizando sustratos orgánicos a base de cereales.

se señala que el sombrerillo de esta seta es redondeado, con un diámetro que oscila entre 5 y 15cm, dependiendo de la edad del hongo.

## **6. Contenido de proteína en hongos producidos**

El contenido de proteína en los hongos producidos en la presente investigación no presentó diferencias estadísticas en los diferentes tratamientos evaluados ( $P < 0,05$ ), así se determinaron promedios de 46,06; 45,94 y 45,89% de proteína en los hongos cultivados mediante la utilización de Sustrato de trigo, avena y cebada correspondientemente, gráfico 8.

De acuerdo a estos resultados Oleas, T. (2004), reporta en su investigación un contenido de proteína en los hongos de 28,20% al utilizar el sustrato de la mezcla 3 y mezcla 4, resultando inferior a los promedios determinados en la presente investigación.

Referente a lo mismo Romero, A. et al. (2003), indica que el aporte nutricional del *Pleurotus ostreatus* permite indicar que el hongo es comestible y nutritivo además divulgar su consumo para de esta forma reemplazar la proteína de origen animal, debido a su aporte de aminoácidos esenciales, donde los que predominan son la alanina, el ácido glutámico y la glutamina. Por otro lado se indica que el porcentaje de proteína en peso seco puede variar entre 10 y 30% aunque puede llegar a ser hasta del 40%. (Hernández, R. 2004).

## **D. ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DE LOS HONGOS PRODUCIDOS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE SUSTRATOS ORGANICOS, SOMETIDOS A DIFERENTES MÉTODOS DE CONSERVACIÓN.**

### **1. Apariencia del envase**

La apariencia del envase utilizado para hongos frescos, sometidos a diferentes métodos de conservación, presentó diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ), es así que el mejor puntaje para la apariencia del mismo, fue determinado en los hongos empacados en frascos en conservas, alcanzando un puntaje de 5,0 puntos,

