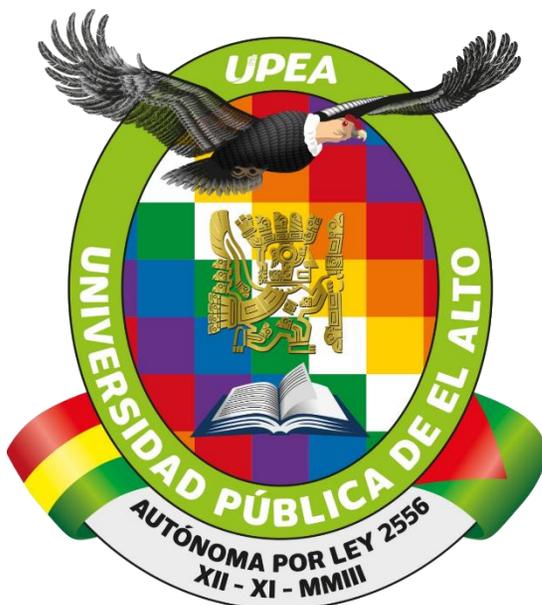


**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO  
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS  
Y RECURSOS NATURALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DE TRES SUSTRATOS AGRÍCOLAS CON  
SUPLEMENTACIÓN DE ALFALFA DESHIDRATADA EN LA  
PRODUCCIÓN DE HONGO OSTRA (*Pleurotus ostreatus*) EN EL  
DISTRITO 7 – EL ALTO**

Por:

**Richard Pari Mamani**

**EL ALTO – BOLIVIA**

**Diciembre, 2024**

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO  
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS  
Y RECURSOS NATURALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DE TRES SUSTRATOS AGRÍCOLAS CON SUPLEMENTACIÓN DE  
ALFALFA DESHIDRATADA EN LA PRODUCCIÓN DE HONGO OSTRAL (*Pleurotus  
ostreatus*) EN EL DISTRITO 7 – EL ALTO**

*Tesis de Grado presentado  
como requisito para optar el Título de  
Ingeniero Agrónomo*

**Richard Pari Mamani**

**Asesores:**

M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez .....

Ing. Sergio Omar Mendoza Pinto .....

**Tribunal Revisor:**

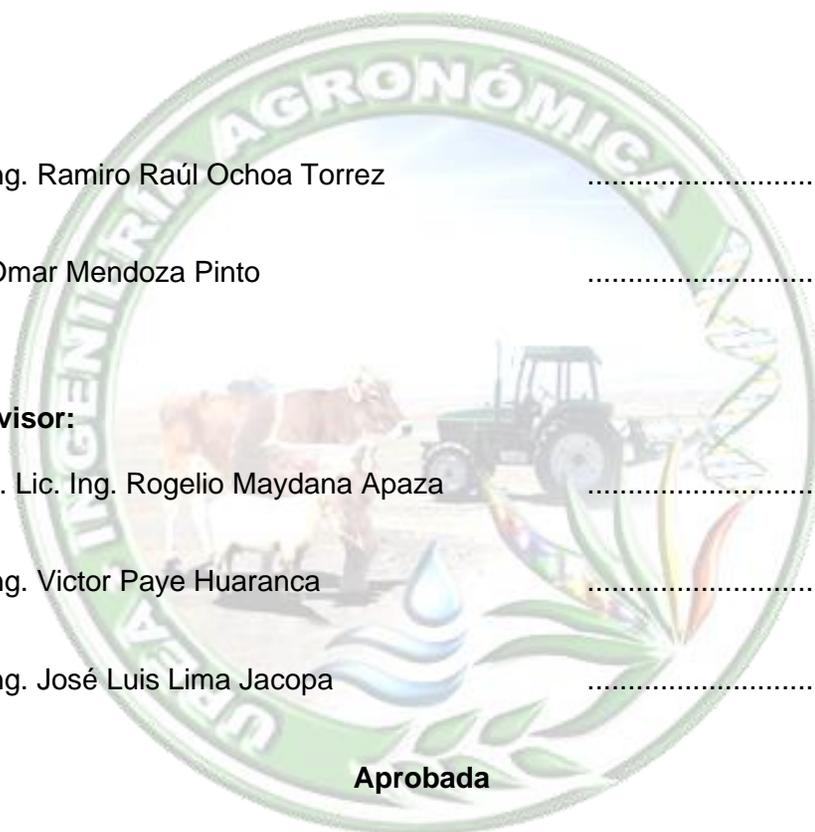
Ph. D. M. Sc. Lic. Ing. Rogelio Maydana Apaza .....

M. Sc. Lic. Ing. Víctor Paye Huaranca .....

M. Sc. Lic. Ing. José Luis Lima Jacopa .....

**Aprobada**

Presidente Tribunal Examinador .....



**DEDICATORIA:**

*A Dios todo poderoso gracias por haberme dado la vida, fuerzas y conocimiento.*

*A mi querida madre: Lauriana Mamani V., gracias por brindarme su apoyo, amor, comprensión y me enseñaron a valorar las cosas y nunca rendirse, que siempre me han confiado en mí. A mi pareja Miriam, por su apoyo y motivación.*

*A mi hermano/a: Moisés Pari M. y Ana Pari M., Quiénes me apoyaron para seguir y lograr todo este trabajo.*

## AGRADECIMIENTOS

Mis infinitos agradecimientos al padre celestial del cielo, por permitirme vivir con salud y darme sabiduría, además de brindarme las fuerzas necesarias todos los días, para alcanzar mis sueños y metas, a mi querida familia por su comprensión el sacrificio y por el apoyo constante en esta etapa de formación profesional.

A la Universidad Pública de El Alto (UPEA), a la Carrera de Ingeniería Agronómica, por haberme acogido y formado en sus aulas durante los años de estudio y a todos los docentes que estuvieron durante la etapa de mi formación académica brindándome sus conocimientos y experiencias.

A la empresa Hifas Cusco S.R.L. productor de hongos comestibles al Lic. Wilfredo quien me facilito las semillas de *P. ostreatus*, material primordial que requirió mi tesis de investigación.

A mis asesores M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez y al Ing. Sergio Omar Mendoza Pinto, por haberme guiado con paciencia y dedicación en el presente trabajo de investigación y por haber formado parte de mi formación profesional, la cual son personas con gran aporte de experiencia profesional.

A los miembros del tribunal, revisor Ph. D. M. Sc. Lic. Ing. Rogelio Maydana Apaza, M. Sc. Lic. Ing. Víctor Paye Huaranca y al M. Sc. Lic. Ing. José Luis Lima Jacopa, por las correcciones realizadas pacientemente dedicando parte de su tiempo su experiencia y profesionalismo al presente documento.

A la Ing. Tania Paredes por su valiosa orientación y apoyo durante el proceso de investigación de mi tesis.

Finalmente, un agradecimiento sincero a todas las personas que me han ayudado directa o indirectamente durante el tiempo de realización y redacción de esta tesis.

## CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS.....	i
ÍNDICE DE CUADROS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	vii
ABREVIATURAS .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x

## ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema .....	2
1.3. Justificación .....	3
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos .....	3
1.5. Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Generalidades de los hongos .....	4
2.2. Hongos comestibles.....	4
2.2.1. Definición .....	4
2.2.2. Clasificación según al sustrato como su alimento .....	5
2.3. <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	5
2.3.1. Generalidades.....	5
2.3.2. Clasificación taxonómica.....	6

2.3.3.	Morfología .....	6
2.3.4.	Ciclo biológico .....	7
2.3.5.	Propiedades y valor nutricional .....	8
2.3.6.	Propiedades medicinales .....	9
2.3.7.	Hábitat natural.....	10
2.3.8.	Requerimiento nutricional.....	11
2.3.9.	Etapas del cultivo .....	14
2.3.10.	Contaminantes, plagas y enfermedades .....	18
2.4.	Sustratos para el cultivo.....	19
2.4.1.	Generalidades de sustratos.....	19
2.4.2.	Selección y adecuación de los sustratos .....	20
2.4.3.	Paja de avena .....	20
2.4.4.	Paja de cebada .....	20
2.4.5.	Paja de trigo.....	21
2.4.6.	Alfalfa deshidratada .....	21
3.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	22
3.1.	Localización .....	22
3.1.1.	Ubicación Geográfica .....	22
3.1.2.	Características Edafoclimáticas .....	22
3.1.3.	Temperatura .....	23
3.1.1.	Humedad relativa .....	23
3.2.	Materiales .....	23
3.2.1.	Material genético.....	23
3.2.2.	Material vegetal.....	23
3.2.3.	Material del escritorio .....	23
3.2.4.	Material de campo.....	23

3.3.	Metodología .....	24
3.3.1.	Tipo de estudio.....	24
3.3.2.	Procedimiento experimental .....	25
3.3.2.1.	Acondicionamiento del ambiente de incubación y fructificación.....	25
3.3.2.2.	Adquisición de micelio de hongo ostra <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	25
3.3.2.3.	Colecta de sustratos agrícolas .....	25
3.3.2.4.	Preparación de sustratos.....	25
3.3.2.5.	Esterilización de sustratos por inmersión .....	25
3.3.2.6.	Oreado de sustratos esterilizados .....	26
3.3.2.7.	Inoculación de micelio o semilla .....	26
3.3.2.8.	Incubación.....	26
3.3.2.9.	Inducción y fructificación .....	27
3.3.2.10.	Cosecha .....	27
3.3.3.	Diseño experimental .....	27
3.3.3.1.	Formulación de tratamientos .....	28
3.3.4.	Variables de respuesta.....	29
3.3.4.1.	Rendimiento .....	29
3.3.4.2.	Eficiencia biológica.....	29
3.3.4.3.	Tasa de producción (%/días).....	29
3.3.4.4.	Diámetro de basidiocarpos.....	29
3.3.4.5.	Porcentaje de biodegradación .....	30
3.3.4.6.	Tiempo de fructificación.....	30
3.3.4.7.	Análisis económico.....	30
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	33
4.1.	Parámetro ambiental.....	33
4.1.1.	Temperatura (°C) .....	33