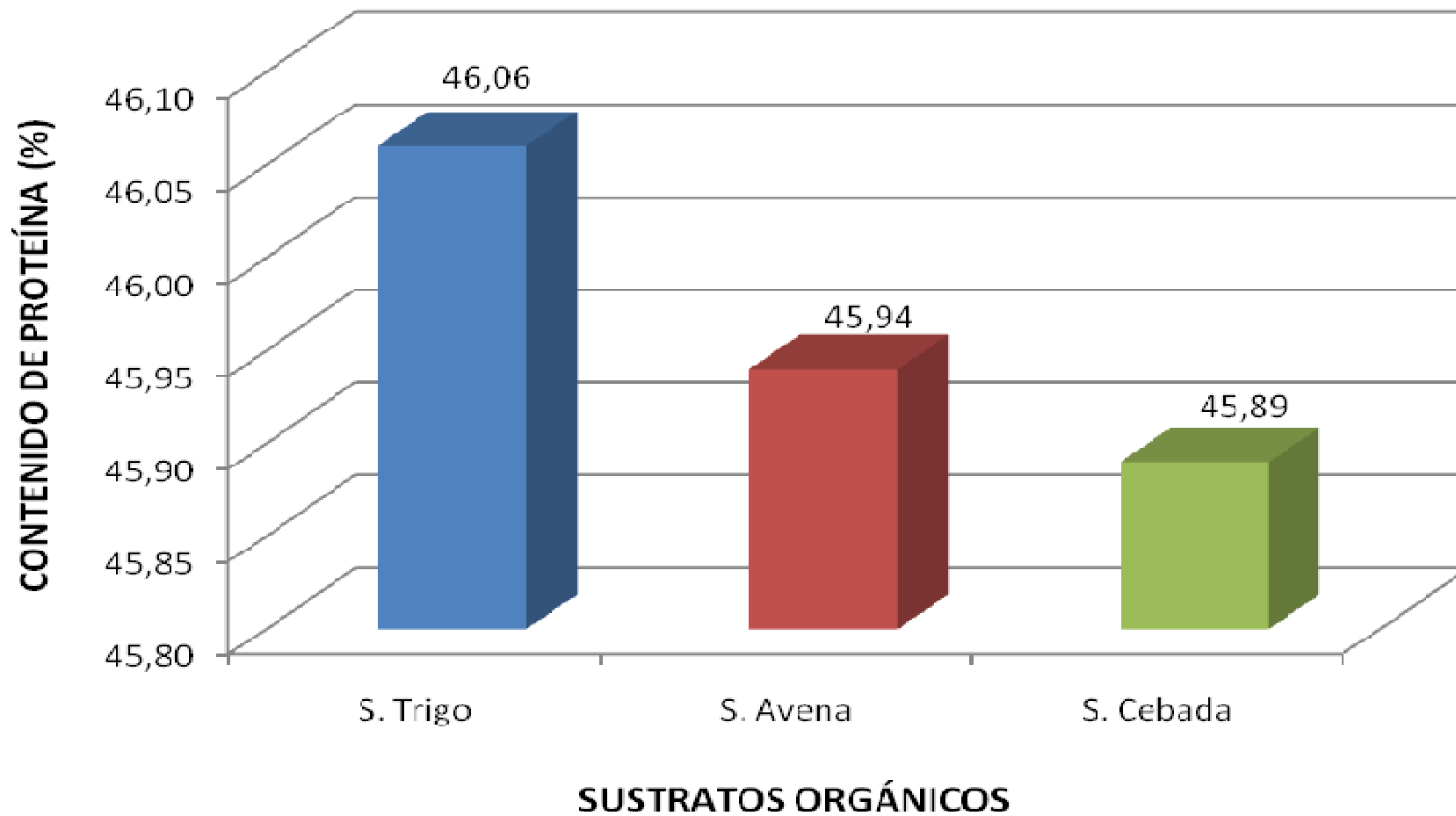


Gráfico 8. Contenido de proteína (%), en Hongos *Pleurotus ostreatus*, determinado a la cosecha, utilizando sustratos orgánicos a base de cereales.

mientras que un puntaje de 3,5 puntos fue determinado tanto para los hongos enfundados como para los empacados al vacío.

Oleas, T. (2004), en su investigación reporta un puntaje para la apariencia del envase de 3,43 puntos de la mezcla 2 (vinagre), siendo inferior al determinado en la presente investigación.

## **2. Apariencia del producto**

La apariencia del producto en hongos frescos, sometidos a diferentes métodos de conservación, presentó diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ), es así que el mejor puntaje para la apariencia del producto, fue determinado en los hongos empacados en frascos en conservas, alcanzando un puntaje de 10 puntos, mientras que puntajes de 9,0 y 8,5 puntos fueron registrados en los hongos enfundados y empacados al vacío en su orden.

## **3. Color**

El color, determinado en los hongos sometidos a los diferentes métodos de conservación, no presentó diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ), según H- Test de Kruskal-Wallis, reportándose calificaciones de 10,00 puntos en los hongos conservados mediante enfundado, empacados al vacío y en frascos en conservas respectivamente, cuadro 16.

Al respecto Oleas, T. (2004), en su investigación determinó que las mayores puntuaciones para el color, fueron asignadas a los hongos conservados con la utilización de vinagre que registró una coloración más blanquecina por lo que se asignaron una puntuación de 9,43 puntos.

## **4. Olor**

El olor, determinado en los hongos sometidos a los diferentes métodos de conservación, no presentó diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ), según H- Test de Kruskal-Wallis, reportándose puntajes de 9,50; 9,50 y 10,00 puntos en los hongos

conservados mediante enfundado, empacados al vacío y en frascos en conservas correspondientemente.

## **5. Sabor**

El sabor, determinado en los hongos sometidos a los diferentes métodos de conservación, presentó diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ), según H- Test de Kruskal-Wallis, así el mayor puntaje se reportó en los hongos en frascos en conservas con 25 puntos, seguido por los hongos conservados mediante enfundado y empacados al vacío con 20,00 puntos para los dos tratamientos respectivamente.

Al respecto Oleas, T. (2004), reportó la puntuación media del sabor por efecto de los conservantes utilizados, siendo los hongos conservados con vinagre más especias las que recibieron la mayor puntuación 22,86/25 puntos.

## **6. Textura**

La textura, determinada en los hongos sometidos a los diferentes métodos de conservación, no presentó diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ), según H- Test de Kruskal-Wallis, reportándose valores de 10,00 puntos en los hongos conservados mediante enfundado, en frascos y empacados al vacío respectivamente.

Oleas, T. (2004), registró la textura de los hongos de 8,57/10 puntos que corresponde a los hongos industrializados con la utilización de vinagre más especias, como se observa en el cuadro 16.

## **7. Aceptabilidad**

El grado de aceptabilidad determinada en los hongos sometidos a los diferentes métodos de conservación, presentó diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ), según H- Test de Kruskal-Wallis, de esta manera el mayor puntaje se estableció en los hongos conservados frascos con 30 puntos, por otra parte se reporta a los hongos

Cuadro 16. EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DE HONGOS COMESTIBLES *Pleurotus ostreatus*, SOMETIDOS A DIFERENTES MÉTODOS DE CONSERVACIÓN.

ATRIBUTO	MÉTODOS DE CONSERVACIÓN				Prob.
	H. Enfundados	H. Empacados al Vacío	H. Conservas en Frascos	EE	
Apariencia del envase, Pts.	3,50 b	3,50 b	5,00 a	0,14	0,025
Apariencia del producto, Pts.	9,00 b	8,50 b	10,00 a	0,13	0,023
Color, Pts.	10,00 a	10,00 a	10,00 a	0,12	0,794
Olor, Pts.	9,50 a	9,50 a	10,00 a	0,16	0,794
Sabor, Pts.	20,00 b	20,00 b	25,00 a	0,23	0,024
Textura, Pts.	10,00 a	10,00 a	10,00 a	0,58	0,794
Aceptabilidad, Pts.	25,00 b	25,00 b	30,00 a	0,12	0,020
Total, Pts.	87,50 b	85,50 b	99,50 a	0,58	0,020

Fuente: Quizhpilema, L. (2013).

EE= Error Estándar.

Prob= Probabilidad.



que fueron conservados mediante enfundado y empacado al vacío con 25,00 puntos en su orden.

## **8. Calificación Total**

La calificación total determinada en los hongos sometidos a los diferentes métodos de conservación, presentó diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ), según H-Test de Kruskal-Wallis, de esta manera el mayor puntaje fue determinado para los hongos conservados en frascos con 99,50 puntos, mientras que en segunda instancia se identificó a los hongos que fueron conservados mediante enfundado y empacado al vacío con 87,50 y 85,50 puntos correspondientemente.

Respecto a estos resultados Oleas, T. (2004), registró una puntuación total de 89,14 puntos que corresponde a la utilización de las mezclas conservantes con vinagre más especias.

## **E. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE HONGOS COMESTIBLES *Pleurotus ostreatus*, CULTIVADOS MEDIANTE EL USO DE DIFERENTES SUSTRATOS ORGANICOS Y ENVASADOS EN FRASCOS EN CONSERVAS.**

Al realizar la evaluación económica de la producción de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*, cultivados mediante el uso de diferentes sustratos orgánicos y envasados en frascos en conservas, se determinaron los egresos cuantificando el costo de los sustratos, materias primas, mano de obra, servicios básicos, depreciaciones e insumos utilizados para la conservación de hongos frescos, estableciéndose egresos de 46,58; 40,04 y 49,86USD para los hongos comestibles producidos en sustrato de trigo, avena y cebada en su orden, esta diferencia debido a que la cotización de los insumos en la fase de industrialización dependen de los niveles de producción de los hongos. Es así que se determinó el mejor índice de beneficio costo al cultivar hongos en el sustrato a base de cebada, alcanzando un índice de beneficio costo de 1,58USD, que indica que por cada dólar invertido en el cultivo e industrialización de hongos comestibles, se obtiene una rentabilidad neta de 0,58USD, que es representativa si comparamos

con la rentabilidad obtenida al utilizar sustratos orgánicos en base a trigo y avena que alcanzaron una renta neta de 0,27 y 0,04USD correspondientemente, cuadro 17.

Cuadro 17. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN DE HONGOS COMESTIBLES *Pleurotus ostreatus*, CULTIVADOS MEDIANTE EL USO DE DIFERENTES SUSTRATOS ORGANICOS Y ENVASADOS EN FRASCOS EN CONSERVAS.

CONCEPTO	SUSTRATOS ORGÁNICOS		
	S. Trigo	S. Avena	S. Cebada
<u>EGRESOS PRODUCCIÓN</u>			
Cal 1	0,07	0,07	0,07
Melaza 2	0,08	0,08	0,08
Alfaharina 3	1,90	1,90	1,90
Tamo de Cereal 4	0,15	0,15	0,15
Rastrojo de Maíz 5	0,32	0,32	0,32
Cepa 6	1,50	1,50	1,50
Fundas plásticas 7	0,05	0,05	0,05
Desinfectantes 8	1,50	1,50	1,50
Servicios Básicos 9	2,00	2,00	2,00
Mano de Obra 10	20,00	20,00	20,00
Depreciación de Instalaciones 11	2,00	2,00	2,00
<u>EGRESOS INDUSTRIALIZACIÓN</u>			
Envases de vidrio 12	11,50	8,00	15,50
Especias 13	1,15	0,80	1,55
Vinagre 14	0,92	0,64	1,24
Agua 15	2,30	0,24	0,47
Conservantes 16	1,15	0,80	1,55
TOTAL EGRESOS	46,58	40,04	49,86
<u>INGRESOS</u>			
Cotización -Hongos Producidos 17	57,50	40,00	77,50
Desechos - Producción de Hongos 18	1,50	1,50	1,50
TOTAL INGRESOS	59,00	41,50	79,00
BENEFICIO/COSTO (USD)	1,27	1,04	1,58

Fuente: Quizhpilema, L. (2013).

1: \$ 0,44/kg Cal.	10: \$ 20,00/Mano de Obra/Tratamiento.
2: \$ 0,50/kg Melaza.	11: \$ 2,00/Depreciación/Tratamiento.
3: \$ 0,70/kg Alfaharina.	12: \$ 0,50/Envase de Vidrio.
4: \$ 0,05/kg Tamo de Cereal.	13: \$ 0,05/Especias/Envase.
5: \$ 0,04/kg Rastrojo de Maíz.	14: \$ 0,04/Vinagre/Envase.
6: \$ 1,50/kg Tratamiento de Cepa de Hongos.	15: \$ 0,10/Agua destilada/Envase.
7: \$ 0,01/Funda.	16: \$ 0,05/Conservantes/Envase.
8: \$ 1,50/Desinfectante/Tratamiento.	17: \$ 2,50/Envase de Hongos en Conserva.
9: \$ 2,00/Servicios Básicos/Tratamiento.	18: \$ 1,50/Desechos/Tratamiento.