4.1.2.	Humedad relativa (%).....	34
4.2.	Evaluación de las variables de estudio. ....	35
4.2.1.	Rendimiento.....	35
4.2.2.	Eficiencia biológica.....	39
4.2.3.	Tasa de producción.....	42
4.2.4.	Diámetro de basidiocarpo o sombrero.....	45
4.2.5.	Tasa de biodegradación.....	47
4.2.6.	Tiempo de fructificación .....	50
4.2.7.	Análisis económico de los tratamientos para hongo ostra .....	51
4.2.7.1.	Relación beneficio/costo.....	51
5.	CONCLUSIONES.....	53
6.	RECOMENDACIONES.....	54
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
8.	ANEXOS .....	61

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Contenido nutricional del hongo ostra <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	9
Cuadro 2.	Formulación de los tratamientos en estudio .....	28
Cuadro 3.	Análisis de varianza para el rendimiento del cultivo de hongo ostra en diferentes sustratos.....	36
Cuadro 4.	Análisis comparativo Duncan del rendimiento de hongo ostra en diferentes sustratos.....	36
Cuadro 5.	Análisis de varianza para eficiencia biológica de hongo ostra en diferentes sustratos.....	39
Cuadro 6.	Análisis comparativo Duncan de eficiencia biológica de hongo ostra en diferentes sustratos .....	40
Cuadro 7.	Análisis de varianza para la tasa de producción de hongo ostra en diferentes sustratos.....	43
Cuadro 8.	Análisis comparativo Duncan de la tasa de producción de hongo ostra en diferentes sustratos .....	43
Cuadro 9.	Análisis de varianza para diámetro de basidiocarpos de hongo ostra en diferentes sustratos .....	46
Cuadro 10.	Diámetro de basidiocarpos de hongo ostra en diferentes sustratos .....	46
Cuadro 11.	Análisis de varianza para la tasa de biodegradación en diferentes sustratos con el hongo ostra.....	47
Cuadro 12.	Análisis comparativo Duncan de la tasa de biodegradación en diferentes sustratos con el hongo ostra.....	48
Cuadro 13.	Tiempo de fructificación de hongo ostra en diferentes sustratos.....	51
Cuadro 14.	Análisis de B/C en diferentes sustratos para la producción de hongo ostra ..	52

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1.	Partes de hongo ostra (Sánchez y Royse, 2001) .....	7
Figura 2.	Ciclo de hongo ostra (Sánchez y Royse, 2001).....	8
Figura 3.	Mapa de ubicación distrito 7 (GAMEA, 2016).....	22
Figura 4.	Temperatura registrada en la carpa solar (2023-2024).....	33
Figura 5.	Humedad relativa registrada en condiciones controlada (2023-2024) .....	34
Figura 6.	Rendimiento de hongo ostra en diferentes sustratos.....	38
Figura 7.	Eficiencia biológica de hongo ostra en diferentes sustratos .....	41
Figura 8.	Tasa de producción de hongo ostra en diferentes sustratos .....	44
Figura 9.	Tasa de biodegradación en diferentes sustratos con el hongo ostra .....	49

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1.	Croquis del experimento .....	62
Anexo 2.	Acondicionamiento del ambiente.....	63
Anexo 3.	Preparación y pasteurización de sustratos .....	63
Anexo 4.	Siembra o inoculación.....	64
Anexo 5.	Incubación.....	65
Anexo 6.	Fructificación.....	65
Anexo 7.	Cosecha y empaquetado .....	66
Anexo 8.	Detalle y conformación de los tratamientos .....	66
Anexo 9.	Costos de producción para sustrato paja de avena.....	67
Anexo 10.	Costos de producción para sustrato paja de cebada .....	68
Anexo 11.	Costos de producción para sustrato paja de trigo.....	69
Anexo 12.	Costos de producción para sustrato paja de avena 90% + alfalfa 10% .....	70
Anexo 13.	Costos de producción para sustrato paja de avena 80% + alfalfa 20% .....	71
Anexo 14.	Costos de producción para sustrato paja de cebada 90% + alfalfa 10% .....	72
Anexo 15.	Costos de producción para sustrato paja de cebada 80% + alfalfa 20% .....	73
Anexo 16.	Costos de producción para sustrato paja de trigo 90% + alfalfa 10% .....	74
Anexo 17.	Costos de producción para sustrato paja de trigo 80% + alfalfa 20% .....	75

**ABREVIATURAS**

GAMEA	Gobierno Autónomo Municipal de El Alto
EB	Eficiencia biológica
TP	Tasa de producción
PD	Porcentaje de degradación
HR	Humedad relativa
kg	Kilogramos
msnm	Metros sobre el nivel del mar
C/N	Relación carbono nitrógeno
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
t	Tonelada
Bs	Bolivianos
ANVA	Análisis de varianza
FV	Fuentes de variación
GL	Grados de libertad
CM	Cuadrados medios
SM	Suma de cuadrados
F	Factor de corrección o estadístico F
p-valor	Valor de probabilidad
Sig.	Significancia

## RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en el municipio de El Alto distrito 7 del departamento de La Paz, durante la gestión 2023 en los meses de noviembre - enero de 2024. El objetivo de la investigación fue evaluar tres diferentes sustratos agrícolas (paja de avena, paja de cebada y paja de trigo) con la suplementación de alfalfa deshidratada en la producción de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) con la finalidad de recomendar el mejor sustrato para la producción del cultivo. El procedimiento del presente trabajo se inició con acondicionamiento y desinfección del área experimental, posteriormente se realizó esterilización de los sustratos, la inoculación al 5 % de micelio al peso húmedo de sustrato, la incubación y finalmente fructificación y cosecha. Los resultados se evaluaron con diseño experimental completamente al azar (DCA) con 9 tratamientos y 3 repeticiones haciéndose un total de 27 unidades experimentales. Con análisis estadístico ANVA, con nivel de significancia de 5 %. Las variables que se evaluaron fueron el rendimiento de hongo ostra, eficiencia biológica, tasa de producción, diámetro de basidiocarpos y tasa de biodegradación. Concluyéndose que la utilización de sustrato paja de avena al 100 % T1(A100%) obtuvo mejores resultados en; rendimiento promedio de 815,09 kg de hongo fresco/t de sustrato, eficiencia biológica de 81,51 %, tasa de producción de 1,22 %/día y con diámetro de basidiocarpos de 5,8 cm. En la tasa de degradación el sustrato T7 (C80% + A120%) sustrato (cebada 80% + alfalfa deshidratada 20%) obtuvo mayor tasa de biodegradación de 59,6 %. La producción del cultivo duro de 65 – 85 días, en condiciones de temperatura ambiental de 10 – 32 °C y humedad relativa de 76 – 92 %. En la relación beneficio/costo (B/C) el tratamiento sustrato paja de avena al 100% T1 (A100%) obtuvo el valor más alto con 2,66 Bs mostrándose como el más rentable.

## ABSTRACT

This work was carried out in the municipality of El Alto, district 7, department of La Paz, during the 2023 management in the months of November - January 2024. The objective of the research was to evaluate three different agricultural substrates (oat straw, barley straw and wheat straw) with the supplementation of dehydrated alfalfa in the production of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in order to recommend the best substrate for the production of the crop. The procedure of this work began with conditioning and disinfection of the experimental area, then sterilization of the substrates was carried out, inoculation at 5% of mycelium to the wet weight of the substrate, incubation and finally fruiting and harvesting. The results were evaluated with a completely randomized experimental design (DCA) with 9 treatments and 3 repetitions making a total of 27 experimental units. With ANOVA statistical analysis, with a significance level of 5 %. The variables evaluated were oyster mushroom yield, biological efficiency, production rate, basidiocarp diameter and biodegradation rate. It was concluded that the use of 100% oat straw substrate T1 (A100%) obtained better results in; average yield of 815.09 kg of fresh mushroom/t of substrate, biological efficiency of 81.51 %, production rate of 1.22 %/day and with a basidiocarp diameter of 5.8 cm. In the degradation rate, the T7 substrate (C80% + A120%) substrate (barley 80% + dehydrated alfalfa 20%) obtained a higher biodegradation rate of 59.6 %. The crop production lasted 65 - 85 days, under ambient temperature conditions of 10 - 32 °C and relative humidity of 76 – 92 %. In the benefit/cost ratio (B/C), the 100 % oat straw substrate treatment T1 (A100%) obtained the highest value with 2.66 Bs, showing itself to be the most profitable.

## 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de hongos comestibles en la actualidad se presenta como una alternativa ideal para la obtención de alimentos, sobre todo en países con economías emergentes. *Pleurotus* spp. es uno de los grupos más importantes de hongos comestibles cultivados comercialmente, posicionándose en el segundo lugar a nivel mundial. El 99 % de la producción de *Pleurotus* se concentra en el continente asiático, especialmente en China. En Latinoamérica, la producción comercial se genera mayoritariamente en Brasil, México, Colombia, Argentina y Guatemala (Royse y Sánchez, 2017)

En Bolivia existe muy poco conocimiento de las especies de hongos comestibles, su cultivo y el potencial que representan, por ello y por los bajos niveles de producción existentes, se hace necesaria la implementación de técnicas y tecnología adecuada a nuestro medio (Rojas *et al.*, 2018).

Uno de los hongos comestibles que más se ha estudiado y cultivado durante los últimos años es *Pleurotus ostreatus* debido a la facilidad de cultivo y a su gran potencial económico y calidad nutricional (Oei, 2003). A nivel alimenticio, los hongos comestibles, poseen el doble del contenido de proteínas que los vegetales y disponen de los nueve aminoácidos esenciales, contando con leucina y lisina (ausente en la mayoría de los cereales). Así mismo, poseen alta cantidad de minerales (superando a la carne de muchos pescados), bajo contenido de calorías y carbohidratos (Romero *et al.*, 2010). Además, tiene propiedades medicinales antitumorales, disminuye los niveles de colesterol en la sangre, posee sustancias antioxidantes inmunomodulares (Romero *et al.*, 2000).

Cabe destacar que el cultivo de hongo ostra es muy poco conocido en su consumo y menos cultivadas en la región, en Bolivia solo es cultivado por grandes empresas consiguientemente poseen importantes avances tecnológicos en su producción sin embargo la información y datos que generan son considerados secretos. Además, debido a su sensibilidad a climas fríos, se requiere el uso de carpas solares para asegurar condiciones adecuadas de producción.