## V. CONCLUSIONES

1. Se ha determinado que las características bromatológicas del sustrato utilizado para el cultivo de hongos, difiere de acuerdo al tamo de cereal utilizado, así se determinó el mayor contenido de humedad final en el sustrato a base de avena con 79,97%, mientras que el mayor contenido de proteína final se registró en el sustrato de Trigo con 12,75%.
2. En la evaluación de las características microbiológicas de los sustratos orgánicos se identificó menor contenido de aerobios mesófilos con 3000 UFC/g y coliformes totales con 400 UFC/g en el sustrato a base de cebada al final de la cosecha.
3. Por su parte se determinó la mayor producción total de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* al utilizar el sustrato a base de tamo de cebada obteniendo una masa promedio de 614,92g, así como también el mayor rendimiento de hongos/sustrato con 20,50% y ancho de oreja del hongo con 9,74cm.
4. En la fase de industrialización en base a la evaluación organoléptica se determinaron diferencias en cuanto a la apariencia del envase y producto, sabor y aceptabilidad de los hongos conservados, determinándose una mayor calificación total con 99,50 puntos en los hongos mantenidos en frascos en conservas.
5. El mayor índice de beneficio costo fue determinado al utilizar el sustrato orgánico en base a tamo de cebada y conservado en frascos, alcanzando un índice de beneficio costo de 1,58USD, lo cual indica que por cada dólar invertido en este proceso biotecnológico se obtiene una rentabilidad neta de 0,58USD.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda producir hongos comestibles, cultivados en sustratos orgánicos en base a la utilización de tamo de cebada, y luego de la producción comercializarlos en frascos de vidrio en conservas, ya que en la presente investigación se determinó mayor rendimiento productivo, mejor aceptación y mayor rentabilidad.
2. Socializar los resultados obtenidos en la presente investigación a nivel de organizaciones campesinas y ONG's para propender a la difusión de la tecnología utilizada en la presente para estimular la producción aprovechando desechos orgánicos de la agricultura y por otro lado el consumo de hongos comestibles resaltando su calidad nutricional en la población.
3. Realizar otras investigaciones para estudiar la factibilidad técnica y financiera de la diversificación de productos en base a hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*, cultivados en sustratos orgánicos.

## VII. LITERATURA CITADA

1. ATLAS, R. Y BARTHA, R. 2006. Ecología microbiana y microbiología ambiental. Cuarta Edición. Editorial Adisson Wesley. Madrid, España. P. 677.
2. CHANG, S y MILES, P. 2004. Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. 2a ed. Florida (US): CRC Press, 451 p. -8493-1043-1.
3. ESPOCH, 2012. Estación Agrometeorológica, Facultad de Recursos Naturales.
4. FIGUEROA, C. 2005 "Métodos para Evaluar la Calidad Maltera en Cebada" INIA. Didáctico No. 17 México, D.F.
5. FLORES, J. y ARIAS, N. 2006. Efecto de Microorganismos Eficaces (EM) sobre la Producción de Hongo ostra *Pleurotus ostreatus* a partir de Remanentes Agrícolas. Guácimo (CR): Universidad EARTH, 55 p.
6. GARCIA, M. 1995. Biotecnología Alimentaria. Edit. Limusa. S.A. D. F. – México.
7. GUZMAN, G. 2000. Hongos. 3a ed. México (MX): Editorial Limusa, p. 194 ISBN 968-18-0032-0.
8. HERNANDEZ, R. 2004. Propiedades medicinales y nutrimentales de los hongos comestibles.
9. [http://www.asocem.org.pe/SCMRoot/bva/f\\_doc/concreto/MGC30\\_morteros\\_arry.pdf](http://www.asocem.org.pe/SCMRoot/bva/f_doc/concreto/MGC30_morteros_arry.pdf) 2007. González M. Morteros ligeros de cáscara de arroz.
10. <http://eprints.ucm.es/10802/1/T31774.pdf>2000. Mata, G. y Savoie, J. Paja de trigo.

11. <http://www.hongoscomestibles.com/P/P/shiitake/capitulo%204%20pag.134-139.pdf> 2005. Flores, J. Composición química, digestibilidad y cinética de digestión de paja de avena tratada con *Pleurotus ostreatus*.
12. <http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/15476.html>, 2008. BASAURE, P. Maíz: Composición del rastrojo.
13. <http://www.infoagro.cpom/forestales/champinyon4.asp-inicio>, (2005).
14. <http://www.infoagro.cpom/forestales/setas3.asp>. (2004).
15. <http://www.surmicel.freeseverscomo/cultivoproduccion.htm>(2011).06/08/2013.
16. <http://www.riberamalucas.com/conservas.htm>. 2007. Curso Especialización Cocina Micológica - Honorse Tierra Pinares.
17. LEAL, L. 1993. Producción de Hongos Comestibles, Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos, O, Monroy y H.G. México.
18. MATA, M. 2005. Macrohongos de Costa Rica Vol 1. 2a ed. Heredia (CR): Editorial INBio, 256 p. ISBN 9968-702-87-0.
19. MADIGAN, M. MARTINKO, J. PARKER, J. 2007. Brock Biology of microorganismos 8<sup>th</sup> Edition. Editorial Prentice Hall. New Yersey, U.S.A. p. 986.
20. MARTIN, A. 2005. Introducción a la microbiología del suelo. AGT editores, México. P. 47-61.
21. MANDEEL, Q., AL-LAITH, A. y MOHAMED, S. 2005. Cultivation of oyster mushrooms *Pleurotus spp.* on various lignocellulosic wastes. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*. vol. 21, p. 601-607.
22. OBODAI, M., CLELAND-OKINE, J. y VOWOTOR, K. 2005. Comparative study

on the growth and yield of *Pleurotus ostreatus* mushroom on different lingo cellulosic byproducts. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, vol. 30, p. 146-149.

23. OEI, P. 2003. Mushroom cultivation: appropriate technology for mushrooms growers. 3a ed. Leiden (NL): Backhuys Publishers, 2003. 429 p. 90-57, 82-137-0.
24. OLEAS, T. 2004. "Producción de Hongos Comestibles en Lechos Orgánicos en base a Subproductos Pecuarios y su Industrialización". Tesis de Grado – ESPOCH. Riobamba- Ecuador. p.66-89.
25. QUIMIO, T. 2009. Technical guidelines for mushroom growing in the tropics. Roma (IT): FAO, 155 p. ISBN 92-5-10, 30, 26.
26. ROYSE, D. 2003. Cultivation of oyster mushrooms. Pennsylvania (US) : The Pennsylvania State University, p. 12.
27. ROMERO, A. RODRIGUEZ, A y PÉREZ, M. 2003. *Pleurotus ostreatus*. Importancia y tecnología de cultivo. Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez", Cuatro Caminos, Cdad. Cienfuegos – Cuba.
28. SANCHEZ, J. y ROYCE, D. 2008. La biología y el cultivo de *Pleurotus spp.* 1a ed. Chiapas (MX) : Editorial UTEHA, p. 290.
29. SHAH, Z., ASHRAF, M., ISHTIAQ, M. 2004. Comparative study on cultivation and yield performance of oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* on different substrates (Wheat straw, leaves, saw dust). Pakistan Journal of Nutrition, vol. 3, no 3, p. 158-160.
30. SOLOMON, E. BERG, L. MARTIN, D. VILLEE, C. 2006. Biología de Villee. Tercera Edición. Ed. Interamericana Mc Graw-Hill. México, D. F.
31. STAMETS, P. 2005. Growing gourmet and medicinal mushroom. 3a ed.

California (US): Ten Speed Press, 574 p. ISBN 1-58008-175-4.

32. STEINECK, H. 2007. Cultivo comercial del champiñón. 2a ed. Zaragoza (ES): Editorial Acribia. p 142, 84-200, 612.
33. UPADHYAY, R., VERMA, R., SINGH, S. y YADAV, M. 2006. Effect of organic nitrogen supplementation in *Pleurotus spp.* Mexico (MX): UAEM, p. 225-232 - 968-878-105-3.
34. WITTING DE PENNA E., MOYA J., MORALES M., PLANELLA L. 1981. Evaluación Sensorial, una Metodica que mide Calidad. IV Estimación de la Textura en Alimentos. Resúmenes 3er. Seminario Nacional de Cs. y Tecnol. de Alimentos, Antofagasta, (1980). Publicada in-extenso en Alimentos 6:3.



# **ANEXOS**

Anexo 1. Análisis de varianza de las características bromatológicas de los sustratos utilizados para la producción de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*.

**a. HUMEDAD INICIAL, (%)**

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Total	14	68.82876000			
Tratamiento	2	50.34388000	25.17194000	16.34	0.0004
Error	12	18.48488000	1.54040667		
	%CV	DS	MM		
	1.761369	1.241131	70.46400		
Tukey	Media	N	Tratamiento		
A	72.9420	5	S1		
B	69.8800	5	S2		
B	68.5700	5	S3		

S1: Sustrato de Trigo S2: Sustrato de Avena S3: Sustrato de Cebada.

**b. HUMEDAD FINAL, (%)**

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Total	14	15.86536000			
Tratamiento	2	12.49684000	6.24842000	22.26	<.0001
Error	12	3.36852000	0.28071000		
	%CV	DS	MM		
	0.673335	0.529821	78.68600		
Tukey	Media	N	Tratamiento		
A	79.9740	5	S2		
B	78.1160	5	S1		
B	77.9680	5	S3		

S1: Sustrato de Trigo S2: Sustrato de Avena S3: Sustrato de Cebada.