### 1.1. Antecedentes

En la Universidad Nacional del Altiplano de Puno en Centro poblado de Yanamayo en su investigación evaluó la Producción de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm) sobre residuos lignocelulósicos. El experimento se condujo bajo un diseño completamente al azar, con 3 tratamientos y 7 repeticiones. Los tratamientos fueron conformados por 3 residuos lignocelulósicos (paja de avena, heno de totora y broza de quinua), que pasaron por el proceso de deshidratación, picado, esterilización, inoculación, fructificación y cosecha. Los resultados obtenidos fueron: a) sustrato paja de avena y heno de totora, tuvieron mejor rendimiento promedio en el hongo ostra con 24,11 y 22,25 %. b) sustrato paja de avena y heno de totora, tuvieron mejor respuesta en la eficiencia biológica con 79,6 y 86,8 % c) En sustrato de heno de totora en el hongo ostra presentó la tasa de productividad más alta con 1,34 %/día. d) con una duración del ciclo productivo de 74 – 105 días. e) El tratamiento con mayor rentabilidad corresponde al sustrato heno de totora con una relación beneficio/costo de 1,7 (Maccapa, 2021).

Por otro lado, Romero *et al.* (2018), en su trabajo evaluó suplementación de alfalfa deshidratada en distintas proporciones en diferentes sustratos de; paja de trigo, cebada, frijol y rastrojo de maíz, en cada unidad de tratamiento con capacidad de 6 kg (peso húmedo). Los sustratos fueron inoculados y después de 28 días de incubación, presentaron un 90 % de colonización del micelio (cepa CP-50 de *P. ostreatus*). La mejor combinación para la producción de setas fue el tratamiento (paja de trigo + 3 kg alfalfa deshidratada) que obtuvo 17,94 kg, el tratamiento que obtuvo la producción más baja fue alfalfa deshidratada con 3,51 kg. La menor Eficiencia biológica (EB) es del residuo paja de frijol con 46,84 %. El “rastrojo de maíz con suplemento de 3 kg de alfalfa” incrementó su EB de 64,30 a 120,91%.

### 1.2. Planteamiento del problema

El problema radica en el escaso conocimiento y en la limitada investigación en nuestro país sobre en el cultivo de hongos comestibles, especialmente en el caso del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*.), a pesar de su alto potencial económico y valor nutricional. La baja demanda de hongos comestibles en Bolivia se debe a la falta de estudios que resalten sus cualidades alimenticias y beneficios, lo que ha impedido el impulso de su producción a mayor escala. Actualmente, solo existen pequeñas producciones que se comercializan en supermercados de los departamentos de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz.

### 1.3. Justificación

El presente trabajo de investigación busca proporcionar alternativas para elegir el mejor sustrato para la producción de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), para ello se evaluó el efecto de tres tipos de sustratos como materia prima en la producción del cultivo de hongo ostra, utilizando materiales lignocelulósicos del lugar, como paja de avena, paja de cebada y paja de trigo, con la suplementación de alfalfa deshidratada en diferentes proporciones como fuente proteica, para incrementar la eficiencia biológica del cultivo y así para obtener un mejor rendimiento de la producción de hongo ostra, bajo condiciones controladas. Con la finalidad de promover la producción de hongo ostra en la región altiplánica, en el distrito 7 – El Alto, ya que esta tiene potencial económico y así también promover su consumo como una alternativa de seguridad alimentaria nutritiva, beneficiosa para la salud humana y amigable con el medio ambiente.

### 1.4. Objetivos

#### 1.4.1. Objetivo general

- Evaluar tres diferentes sustratos agrícolas (paja de avena, paja de cebada y paja de trigo) con la suplementación de alfalfa deshidratada en la producción de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*).

#### 1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de tres diferentes sustratos suplementados con alfalfa deshidratada en el cultivo de hongo ostra (*Peurotus ostreatus*).
- Evaluar la tasa de productividad del cultivo de hongo ostra (*Peurotus ostreatus*) sobre tres diferentes sustratos suplementados con alfalfa deshidratada.
- Determinar el B/C del cultivo de hongo ostra (*Peurotus ostreatus*) sobre tres diferentes sustratos suplementados con alfalfa deshidratada.

### 1.5. Hipótesis

H<sub>0</sub>= El efecto de aplicación de tres diferentes sustratos agrícolas (paja de avena, paja de cebada y paja de trigo) con la suplementación de alfalfa deshidratada no presenta diferencia significativa en la producción de hongo ostra (*Peurotus ostreatus*).

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Generalidades de los hongos**

Mata y Martínez (1998), mencionan que todos los hongos pertenecen al reino Fungí, 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 organismos y su descomposición para alimentarse; estos pueden ser saprófitos, simbióticos o parásitos. Forman hifas las cuales son pequeños 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.

Segundo *et al.* (2019), indican que los hongos son organismos eucariotas, heterótrofos que poseen una pared celular rígida y continua. Son organismos unicelulares como levadura, pluricelulares como hifas y su reproducción es de forma sexual y asexual.

Sánchez (2013), afirma que los hongos son seres microscópicos o macroscópicos, no poseen clorofila y por consiguiente son heterótrofos, viven sobre diversos materiales orgánicos a los cuales descomponen para así alimentarse, son de vital importancia para la reintegración de nutrientes y parte de los ciclos biogeoquímicos. Viven sobre diversos sustratos, absorbiendo moléculas alimenticias que puede ser suelo rico en nutrientes, productos alimenticios manufacturados y cuerpos de las plantas y animales, tanto muertos como vivos. Generalmente están formados por hifas entrelazadas que tienen un aspecto de masas blancas algodonosas, éstas reciben el nombre de micelio y se encuentra enterrado en el sustrato. El micelio es la parte más importante del hongo el cual puede vivir muchos años.

### **2.2. Hongos comestibles**

#### **2.2.1. Definición**

Silva *et al.* (2010), afirman que el cultivo de hongos comestibles ha significado fuente de alimentos, desarrollo agrícola y formación de agroindustrias en muchos lugares del mundo. En países asiáticos, estas producciones son manejadas por pequeños agricultores mediante el reciclaje de sus residuos vegetales y aprovechando la alta demanda de mano de obra que requiere esta actividad.

Garces *et al.* (2005), mencionan que los hongos comestibles poseen un contenido nutricional excelente ya que en ellos se encuentra todos aminoácidos esenciales, ácidos grasos insaturados, azúcares, vitaminas y fibra, además de una amplia diversidad de compuestos que actúan contra las principales enfermedades humanas.

### **2.2.2. Clasificación según al sustrato como su alimento**

Según García (2000) citado por Ramos (2018), lo clasifica de acuerdo con el tipo de sustrato utilizado, se clasifican en:

- Degradador Primario; puede utilizar como sustrato varios tipos de desechos forestales frescos, como pajas de cereales o aserrines y virutas. Entre los hongos cultivados que pertenecen al grupo de los degradadores primarios encontramos al *Pleurotus spp* y al Shitake (*Lentinus edodes*), entre otros. A todos estos hongos se les conoce con el nombre de hongos exóticos y abarcan cerca de 60 especies diferentes.
- Degradador Secundario; los sustratos pueden ser los mismos tipos de desechos anteriormente indicados, pero con un proceso de compostaje previo. Dentro de los hongos cultivados que pertenecen al grupo de los degradadores secundarios encontramos al champiñón (*Agaricus bisporus*). Todos estos hongos se cultivan sobre compost preparado en base a pajas de cereales y estiércol de caballo.

## **2.3. *Pleurotus ostreatus***

### **2.3.1. Generalidades**

Según Olivares *et al.* (2017), las setas pertenecen a la clasificación de los Basidiomicetos, específicamente al género *Pleurotus* y la especie (*Pleurotus ostreatus*). El cuerpo del hongo está constituido por un conjunto de filamentos microscópicos ramificados llamados hifas y al conjunto de ellos micelio. (*Pleurotus ostreatus*) es un hongo saprófito, lo cual significa que se nutre a partir de los residuos de otros seres vivos, comúnmente conocido como hongo ostra. Además, se clasifica dentro de los hongos de pudrición blanca y son potentes agentes biológicos capaces de degradar materiales muy complejos ricos en lignina, celulosa y hemicelulosa. Esto es posible porque, en ambientes favorables que cuentan con condiciones adecuadas de temperatura, luminosidad, humedad relativa, (*Pleurotus ostraetus*) secreta enzimas entre las que se destacan celulasas, lacasas, peroxidasa. Así,

estas enzimas rompen las moléculas de los materiales degradados, convirtiendo estos residuos en alimento.

Una de las principales características organolépticas de este hongo es su aroma característico a anís; tiene un sabor dulce y agradable por lo cual es muy utilizado en la gastronomía. (*Pleurotus ostreatus*), conocido también como hongo ostra, es una especie comestible que degrada la lignina por lo que tiene la habilidad de colonizar cualquier rastrojo o grano. Es factible sembrarlo en cualquier tipo de ambiente y sin necesidad de agregarle fertilizantes químicos. Por esta razón, son conocidos como agentes de descomposición ya que pueden utilizar como fuente de crecimiento cualquier tipo de desecho de plantas, sin someterlas a procesos de degradación (Meneses, 2018).

Según el Niño *et al.* (2021), las especies *Pleurotus* requieren un tiempo de crecimiento corto en comparación con otros hongos. Su cuerpo fructífero no suele ser atacado por enfermedades o plagas y se puede cultivar de una manera simple y económica en ambientes cerrados que demuestran alto rendimiento, El cultivo de *Pleurotus spp* en la industria alimentaria es económicamente importante en todo el mundo, siendo este un tipo de cultivo que se ha expandido en los últimos años es el tercer hongo cultivado más importante para fines alimenticios.

### 2.3.2. Clasificación taxonómica

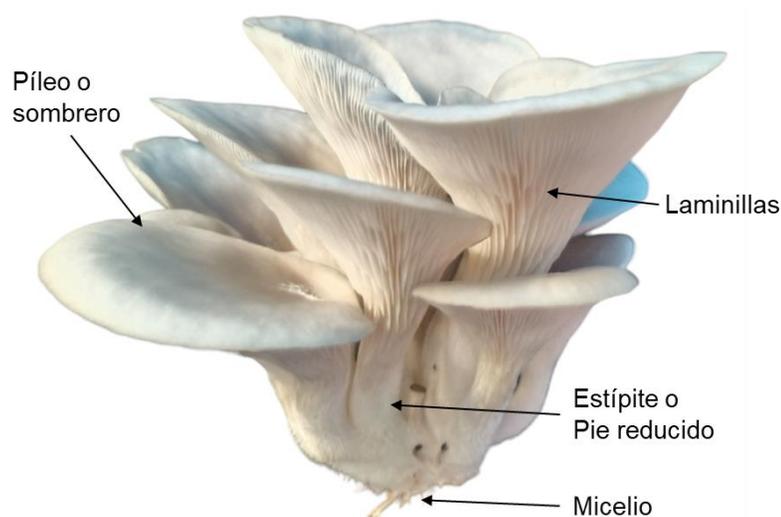
Según Santos (2008), clasifica a la especie de la siguiente manera:

Reino:	Fungi
Filo:	Basidiomycota
Clase:	Agaricomycetes
Orden:	Agaricales
Familia:	Pleurotaceae
Género:	Pleurotus
Especies:	<i>Pleurotus ostreatus</i>

### 2.3.3. Morfología

Olivares *et al.* (2017), indican que el sombrero de seta es redondeado. Su superficie es lisa, abombada y convexa cuando es joven y va aplanándose poco a poco. El borde está

enrollado al principio. Su diámetro oscila entre 5 y 15 cm según la edad del hongo. El color es variable, desde gris claro o gris pizarra hasta pardo y adquiere coloración amarillenta con el tiempo. En la parte inferior del sombrero posee unas laminillas como varillas de paraguas que van desde el pie hasta el borde, dentro de las cuales se producen las esporas destinadas a la reproducción de la especie. Estas esporas son pequeñas, casi cilíndricas, que en conjunto forman masas de polvo de color blanco con cierto tono lila- grisáceo. El pie de la seta suele ser corto, algo lateral, ligeramente duro y blanco. La carne de la seta es blanca y con olor algo fuerte. Donde en la figura 1 muestran las partes de un hongo ostras (*Pleurotus ostreatus*).



**Figura 1. Partes de hongo ostra (Sánchez y Royse, 2001)**

#### **2.3.4. Ciclo biológico**

Las basidiósporas del hongo ostra brotan cuando encuentran sustratos y temperaturas óptimas, pH y humedad favorables para su proliferación. La reproducción de los hongos es de 7 a 8 semanas, comienza cuando los endófitos producen bacterias que dan lugar a hifas (semillas), que a su vez producen hongos. El ciclo termina cuando los hongos maduros liberan esporas y comienzan a pudrirse hasta morir. Los basidiomicetos de los adultos se excretan y se transmiten a través del aire, los insectos, el agua, los animales y otros factores, lo que a su vez conduce y permite que se desarrolle la vida fúngica (Sánchez y Royse, 2001). En donde la figura 2 ilustra el ciclo biológico general de un hongo basidiomiceto.

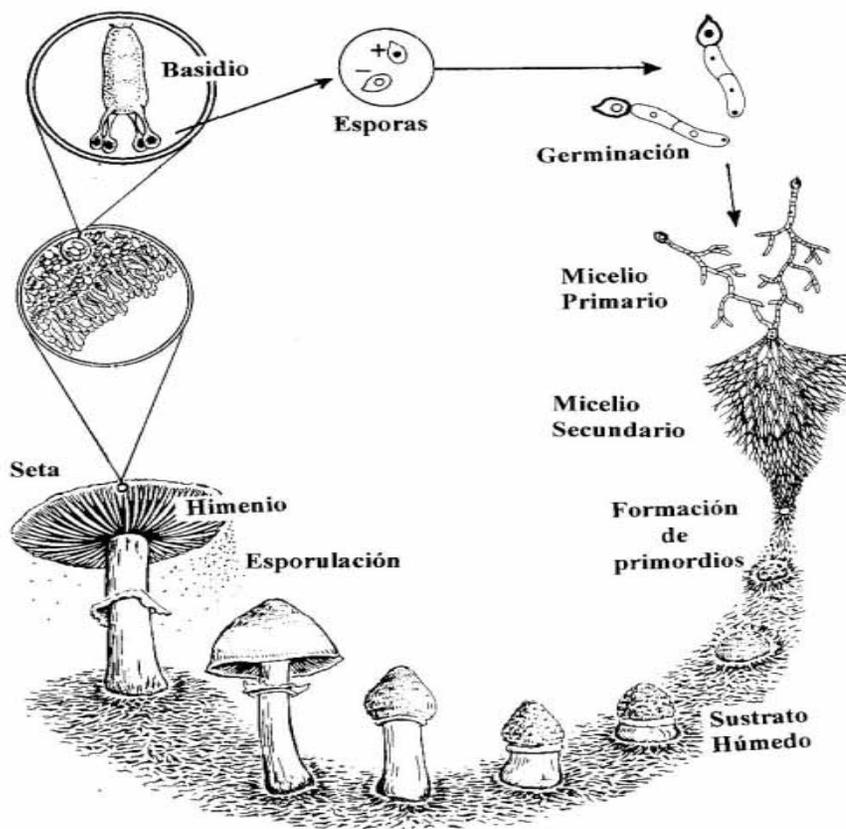


Figura 2. Ciclo de hongo ostra (Sánchez y Royse, 2001)

### 2.3.5. Propiedades y valor nutricional

El hongo comestible *Pleurotus spp.* tiene contenido de proteína casi igual al de maíz, la leche y legumbre. Son una fuente excelente de vitaminas del complejo B tales como vitamina B1 (tiamina), vitamina B2 (riboflavina), ácido nicótico, ácido pantoténico y vitamina B12; con tan solo de 3 gramos de hongos frescos se puede suministrar la dosis necesaria diaria de vitamina B12 excelente para contrarrestar la anemia, contienen también vitamina C, K, A y E en pequeñas cantidades; los contenidos de vitamina D niacina son casi equivalentes a niveles encontrados de carne de cerdo. Estos hongos también contienen fuentes de minerales como potasio, fósforo, calcio, magnesio, hierro y cobre, además de ácido fólico una sustancia que disminuye la obstrucción arterial, previniendo enfermedades coronarias e infartos (Alcalde y Salgado, 2001).

El hongo (*Pleurotus ostreatus*), conocido también como el hongo ostra, gírgola, setas, orellanas, orejón, constituye una magnífica fuente de proteínas por contener hasta 35 %,

este dato es significativo si se compara con el contenido en el arroz 7 %, en el trigo 13,2 % y en la leche 25,2 %, todos expresados en peso seco. La humedad de los hongos es alta, en general se considera alrededor del 90 % (proteína 3,5 a 4 % de su peso fresco). Las proteínas de los hongos tienen todos los aminoácidos esenciales y son ricos en lisina y leucina, las cuales están en muy poca cantidad o ausentes en la mayoría de los vegetales fibrosos. Además, contienen minerales, vitaminas como la B1, B2, B12, C, D, niacina y ácido pantoténico, así como ácidos grasos insaturados y un bajo contenido calórico. También se caracteriza por tener propiedades antioxidantes e inmunomoduladoras por la presencia de  $\beta$ -glucano en su composición química (Ruilova y Hernandez, 2014), que se muestra en el cuadro 1 algunos elementos nutricionales.

**Cuadro 1. Contenido nutricional del hongo ostra *Pleurotus ostreatus***

SUSTANCIAS	%
Agua	92.20
Materia seca	7.80
Ceniza	9.50
Grasa	1.00
Proteína bruta	39.00
Fibra	7.50
Fibra cruda	1.40
Nitrógeno total	2.40
Calcio	33mg/100g
Fosforo	1.34mg/100g
Potasio	3793mg/100g
Hierro	15.20mg/100g
Acido ascórbico. Vit. C	90 - 144mg/100g
Tiamina. Vit. B1	1.16 - 4.80mg/100g
Niacina. Vit. B5	46 - 108.7mg/100g
Ácido fólico	65mg/100g

Fuente: Romero *et al.*, (2000)

### 2.3.6. Propiedades medicinales

Machaca (2021), menciona que el consumo frecuente de hongos beneficia la salud y bienestar general, sobre todo en los que se refiere a la prevención de las enfermedades que comúnmente ocasionan las dietas inadecuadas.

Según Cheung (2008) citado por Romero (2015), menciona algunas de las propiedades medicinales que se han encontrado al *Pleurotus spp.*: como propiedades inmoduladoras, antitumorales, cardiovasculares, antivirales, antibacterianas, anticolesterol y antidiabéticas.

### **2.3.7. Hábitat natural**

Según Sánchez (1994) citado por Huamán (2023), menciona que como todo ser vivo, este hongo es susceptible a cambios en la temperatura, humedad, ventilación y luz, entre otros y que son precisamente, los factores ambientales más importantes que se deben considerar y controlar a lo largo del proceso de cultivo de los hongos. Las condiciones varían según la etapa del proceso y según el hongo, por lo que es importante conocer las necesidades específicas de la especie a cultivar. Generalmente, el mantenimiento de estas condiciones para su producción semi o industrial requiere de la construcción de un invernadero.

#### **a) Temperatura (°C)**

Pérez (2006), señala que la mayoría de los hongos son mesófilos, por lo que crecen a temperaturas entre 5 y 40 °C. Generalmente el rango de temperatura óptima se encuentra entre 25 y 33 °C para el crecimiento del micelio. Fructifican a 28 °C.

#### **b) Humedad relativa (%)**

Pérez (2006), menciona que el crecimiento máximo del micelio de la mayoría de las especies de *Pleurotus* ocurre a una humedad relativa entre 60 – 95 %, en el caso específico de *P. ostreatus* se ha observado que su humedad es mejor entre 80 – 85 %.

#### **c) pH**

Pérez (2006), menciona que los hongos tienen un rango amplio de pH, en el que pueden crecer, pero la mayoría de ellos prefieren un medio ácido para su desarrollo. El pH adecuado para el crecimiento de micelio de *Pleurotus* oscila entre 6.0 - 7.0 y fructifica entre 6.5 - 7.0.