**c. PROTEÍNA BRUTA INICIAL, (%)**

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Total	14	15.73593333			
Tratamiento	2	8.57033333	4.28516667	7.18	0.0089
Error	12	7.16560000	0.59713333		
	%CV	DS	MM		
	7.313035	0.772744	10.56667		
Tukey	Media	N	Tratamiento		
A	11.4700	5	S3		
B A	10.6100	5	S2		
B	9.6200	5	S1		

S1: Sustrato de Trigo S2: Sustrato de Avena S3: Sustrato de Cebada.

**d. PROTEÍNA BRUTA FINAL, (%)**

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Total	14	13.25709333			
Tratamiento	2	10.87617333	5.43808667	27.41	<.0001
Error	12	2.38092000	0.19841000		
	%CV	DS	MM		
	3.852333	0.445432	11.56267		

	Tukey	Media	N	Tratamiento
	A	12.7480	5	S1
	B	11.1540	5	S2
	B	10.7860	5	S3

S1: Sustrato de Trigo S2: Sustrato de Avena S3: Sustrato de Cebada.

#### e. FIBRA BRUTA INICIAL, (%)

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Total	14	6.65816000			
Tratamiento	2	4.30324000	2.15162000	10.96	0.0020
Error	12	2.35492000	0.19624333		

%CV	DS	MM
2.032640	0.442994	21.79400

	Tukey	Media	N	Tratamiento
	A	22.5120	5	S2
	B	21.6440	5	S1
	B	21.2260	5	S3

S1: Sustrato de Trigo S2: Sustrato de Avena S3: Sustrato de Cebada.

#### f. FIBRA BRUTA FINAL, (%)

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Total	14	1.80196000			
Tratamiento	2	0.55552000	0.27776000	2.67	0.1095
Error	12	1.24644000	0.10387000		

%CV	DS	MM
1.482878	0.322289	21.73400

	Tukey	Media	N	Tratamiento
	A	21.9420	5	S3
	A	21.7820	5	S2
	A	21.4780	5	S1

S1: Sustrato de Trigo S2: Sustrato de Avena S3: Sustrato de Cebada.

Anexo 2. Análisis de varianza de las características microbiológicas de los sustratos utilizados para la producción de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*.

**a. AEROBIOS MESÓFILOS AL INICIO DE LA COSECHA UFC/g**

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Total	14	36400000.00			
Tratamiento	2	30400000.00	15200000.00	30.40	<.0001
Error	12	6000000.00	500000.00		
	%CV	DS	MM		
	11.440	707.1068	3800.000		
Tukey	Media	N	Tratamiento		
A	5000.0	5	S2		
A	4600.0	5	S1		
B	1800.0	5	S3		

S1: Sustrato de Trigo S2: Sustrato de Avena S3: Sustrato de Cebada.

**b. AEROBIOS MESÓFILOS AL FINAL DE LA COSECHA UFC/g**

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Total	14	18400000.00			
Tratamiento	2	11200000.00	5600000.00	9.33	0.0036
Error	12	7200000.00	600000.00		
	%CV	DS	MM		
	10.19278	774.5967	4200.000		
Tukey	Media	N	Tratamiento		
A	5000.0	5	S1		
A	4600.0	5	S2		
B	3000.0	5	S3		

S1: Sustrato de Trigo S2: Sustrato de Avena S3: Sustrato de Cebada.

**c. COLIFORMES TOTALES AL INICIO DE LA COSECHA UFC/g**

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Total	14	3600000.000			
Tratamiento	2	0	0	0.00	1.0000
Error	12	3600000.000	300000.000		
	%CV	DS	MM		
	136.9306	547.7226	400.0000		
Tukey	Media	N	Tratamiento		
A	400.0	5	S1		
A	400.0	5	S2		
A	400.0	5	S3		

S1: Sustrato de Trigo S2: Sustrato de Avena S3: Sustrato de Cebada.

**d. COLIFORMES TOTALES AL FINAL DE LA COSECHA UFC/g**

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Total	14	8933333.333			
Tratamiento	2	3733333.333	1866666.667	4.31	0.0389
Error	12	5200000.000	433333.333		
	%CV	DS	MM		
	61.71381	658.2806	1066.667		

Tukey	Media	N	Tratamiento
A	1600.0	5	S2
B A	1200.0	5	S1
B	400.0	5	S3

S1: Sustrato de Trigo S2: Sustrato de Avena S3: Sustrato de Cebada.

#### e. MOHOS Y LEVADURAS AL INICIO DE LA COSECHA UPC/g

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Total	14	8933333.333			
Tratamiento	2	3333333.333	1666666.667	3.57	0.0607
Error	12	5600000.000	466666.667		

%CV 12.76598 DS 683.1301 MM 3066.667

Tukey	Media	N	Tratamiento
A	3400.0	5	S1
A	3400.0	5	S2
A	2400.0	5	S3

S1: Sustrato de Trigo S2: Sustrato de Avena S3: Sustrato de Cebada.