#### **d) Luminosidad (Lux)**

Pérez (2006), manifiesta que las especies de *Pleurotus* para el crecimiento de micelio requieren oscuridad y para la fructificación requieren luz de longitudes de onda corta (cargado hacia el color azul del espectro) aproximadamente 150 - 200 lux.

Sánchez y Royse (2001), señalan que el género *Pleurotus* es sensible a la luz intensa, que esta puede perjudicar a la producción de cuerpos fructíferos.

### **e) Oxígeno**

Pérez (2006), indica que como la mayoría de los hongos son organismos aerobios, su respiración se produce cuando existe presencia de oxígeno.

### **f) Ventilación o aireación**

Meneses (2018), señala que el ambiente donde se encuentra el hongo debe ser ventilado, pero sin el riesgo que el hongo se pueda poner en contacto con partículas contaminantes. Por ello, es necesaria una aireación artificial que permita sacar el CO<sub>2</sub>. Como el hongo *Pleurotus* soporta altas concentraciones de dióxido de carbono con colocar un ventilador pequeño que circule 3 o 4 veces la habitación por día será suficiente.

### **2.3.8. Requerimiento nutricional**

Los materiales utilizados para el cultivo de (*Pleurotus ostreatus*), están constituidos de compuestos lignocelulósicos, los cuales están formados por celulosa y hemicelulosa enlazadas mediante lignina, un polímero aromático altamente oxigenado, con un esqueleto de fenilpropano que se repite. Sobre esta matriz se deposita una mezcla de compuestos de bajo peso molecular llamados extractivos (Olivares *et al.*, 2017).

#### **a) Celulosa**

Según Olivares *et al.* (2017), la celulosa es el compuesto más simple encontrado en el material lignocelulolítico de las plantas, es el polímero más abundante en la biosfera. Está compuesto por un polímero de residuos de D-glucosa unidos por enlaces beta 1,4. Debido a su estructura las cadenas de celulosa esta unidas por puentes de hidrógeno intermoleculares formando agregados (microfibrillas). La celulosa es una molécula que da estructura y soporte a la planta y forma un cristal empaquetado que es impermeable al agua, por lo cual es insoluble en agua y resistente a la hidrólisis. Los hongos Macromycetes pueden degradar la celulosa por medio de la producción de enzimas como son endo- $\beta$ -1,4-glucanasa y endo- $\beta$ -1,4-glucosidasa.

Álvarez *et al.* (2013), mencionan que la celulosa es un homopolisacárido compuesto por unidades de D-glucosa que están unidas por enlaces glicosídico, la celulosa es la estructura básica de las células de las plantas y el principal componente es pared celular.

Según Chang y Miles (2004), mencionan que el *Pleurotus ostreatus* utiliza celulosa como principal fuente de carbono. La celulosa debe representar entre 35-50% del peso seco del sustrato, estas cifras son consistentes con las composiciones de residuos agrícolas como la paja de trigo, bagazo de caña y cáscaras de maíz.

### **b) Hemicelulosa**

Álvarez *et al.* (2013), aseveran que las hemicelulosas son heteropolisacáridos constituidos por unidades diferentes de monosacáridos (pentosas, hexosas y ácido urónicos) unidos entre sí por enlaces glicosídicos. La estructura de las hemicelulosas es, en el caso general, amorfa. Estas moléculas se asocian con la celulosa mediante interacciones polisacárido-polisacárido.

Martin (1981), indica que los hongos macromycetos tienen la capacidad de degradar la hemicelulosa mediante la producción de enzimas como xilanasas, galactasas, manasas, arabinosas y gluconasas.

Según Philippoussis *et al.* (2001), mencionan que el (*Pleurotus ostreatus*) requiere la hemicelulosa entre 10 a 30 %, que son altamente adecuados para el cultivo de este hongo.

### **c) Lignina**

Según Álvarez *et al.* (2013), la lignina es una molécula que resulta de la unión de varios ácidos y alcoholes fenilpropílicos (cumarílico, sinapílico y coniferílico). Estos radicales se acoplan de manera aleatoria dando origen a una estructura tridimensional polímero amorfo. Los ciclos aromáticos de la lignina están unidos entre ellos por ciclos furano o enlaces éter.

De acuerdo a Martin (1981), la lignina es responsable de la rigidez de las plantas y de sus mecanismos de resistencia al estrés y ataques microbianos. En las plantas la ligninasa encuentra químicamente unida a la hemicelulosa. Los hongos macromycetos pueden degradar mediante la producción de las enzimas como son las lacasa, lignina peroxidasa, y manganeso peroxidasa.

Según Chang y Miles (2004), la lignina constituye entre el 10 a 20 % del sustrato seco, siendo una fuente secundaria de carbono. Si bien no es directamente utilizada por el hongo, su degradación permite el acceso a los carbohidratos estructurales. Sin embargo, niveles superiores al 30% pueden inhibir el crecimiento micelial.

#### **d) Carbono**

Sánchez y Royse (2001), afirman que el carbono es necesario para los hongos porque es la fuente directa de energía para su metabolismo, necesario para la formación de las diferentes partes y estructuras celulares, este elemento es el que requiere en mayores cantidades. El carbono puede ser utilizado por el hongo a partir de diferentes fuentes como polímeros, carbohidratos, lípidos, etc.

#### **e) Nitrógeno**

Monterroso (2007), menciona que los sustratos sobre los que suelen fructificar las especies de *Pleurotus* pueden contener valores bajos de nitrógeno por lo que se ha llegado a pensar que este género es capaz de fijar nitrógeno atmosférico. Sin que esto haya sido demostrado, si es notorio que la concentración en nitrógeno en el cuerpo fructífero en algunos casos es mayor que la del sustrato sobre el crece. Las especies de *Pleurotus* tienen la capacidad de crecer sobre fuentes inorgánicas de nitrógeno, como nitrato de potasio o la urea, aunque se observa que prefieren las fuentes orgánicas para su crecimiento óptimo.

#### **f) Relación carbono/nitrógeno**

Los hongos del género *Pleurotus*. Pueden crecer con relaciones C/N entre 30 y 300 pero necesita una selectividad biológica (microbiota protectora y no 25 competidora). La relación C/N óptima del sustrato depende de la fase en la que se encuentra el hongo, altas relaciones C/N favorecen el crecimiento del micelio y bajas relaciones favorecen el desarrollo de cuerpos fructíferos (Sánchez y Royse 2001).

Philippoussis *et al.* (2001), indican que el nitrógeno es esencial en un rango de 0.5-2% del peso seco del material vegetal, dependiendo del suplemento utilizado, como harina de alfalfa o urea. Además, una proporción C:N de 20:1 a 30:1 es óptima para equilibrar el crecimiento micelial y la formación de cuerpos fructíferos; esta relación asegura un uso eficiente del carbono y nitrógeno disponibles. (Ragunathan *et al.*, 2000).

#### **g) Compuestos fenoles o polifenoles**

Álvarez *et al.* (2013), afirman que son sustancias químicas considerados metabolitos secundarios de las plantas, con diferentes estructuras químicas y actividades. Su forma más frecuente es la de polímeros o lignina insoluble. La distribución de los compuestos

fenólicos en los tejidos y células vegetales varía considerablemente de acuerdo al tipo de compuesto químico que se trate, situándose en el interior de las células o en la pared celular. Sus principales funciones en las células vegetales son las de actuar para el crecimiento y reproducción de las plantas, y como agentes protectores frente a la acción de patógenos, siendo secretados como mecanismo de defensa. La actividad antioxidante de los compuestos fenólicos tiene interés desde un punto de vista tecnológico y nutricional, actuando como componentes naturales de los alimentos. Entre los compuestos fenoles encontramos lignanos, neolignanos, flavonoides y taninos, etc.

### **2.3.9. Etapas del cultivo**

Aguilar y Martha (2003) citado por Cárdenas (2015), asevera que es posible realizar el cultivo de setas por diferentes técnicas, pero en todas ellas lo fundamental consiste en sembrar el micelio sobre un sustrato húmedo, leñoso, rico en celulosa, al cual se le aplica algún tratamiento térmico (pasteurización y/o fermentación); posteriormente se incuba manteniéndolo envuelto en plástico; luego se coloca en sitios húmedos y frescos, hasta que se dé el desarrollo de los carpóforos (fructificación), y por último, se pasa a la etapa de cosecha.

#### **a) Obtención de Semilla**

Montenegro y Stuardo (2021), mencionan que la propagación del micelio en semillas a partir del inóculo primario, Consiste en la propagación del micelio en semillas estériles, a partir de una cepa ya crecida, es decir, es la multiplicación del micelio para disponer de una mayor cantidad para su siembra en el sustrato elegido para la producción de hongos. El inóculo secundario es el que se usa para la siembra y fructificación de las setas. Si el inóculo no se emplea inmediatamente puede ser almacenado de preferencia en oscuridad y refrigeración a 5 °C hasta por tres meses, aunque lo recomendable es utilizarlo después de 1 semana de estar en refrigeración.

#### **b) Selección y preparación de sustratos**

Según, Montenegro y Stuardo (2021), la elección y preparación del sustrato es fundamental para tener una buena producción de hongos comestibles. Para el crecimiento del hongo Ostra, casi cualquier subproducto vegetal es un potencial sustrato. Para ello, es

indispensable conocer la disponibilidad y abundancia del mismo en la región donde se piensa cultivar el hongo, así como el precio de adquisición y que sea fácil de transportar

Cisterna (2003), menciona que como sustrato se puede emplear una gran variedad de residuos lignocelulósicos entre ellos pajas de cereales y residuos agroindustriales (desechos de maíz, hojas, etc.), como también subproductos de la industria Maderera (aserrín, viruta) y madera sólida. En este último caso, se debe evitar especies resinosas o de alta durabilidad natural, pues pueden generar un producto de gusto fuerte y desagradable, o dificultar el crecimiento del hongo. La selección del sustrato de cultivo dependerá, principalmente, de las exigencias nutricionales del hongo, de su disponibilidad tanto temporal como geográfica y también de la tecnología que se utilice para acondicionarlo.

Según Montenegro y Stuardo (2021), indican que cortar la paja en segmentos de 5-10 cm, por medio de una chipeadora eléctrica u otro sistema que cumpla la misma función. Esto permitirá una mejor retención de humedad en el sustrato, que el micelio del hongo invada el sustrato con mayor facilidad y evitará que las bolsas se rompan en el momento de la siembra posteriormente vierta la paja molida en un recipiente como olla grande o tambor de metal y llene el tambor u olla con agua hasta cubrir la paja, a veces esta flota, por lo que puede ponerle una piedra o tabla de peso encima para que no suba y lograr sumergirla, dejar hidratando por 12 horas.

### **c) Esterilización de sustrato**

Montenegro y Stuardo (2021), indica que antes de sembrar el micelio, es necesario someter el sustrato a un tratamiento previo de pasteurización, que consiste en aplicarle calor para disminuir los microbios que lleva y de esta manera, evitar que éstos compitan por espacio y nutrientes con el hongo que queremos cultivar. También hay que verificar que los sustratos que se vayan a utilizar en el cultivo no hayan sido previamente tratados con plaguicidas o fungicidas.

Cisterna (2003), indica que con este tipo de procedimientos se obtiene lo que se llama una “desinfección total”, ya que los sustratos de cultivo se someten a temperaturas cercanas a los 120 °C durante 30 minutos como mínimo, siendo recomendable usar 45 minutos. Para lograr esto, se utiliza una presión de vapor de 15 psi al interior de autoclaves actividad que debe ser desarrollada por personal entrenado. La gran ventaja de este sistema de

tratamiento térmico es que se eliminan casi por completo todos los microorganismos que pueda tener el sustrato de cultivo, disminuyendo considerablemente los riesgos de contaminación y las pérdidas de sustrato durante la etapa de incubación.

- **Esterilización en agua**

Cisterna (2003), afirma que la paja picada sin humedecer se coloca al interior de tambores que contengan agua a 80 °C y se mantiene sumergida en ella durante una hora. Para asegurarse de mantener la temperatura constante se debe contar con un termómetro confiable y con una fuente de calor que permita aumentar o disminuir su intensidad. Este método evita la pérdida de nutrientes que se produce cuando se utiliza agua hirviendo (esterilización).

- **Esterilización en vapor**

Cisterna (2003), comenta que es un conjunto de procedimientos en los cuales los sustratos de cultivo son sometidos a temperaturas inferiores a los 100 °C y a presiones de vapor nunca superiores a la presión atmosférica.

#### **d) Inoculación**

Aunque existen diversos utensilios y métodos para la siembra del hongo en el sustrato, aquí solo se describe la técnica manual en bolsas de plástico, por su sencillez y escaso material requerido, es una de las de más fácil adaptación a las condiciones propias de cada planta. Para la siembra del hongo se requiere un área cerrada, limpia, provista de una mesa o superficie con cubierta de fácil lavado, desinfectada con una solución de alcohol comercial de 96° diluido en agua (70 % de alcohol, 30 % de agua). En esta mesa se deposita la paja previamente pasteurizada y escurrida. La siembra se inicia cuando el sustrato se enfría a la temperatura no mayor de 30 °C. En bolsas de plástico transparentes y nuevas se procede a intercalar manualmente capas alternas de sustrato y semilla, tratando de que la mezcla sea uniforme y evitando dejar áreas sin cubrir de semilla (Gaitán *et al.*, 2006).

#### **e) Incubación**

Según Gaitán *et al.* (2006), mencionan que el proceso de incubación para el desarrollo de micelio en hongos debe realizarse en un ambiente limpio, utilizando estantes metálicos dentro de un cuarto con una temperatura controlada entre 25 a 28 °C. Las bolsas con el

sustrato, después de ser cerradas, se colocan en este espacio oscuro, dónde se revisan diariamente para garantizar el desarrollo adecuado del hongo. Al tercer día se debe observar una masa blanca, indicativa de la recuperación del micelio, que se extenderá progresivamente cubriendo todo el sustrato en aproximadamente 2 a 3 semanas. Durante este tiempo, es importante revisar frecuentemente para identificar posibles contaminaciones, cómo otras especies de hongos, bacterias o presencia de insectos cómo mosquitos. En caso de contar con un espacio específico para la incubación, este cuarto debe mantener condiciones de temperatura y humedad adecuadas sin exceder los niveles óptimos, ya que el micelio no quiere iluminación. La duración total de la colonización, que suele variar en según el tamaño de la bolsa y el tipo de sustrato, tarda entre 15 a 25 días en completarse en la oscuridad en condiciones controladas.

#### **f) Inducción**

Según IMiBio (2019), la inducción ocurre una vez completado el proceso de incubación, en este punto se busca estimular la producción de las estructuras de reproducción. Para eso el micelio debe recibir cambios en las condiciones ambientales (inducción por estrés), tales como aumento en el ciclo de luz, disminución de la temperatura (15 - 18 °C), variaciones en el porcentaje de gases CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> (dióxido de carbono y oxígeno).

#### **g) Fructificación**

IMiBio (2019), menciona que durante este proceso se desarrollan las estructuras de reproducción o cuerpos fructíferos, que son la parte comestible y que generalmente llamamos "hongo". Durante 15 - 20 días en condiciones de Humedad de 85 - 95 %, con temperatura de 18 - 22 °C, ciclos alternados de 12 horas de iluminación/oscuridad, 4 a 6 renovaciones de aire por hora. Es necesario controlar en este punto la presencia de plagas como moscas, roedores e insectos que pueden ocasionar pérdidas de producción o disminuir la calidad final del producto.

#### **h) Cosecha**

Barba y López (2017), indican que la temperatura ambiental se debe mantener entre 20 y 26°C, la frecuencia de riego debe incrementarse cuando se presentan las fructificaciones, se sugiere el riego por aspersión de gota fina. El área de producción permanecerá ventilada, se recomienda cambiar el aire de 2 a 3 veces por día porque las altas concentraciones de

bióxido de carbono repercuten en un desarrollo anormal de los carpóforos. En época de frío, deberá tenerse cuidado con los cambios de temperatura y riego. Para efectuar la cosecha, el corte se hace con una navaja desde la base del pie, cuando el sombrero tiene una consistencia compacta y está totalmente extendido, pero sin tener el margen enrollado hacia arriba.

Gaitán *et al.* (2006), aseveran que la primera cosecha puede durar entre 1 a 3 días, posteriormente habrá un tiempo de receso de una a dos semanas para que se produzca el siguiente corte, durante el cual es importante mantener las condiciones ambientales adecuadas de temperatura, iluminación y humedad, para evitar daños o contaminación de las muestras. En promedio y dependiendo de la variedad de hongo y substrato, las bolsas de setas producen entre 2 a 4 cosechas, pero las más importantes son las dos primeras, ya que es donde se producen la mayor cantidad de fructificaciones (alrededor del 90 %).

### **2.3.10. Contaminantes, plagas y enfermedades**

Este es uno de los principales problemas a los que se enfrentan los productores de setas. Los contaminantes aparecen por lo general en la fase de incubación y esto es debido principalmente a la mala pasteurización del substrato, al mal manejo del mismo o a la falta de higiene en el momento de la siembra (Gaitán *et al.*, 2006).

#### **a) Contaminantes**

Según Gaitán *et al.* (2006), los contaminantes generalmente son, los hongos (mohos), bacterias y levaduras siendo los de mayor importancia los hongos como *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Neurospora*, *Mycogone* y *Coprinus*, entre otros. Estos hongos aparecen en forma de manchas verdes, amarillentas, negras y/o naranjadas sobre el substrato, invadiéndolo de forma rápida y evitando el crecimiento micelial de las setas. Su presencia se ve favorecida por la alta humedad en el ambiente y en el substrato, así como por alta temperatura, luz directa y substrato mal pasteurizado, entre otros.

#### **b) Plagas**

Constituyen insectos que atacan a los cultivos tanto en incubación como en el área de producción, atraídos por el olor del substrato, estos insectos son de las llamadas (moscas de los hongos) como los Dípteros del género *Lycoriella* que ponen sus huevecillos en el substrato donde en un principio se alimentan del micelio del hongo y después de las

fructificaciones adultas. Otros insectos comunes en los cultivos de setas son las llamadas (catarinas): pequeños escarabajos de los géneros *Mycotretus* y *Pseudyschirus* que se comen los hongos en desarrollo (Gaitán *et al.*, 2006).

### **c) Enfermedades**

De acuerdo Gaitán *et al.* (2006), las enfermedades que se manifiestan en las fructificaciones son causadas en gran medida por bacterias y virus. Estos microorganismos se propagan rápidamente a través del agua, de insectos o utensilios sucios, por lo que su tratamiento y control es realmente difícil. Las enfermedades se favorecen con la humedad excesiva, el calor y una escasa ventilación, provocando que, en los píleos de los hongos, aparezcan zonas de color amarillo, anaranjado o café, que se pudren con rapidez y despiden un mal olor, afectando los rendimientos de producción. Una de las principales bacterias que causan estas manchas en las fructificaciones son las *Pseudomonas*.

## **2.4. Sustratos para el cultivo**

Según IMiBio (2019), menciona que el sustrato es el material orgánico donde se siembra la “semilla” del hongo. Se pueden utilizar todos los vegetales, o partes de ellos, ricos en lignina y celulosa; tales como pajas de cereales, maderas, tocones, ramas, aserrín, subproductos de agroindustrias, pulpa o borra de café, y bagazos de caña de azúcar. Es recomendable hacer una combinación de sustratos en diferente proporción, para incrementar la producción de hongos. El sustrato debe ser rico en contenidos de carbono y nitrógeno. Los sustratos pueden conformarse con un solo tipo de subproducto, o una mezcla de varios. Las mezclas mejoran la estructura del sustrato, la disponibilidad y accesibilidad de los nutrientes y permiten obtener diferentes relaciones carbono/nitrógeno o diferentes aportes de micronutrientes.

### **2.4.1. Generalidades de sustratos**

Gaitán *et al.* (2006), afirman que en el grupo de las Gírgolas y el Shiitake, la fuente de carbono está constituida por la lignina y la celulosa, presentes en diversos esquilmos agrícolas (pajas, rastrojos), desechos agroindustriales (bagazos de caña de azúcar, maguey tequilero, henequén, pulpa de café), y/o forestales (aserrín y viruta de diversas maderas). Las especies de *Pleurotus spp.* crecen de manera aceptable en diversos sustratos lignocelulósicos, por lo que pudiera pensarse que una cepa dada crecerá bien en

cualquier sustrato posible. Esto no es cierto; existe una interrelación cepa-sustrato que debe respetarse para obtener rendimientos óptimos. Cada cepa tiene sus capacidades y requerimientos propios por lo que una vez que se han definido los componentes óptimos del sustrato, deben evitarse los cambios, a menos que hayan sido investigados previamente.