#### f. MOHOS Y LEVADURAS AL FINAL DE LA COSECHA UPC/g

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Total	14	123733333.3			
Tratamiento	2	112933333.3	56466666.7	62.74	<.0001
Error	12	10800000.0	900000.0		

%CV 1.690053 DS 948.6833 MM 56133.33

Tukey	Media	N	Tratamiento
A	59800.0	5	S3
B	55400.0	5	S1
C	53200.0	5	S2

S1: Sustrato de Trigo S2: Sustrato de Avena S3: Sustrato de Cebada.

Anexo 3. Análisis de varianza de las características productivas de los hongos cultivados en diferentes sustratos orgánicos, a base de tamo de cereal y rastrojo de maíz.

**a. MASA DE HONGOS PRIMERA COSECHA, (g)**

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Total	14	130449.9733			
Tratamiento	2	123607.0973	61803.5487	108.38	<.0001
Error	12	6842.8760	570.2397		
	%CV	DS	MM		
	6.939081	23.87969	344.1333		
Tukey	Media	N	Tratamiento		
A	457.50	5	S3		
B	339.62	5	S1		
C	235.28	5	S2		

S1: Sustrato de Trigo S2: Sustrato de Avena S3: Sustrato de Cebada.

**b. MASA DE HONGOS SEGUNDA COSECHA, (g)**

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Total	14	11209.17600			
Tratamiento	2	10329.43600	5164.71800	70.45	<.0001
Error	12	879.74000	73.31167		
	%CV	DS	MM		
	6.963422	8.562223	122.9600		
Tukey	Media	N	Tratamiento		
A	157.420	5	S3		
B	117.660	5	S1		
C	93.800	5	S2		

S1: Sustrato de Trigo S2: Sustrato de Avena S3: Sustrato de Cebada.

**c. MASA TOTAL, (g)**

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Total	14	213162.2693			
Tratamiento	2	204983.5253	102491.7627	150.38	<.0001
Error	12	8178.7440	681.5620		
	%CV	DS	MM		
	5.589192	26.10674	467.0933		
Tukey	Media	N	Tratamiento		
A	614.92	5	S3		
B	457.28	5	S1		
C	329.08	5	S2		

S1: Sustrato de Trigo S2: Sustrato de Avena S3: Sustrato de Cebada.

**d. RENDIMIENTOS HONGOS/SUSTRATO, (%)**

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Total	14	236.8535733			
Tratamiento	2	227.7572933	113.8786467	150.23	<.0001
Error	12	9.0962800	0.7580233		
	%CV	DS	MM		
	5.592292	0.870645	15.56867		

Tukey	Media	N	Tratamiento
A	20.4960	5	S3
B	15.2420	5	S1
C	10.9680	5	S2

S1: Sustrato de Trigo S2: Sustrato de Avena S3: Sustrato de Cebada.

#### e. ANCHO DE OREJA DE HONGOS, (cm)

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Total	14	46.87733333			
Tratamiento	2	45.48933333	22.74466667	196.64	<.0001
Error	12	1.38800000	0.11566667		

%CV	DS	MM
4.506599	0.340098	7.546667

Tukey	Media	N	Tratamiento
A	9.7400	5	S3
B	7.4200	5	S1
C	5.4800	5	S2

S1: Sustrato de Trigo S2: Sustrato de Avena S3: Sustrato de Cebada.

#### f. CONTENIDO DE PROTEINA EN LOS HONGOS, (%)

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Total	14	0.31329333			
Tratamiento	2	0.07889333	0.03944667	2.02	0.1754
Error	12	0.23440000	0.01953333		

%CV	DS	MM
0.304077	0.139762	45.96267

Tukey	Media	N	Tratamiento
A	46.06000	5	S1
A	45.94200	5	S2
A	45.88600	5	S3

S1: Sustrato de Trigo S2: Sustrato de Avena S3: Sustrato de Cebada.

Anexo 4. H Test de Kruskal-Wallis para las características organolépticas, determinadas en hongos sometidos a diferentes métodos de conservación (Hongos Enfundados, Hongos en Conservas en Frascos y Hongos Empacados al Vacío).

**a. APARIENCIA DEL ENVASE**

Kruskal-Wallis Test para Apariencia del envase

TRATAMIENTO	N	Mediana	Rango	Z
1	4	3,500	4,5	-1,36
2	4	3,500	4,5	-1,36
3	4	5,000	10,5	2,72
Obsv.	12		6,5	

H = 7,38 GL = 2 P = 0,025

H = 8,25 GL = 2 P = 0,016 (Corregido por Coincidencias)

**b. APARIENCIA DEL PRODUCTO**

Kruskal-Wallis Test para Apariencia del producto

TRATAMIENTO	N	Mediana	Rango	Z
1	4	9,000	5,0	-1,02
2	4	8,500	4,0	-1,70
3	4	10,000	10,5	2,72
Obsv.	12		6,5	