#### **2.4.2. Selección y adecuación de los sustratos**

Para elegir el material más adecuado como sustrato para el cultivo de hongos comestibles deben tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones: Que haya disponibilidad suficiente y continua. Las características fisicoquímicas. La regularidad en su composición físico-química. Un precio de adquisición ventajoso. Localización fácil y cercana. Material fácilmente transportable y manejable (Rodríguez y Jaramillo, 2004).

#### **2.4.3. Paja de avena**

Córdova (1971) citado por Huamán (2023), la avena es un importante cultivo cerealero en las zonas templadas del mundo. Las avenas de invierno se usan extensamente para pastura y heno, siendo deseables para este fin las siguientes características: crecimiento vigoroso de las plantas, abundante ahijamiento y abundante. Las variedades de hábito erguido producen más forraje al principio del otoño, pero menos en los meses de invierno, que las variedades de hábito postrado. Comúnmente las variedades de hábito erguido son menos resistentes a las bajas temperaturas que las de hábito postrado. Esto los hace menos deseables para pastoreo afines de otoño y en invierno. Las variedades altas y de crecimiento vigoroso producen rendimiento más alto de heno que las de paja corta.

Según Baena (2005), la paja de avena contiene entre 28 - 42 % de celulosa, 23 - 38 % de hemicelulosa y de 12 - 21 % de lignina. Con una materia orgánica de 92,5 %, con un nitrógeno total de 0,58 %, con grasa bruta de 1,8 %, con una fibra bruta de 31,1 % y con una relación C/N de 92,5 % según (CIES) citado por (Sánchez y Royse, 2001).

#### **2.4.4. Paja de cebada**

Según Hernández *et al.* (1994), la paja de cebada de cereales presenta el residuo procedente de cultivos de agrícolas de mayor producción mundial, está constituida por el conjunto de tallos y hojas que quedan después de ser cosechado. La paja de cebada contiene una composición química bromatológica, de 36,25 % de celulosa, 30,64 % de

hemicelulosa y 9,08 % de lignina, constituyéndose con un 87,44% de materia seca, 90,44 % de materia orgánica, 2,63 % de proteína bruta y con 44,10 % de fibra bruta.

según CIES citado por Sánchez y Royse (2001). Indica que contiene un 0,46 % nitrógeno total, un 119 % de relación carbono/nitrógeno, 94,4 % de materia orgánica y 41,8 % de fibra bruta.

#### **2.4.5. Paja de trigo**

Según Klee (1983), la paja de trigo es superada en composición química por otros cereales, ocupando uno de los últimos lugares. El mejoramiento del valor nutritivo de las pajas se está abordando en diferentes países por métodos físicos, químicos y biológicos. En todo caso se puede generalizar que es un alimento pobre en proteína, minerales y vitaminas y de baja digestibilidad. Pero su valor nutritivo mejora supliendo estas deficiencias en la formulación de raciones. La paja de trigo mejora su valor nutritivo cuando se suplementa con recursos proteicos y energéticos.

La paja de trigo contiene una composición química en base a (% materia seca) de 31. 1 % de celulosa, 21,7 % de hemicelulosa, 8,3 % de lignina, 91.4% de materia seca, 83.3 % de materia orgánica, 4 % de proteína cruda y con 1.3 % de extracto etéreo (López *et al.*, 2000). Constituyéndose con 0,47 % de nitrógeno total y con un 112,3 % de relación carbono/nitrógeno. CIES citado por (Sánchez y Royse, 2001).

#### **2.4.6. Alfalfa deshidratada**

Iralda (2020), afirma que la alfalfa (*Medicago sativa*) es una especie de planta herbácea perteneciente a la familia de las fabáceas o leguminosas que se utiliza ampliamente en alimentación animal. Esta leguminosa aportar una gran riqueza de fibra y proteína de calidad. La alfalfa deshidratada es la alfalfa picada y secada (mediante aire caliente). Al efectuar el secado en el trombel, la hoja se deshace un poco y en función del corte al que corresponde queda más o menos fina (parece harina).

López *et al.* (2000), reportan que la alfalfa contiene composición química de (% en materia base seca) con una materia seca de 90,9 %, materia orgánica de 87,4 %, proteína cruda 19,4 % y un extracto etéreo de 1.1 % constituyéndose con bajos porcentajes de celulosa (11.8 %) y lignina (8.5 %).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización

##### 3.1.1. Ubicación Geográfica

El presente estudio fue efectuado durante el mes de noviembre del 2023 a enero del 2024 en un ambiente controlado localizado en la zona/San Roque – distrito 7 perteneciente al municipio de El Alto, provincia Murillo del Departamento de La Paz. Geográficamente se ubica a 3860 msnm de latitud  $16^{\circ} 28' 13.8''$  Sur y longitud  $68^{\circ} 16' 10.1''$  Oeste. (Google Earth 2022).



Figura 3. Mapa de ubicación distrito 7 (GAMEA, 2016)

##### 3.1.2. Características Edafoclimáticas

Según el GAMEA (2016), indica que el clima de la Ciudad de El Alto es frío seco. la precipitación media anual es de 560mm y la evapotranspiración potencial anual es de 1112 mm. El invierno es seco mientras que en el verano (diciembre, enero, febrero y marzo) llueve frecuentemente. En los últimos años se observado una tendencia hacia una mayor precipitación. La presión barométrica es el 65 % de la presión media al nivel del mar. Los vientos son constantes, aunque más intensos en el mes de agosto. La velocidad de los vientos varía entre 7 a 77 km/h.

### **3.1.3. Temperatura**

La temperatura promedio es de 7.7 °C, con una máxima de 15.7 °C y una mínima de 8 °C. La variación de la temperatura radica por el cambio de altura, ya que a medida que se incrementa la altura, la temperatura disminuye (GAMEA, 2016).

### **3.1.1. Humedad relativa**

Educa (s.f.), menciona que la humedad relativa en el Municipio Alteño varía entre 54% hasta 47%. En el distrito 7, la humedad relativa promedio es inferior al 50%, esto está asociada a la menor precipitación anual y temperaturas más bajas en comparación con otras áreas.

## **3.2. Materiales**

### **3.2.1. Material genético**

- Semilla o micelio de *Pleurotus ostreatus* variedad Florida, obtenida de la empresa Hifas Cusco

### **3.2.2. Material vegetal**

- Paja de avena
- Paja de cebada
- Paja de trigo
- Alfalfa deshidratada

### **3.2.3. Material del escritorio**

- Planilla de registro
- Hojas bon
- Bolígrafo

### **3.2.4. Material de campo**

- Termohigrómetro

- Termómetro
- Medidor CO<sub>2</sub>
- Ventilador
- Balanza de precisión
- Machete
- Alcohol
- Mechero de alcohol
- Cilindro esterilizador
- Estanterías
- Cuchillo
- Bolsas polipropileno de 23μ
- Leguillas
- Cocina
- Hipoclorito de sodio
- Barbijo
- Guantes de goma
- Gas

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Tipo de estudio**

Este presente trabajo de investigación es de carácter experimental debido a que se estudió tres diferentes sustratos agrícolas (paja de avena, paja de cebada, y paja de trigo) con la

suplementación de alfalfa deshidratada en la producción de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*).

### **3.3.2. Procedimiento experimental**

#### **3.3.2.1. Acondicionamiento del ambiente de incubación y fructificación**

Se acondicionó el ambiente de producción, teniendo en cuenta que el cultivo de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) es altamente exigente en términos de temperatura, humedad, ventilación y luz indirecta durante las etapas de incubación y fructificación. Estos parámetros fueron cuidadosamente controlados para asegurar un ambiente óptimo para el crecimiento del hongo.

#### **3.3.2.2. Adquisición de micelio de hongo ostra *Pleurotus ostreatus***

El micelio de hongo ostra, variedad Florida, fue adquirido del laboratorio de la empresa Hifas Cusco S.R.L., ubicado en Cusco, Perú. Este micelio fue utilizado como inóculo en los sustratos preparados para la incubación y posterior fructificación del hongo.

#### **3.3.2.3. Colecta de sustratos agrícolas**

Se recolectaron tres tipos de sustratos vegetales en cantidades de 5.5 kg cada uno: paja de avena, paja de cebada y paja de trigo. La paja de avena y cebada fue proporcionada por un agricultor de la comunidad de Milluni, mientras que la paja de trigo fue adquirida de las instalaciones de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto (UPEA). Además, se adquirió forraje verde de alfalfa, que fue secado, molido y utilizado como suplemento en el proceso de preparación de sustratos.

#### **3.3.2.4. Preparación de sustratos**

Los materiales vegetales recolectados fueron picados en trozos de 2 a 3 cm. Posteriormente, se remojó durante 24 horas para asegurar su adecuada hidratación. Una vez hidratados, los sustratos fueron oreados para eliminar el exceso de humedad.

#### **3.3.2.5. Esterilización de sustratos por inmersión**

Para efectuar la esterilización se utilizó un turril metálico, se procedió mediante el proceso de método llamado “baño maría”, los sustratos previamente oreados se le agregó 1 % de

cal agrícola para equilibrar el pH y evitar el desarrollo de otros microorganismos, posteriormente han sido sumergido en el agua y luego se procedió a calentar hasta llegar a una temperatura de 80 °C donde se controló con un termómetro de tipo barrila de altas de temperaturas, por el tiempo de 6 horas, con el fin de eliminar competidores y contaminantes.

#### **3.3.2.6. Oreado de sustratos esterilizados**

Los sustratos esterilizados se trasladaron a un ambiente previamente ya esterilizado con amonio cuaternario al 5 %, donde se ha realizado el oreado por lapso de un día hasta obtener una humedad aproximada del 60 % para ello se comprobó la humedad adecuada haciendo la prueba del puño.