H = 7,54 GL = 2 P = 0,023

H = 8,56 GL = 2 P = 0,014 (Corregido por Coincidencias)

**c. COLOR**

Kruskal-Wallis Test para Color

TRATAMIENTO	N	Mediana	Rango	Z
1	4	10,00	6,0	-0,34
2	4	10,00	6,0	-0,34
3	4	10,00	7,5	0,68
Obsv.	12		6,5	

H = 0,46 GL = 2 P = 0,794

H = 1,10 GL = 2 P = 0,577 (Corregido por Coincidencias)

**d. OLOR**

Kruskal-Wallis Test para Olor

TRATAMIENTO	N	Mediana	Rango	Z
1	4	9,500	6,0	-0,34
2	4	9,500	6,0	-0,34
3	4	10,000	7,5	0,68
Obsv.	12		6,5	

H = 0,46 GL = 2 P = 0,794

H = 0,63 GL = 2 P = 0,730 (Corregido por Coincidencias)



### e. SABOR

Kruskal-Wallis Test para Sabor

TRATAMIENTO	N	Mediana	Rango	Z
1	4	20,00	4,9	-1,10
2	4	20,00	4,1	-1,61
3	4	25,00	10,5	2,72
Obsv.	12		6,5	

H = 7,47 GL = 2 P = 0,024

H = 8,19 GL = 2 P = 0,017 (Corregido por Coincidencias)

### f. TEXTURA

Kruskal-Wallis Test para Textura

TRATAMIENTO	N	Mediana	Rango	Z
1	4	10,00	6,0	-0,34
2	4	10,00	6,0	-0,34
3	4	10,00	7,5	0,68
Obsv.	12		6,5	

H = 0,46 GL = 2 P = 0,794

H = 1,10 GL = 2 P = 0,577 (Corregido por Coincidencias)

### g. ACEPTABILIDAD

Kruskal-Wallis Test para Aceptabilidad

TRATAMIENTO	N	Mediana	Rango	Z
1	4	25,00	5,4	-0,76
2	4	25,00	3,6	-1,95
3	4	30,00	10,5	2,72
Obsv.	12		6,5	

H = 7,86 GL = 2 P = 0,020

H = 9,32 GL = 2 P = 0,009 (Corregido por Coincidencias)

### h. TOTAL

Kruskal-Wallis Test para Total

TRATAMIENTO	N	Mediana	Rango	Z
1	4	87,50	5,4	-0,76
2	4	85,50	3,6	-1,95
3	4	99,50	10,5	2,72
Obsv.	12		6,5	

H = 7,86 GL = 2 P = 0,020

H = 7,94 GL = 2 P = 0,019 (Corregido por Coincidencias)

Anexo 5. Resumen de la tesis de grado "Producción de hongos comestibles en lechos orgánicos en base a subproductos pecuarios y su industrialización" (Oleas, T. 2004).

## RESUMEN

En el laboratorio de biotecnología y microbiología animal de la facultad de ciencias pecuarias, de la ESPOCH, se estudió la producción de hongos *Pleurotus ostreatus*, en lechos de residuos orgánicos, compuesta por diferentes mezclas de contenido ruminal (10%), harina de sangre (5%), cal (1%) y melaza (1%), a la que se añadió diferentes proporciones de paja de cereal (49, 41,5, 34, y 19%) y rastrojo de cosecha (34, 41,5, 49 y 64%); posteriormente se evaluó su industrialización mediante la elaboración de conservas con tres tipos de mezclas a base agua y sal, más ácido cítrico, vinagre y vinagré más especias. Determinándose que el contenido de humedad de los lechos, se mantuvo entre 80 a 83%, al inicio de la siembra como al final de la cosecha, estos cultivos favorecen la degradación de los sustratos como la incorporación de la proteína ya que de 9,5 a 10,8% al inicio, a la cosecha fue de 10,8 a 12,0%, el contenido de fibra presentó un comportamiento inverso por cuanto presentan la capacidad de deslignificar la celulosa de los residuos vegetales. Las mejores producciones (316 y 301gr/lecho), se registraron al emplearse niveles bajos de paja de cebada, el contenido de proteína fue de 28,13 a 28,29%. En la evaluación organoléptica se determinó que al utilizar vinagre más especias, la valoración total fue de muy buena, no así como cuando se utilizó el ácido cítrico y el vinagre que fueron consideradas como buenas, obteniéndose rentabilidades entre 29 y 22% cuando se utilizaron los lechos de las mezclas 3 y 4 (29 y 22%), por lo que se recomienda producir hongos *Pleurotus ostreatus*, en lechos orgánicos compuestos por subproductos pecuarios en base a las siguientes mezclas: cal 1%, melaza 1%, harina de sangre 5%, contenido ruminal 10%, paja de cebada entre 34 y 19% y rastrojo de cosecha entre 49 y 64%, ya que con estas mezclas se alcanzaron mayores producciones y rentabilidades, así como se incorporó al sustrato un mayor contenido proteico.