#### **3.3.2.7. Inoculación de micelio o semilla**

La inoculación de micelio se calculó al 5 % de su peso húmedo del sustrato es decir (granos de trigo con micelio por cada bolsa de sustrato húmedo), que se distribuyó uniformemente en la bolsa de polipropileno (30 x 50 cm) en cada estratos de 5 cm de altura. Posteriormente, las bolsas fueron cerradas con una leguilla para evitar la contaminación externa, para más detalles ver el anexo 8.

#### **3.3.2.8. Incubación**

Durante la fase de incubación, se implementaron estrictas prácticas de asepsia. Antes de ingresar al ambiente de incubación, se desinfectaron los calzados y las manos con alcohol al 70 %. Las bolsas inoculadas fueron colocadas en un ambiente esterilizado con amonio cuaternario al 5 %, y se les realizaron perforaciones de 1 cm de diámetro en cuatro lados de cada bolsa para favorecer el intercambio gaseoso y la activación del micelio. Las condiciones de temperatura y humedad relativa en el ambiente de incubación fueron monitoreadas constantemente, con temperaturas que oscilaron entre 10 °C y 32 °C y una humedad relativa de 76 % a 92 %. La fase de incubación duró entre 26 a 31 días, hasta que el micelio colonizó completamente los sustratos, mostrándose en una coloración blanquecina.

### **3.3.2.9. Inducción y fructificación**

En esta etapa todos los sustratos colonizados con micelio se trasladaron al ambiente de fructificación, donde se han colocado con distanciamientos de 20 cm entre bolsas o bloques distribuidos al azar y luego se realizó cortes longitudinales de una pulgada a cada bolsa.

Se monitoreo la temperatura, humedad y la ventilación para favorecer la formación de los primordios y tanto el desarrollo de los cuerpos fructíferos. Para una mejor ventilación se abrió 5 ventanas que tuvo el ambiente por un tiempo de 7 horas.

El ambiente de fructificación ha logrado mantener entre 10°C – 32 °C para mantener la temperatura nocturna se tuvo que cerrar las ventanas del ambiente todos los días a partir de las 4 de la tarde. Para mantener la humedad relativa de 80 a 92 %, se dio riego tres a cuatro veces al día con micro nebulizadores.

### **3.3.2.10. Cosecha**

La cosecha de los cuerpos fructíferos se realizó manualmente, con las manos previamente desinfectadas. Los carpóforos se retiraron de las bolsas mediante un giro leve de los mismos. Posteriormente, los cuerpos fructíferos fueron pesados en una balanza y registrados como peso fresco en gramos. Los productos cosechados se empaquetaron en bandeja de poliestireno, con un peso neto de 200 gramos para su comercialización. Esta operación se repitió en tres oleadas de cosecha, según la disponibilidad de los cuerpos fructíferos.

### **3.3.3. Diseño experimental**

Los datos en la presente investigación fueron analizados mediante análisis de varianza (ANVA) bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), con 9 tratamientos a base de sustratos agrícolas (paja de avena, cebada y trigo) suplementados con alfalfa deshidratada. Se realizaron con 3 repeticiones por tratamiento, haciéndose un total de 27 unidades experimentales. Los promedios se compararon mediante la prueba de Duncan con un nivel de significancia del 5 %.

El modelo lineal aditivo se realizó según el modelo descrito por (Ochoa, 2016).

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Respuesta de la  $i$  – ésima variable

$\mu$  = Media general

$T_i$  = Efecto asociado al  $i$  – ésima tratamiento

$\epsilon_{ij}$  = Error experimental

### 3.3.3.1. Formulación de tratamientos

Los tratamientos se definieron en diferentes proporciones de sustratos agrícolas y codificados para cada uno de los tratamientos, tal como se detalla en el cuadro 2. Que cada unidad experimental está representada por una bolsa contenido de 670 g de sustrato seco más el micelio de hongo ostra en función al peso húmedo del sustrato. Las proporciones de alfalfa deshidratada se basó en base a la investigación del Romero *et al.* (2018), que utilizaron proporciones de suplemento de alfalfa deshidratada de hasta 50%, en este estudio se optó por utilizar proporciones más bajas, oscilando entre 10% y 20%.

**Cuadro 2. Formulación de los tratamientos en estudio**

TRATAMIENTO	PROPORCION O NIVELES DE SUSTRATOS	CODIGO	No REPETICIONES
T1	Avena 100%	A	3
T2	Cebada 100%	C	3
T3	Trigo 100%	T	3
T4	Avena 90% - alfalfa deshidratada 10%	A+ Al 10%	3
T5	Avena 80% - alfalfa deshidratada 20%	A+ Al 20%	3
T6	Cebada 90% - alfalfa deshidratada 10%	C+ Al 10%	3
T7	Cebada 80% - alfalfa deshidratada 20%	C+ Al 20%	3
T8	Trigo 90% - alfalfa deshidratada 10%	T+ Al 10%	3
T9	Trigo 80% - alfalfa deshidratada 20%	T +Al 20%	3

### 3.3.4. Variables de respuesta

#### 3.3.4.1. Rendimiento

En cada cosecha se registraron los valores del peso fresco de hongo ostra por cada unidad experimental y se elevaron a la unidad de kg de hongo fresco por tonelada de sustrato (Galindo, 1991). Los valores de rendimiento se calcularon con la siguiente formula:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso de hongo fresco (kg)}}{\text{Peso de sustrato humedo (t)}}$$

#### 3.3.4.2. Eficiencia biológica

Según Sanchez y Royse (2001) indica que la eficiencia biológica consiste en la producción de cuerpos fructíferos, es decir, bioconversión de la energía y la biodegradación del sustrato. Se expresa en porcentaje y se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\text{E. B.} = \frac{\text{Peso de basidiocarpos frescos (kg)}}{\text{Peso de sustrato seco (kg)}} \times 100\%$$

#### 3.3.4.3. Tasa de producción (%/días)

Esta variable relaciona la eficiencia biológica y el tiempo en días para completar un ciclo del cultivo a partir de la siembra en el sustrato, Reyes et al (2004). La tasa de producción expresada en porcentaje se calculó individualmente para cada tratamiento, incluido los tres cosechas y sus tres repeticiones registrando los valores obtenidos de la eficiencia biológica y el número de días que se necesitó para completar su periodo productivo a partir de la siembra.

Según Sánchez y Royse (2001), señala que la tasa de producción indica el potencial productivo diario de un determinado hongo después de ser sembrado. Valores de tasa de producción se calcularon con la siguiente formula:

$$\text{T. P.} = \frac{\text{Eficiencia biologica (\%)}}{\text{Tiempo de produccion (días)}}$$

#### 3.3.4.4. Diámetro de basidiocarpos

Se tomaron datos del diámetro de los píleos o basidiocarpos cosechados por cada unidad

experimental, de las tres cosechas realizadas y se registró el tamaño promedio del total de los basidios evaluados.

#### **3.3.4.5. Porcentaje de biodegradación**

Se registró el peso seco inicial y peso seco final de cada uno de los tratamientos (sustratos) esta evaluación se realizó antes del inicio de inóculo, y después de la última cosecha, para determinar la tasa de biodegradación se usó la siguiente fórmula:

$$P. D. = \frac{\text{Peso sustrato seco inicial} - \text{Peso sustrato seco final}}{\text{Peso sustrato seco inicial}} * 100$$

#### **3.3.4.6. Tiempo de fructificación**

Se registró los datos, como el número de días transcurridos desde la siembra (inoculación del sustrato) hasta la aparición de los primordios, así como el tiempo hasta la realización de la primera, segunda y tercera cosecha en todas las unidades experimentales.

#### **3.3.4.7. Análisis económico**

En la presente investigación para análisis económico, se empleó el método de los costos totales de producción e ingresos totales tras la venta de hongos frescos para cada tratamiento, para determinar el mejor comportamiento de sustratos agrícolas del experimento.

Se determinó la relación Beneficio/Costo, propuesta por Cusi (2010), la cual establece que, si el ingreso es igual a los gastos, el beneficio resultante es cero, lo que se representa como una relación B/C igual a uno. Si el ingreso supera los gastos, se genera beneficios en la producción lo que en la relación B/C corresponderá a un número mayor a uno.

- **Costos variables (Bs)**

Para este variable se determinó en bolivianos (Bs), para determinar los costos variables se consideró todos los costos correspondientes de los insumos comprados que varían en cada tratamiento y se realizó la sumatoria de estos para cada tratamiento mediante esta fórmula representada.

$$CV = \Sigma \text{Insumos/Tratamiento}$$

- **Costos fijos (Bs)**

Los costos fijos son aquellos costos que se mantienen para cada campaña de producción, estos costos no cambian a corto plazo, aunque la producción aumente o disminuya.

Según Cusi (2010), menciona que los costos fijos son gastos de la actividad que no dependen del nivel de bienes y servicios producidos por la empresa. Con frecuencia se hace referencia a ellos con el término de costos generales, por ejemplo, el costo de; infraestructura, equipos, materiales de laboratorio, tanques, etc.

- **Costos de producción**

Se considera el costo total de las sumatorias de los costos fijos y los costos variables para cada tratamiento, sirve para determinar el monto total que se ha efectuado en una producción.

- **Beneficio bruto (Bs/kg)**

El beneficio bruto se expresa en bolivianos (Bs), es la representación de la cantidad de producto del rendimiento por tratamiento multiplicado por el precio de producto. Se determinó mediante la ecuación dada de la siguiente forma:

$$BB = R * PP$$

Donde:

BB = Beneficio bruto

R = Rendimiento.

PP = Precio del producto.

- **Beneficio neto (Bs)**

El beneficio neto se expresó en bolivianos (Bs) que representa el valor de ingreso bruto menos el costo de producción. Se determinó mediante la ecuación:

$$BN = BB - CP$$

Donde:

BN = Beneficio neto

BB = Beneficio bruto.

CP = Costo de producción.

- **Relación beneficio/costo (B/C)**

La relación beneficio costo es un indicador económico, que compara los ingresos obtenidos por la venta de hongos frescos con los costos de producción, se calcula dividiendo el valor total del ingreso bruto entre el valor total de costos de producción.

Según Cusi (2010), detalla, que el B/C mayor a 1 permite recuperar la inversión inicial y se adquiere la ganancia adicional, pero mientras B/C es igual a 1 solo se recupera las inversiones y no existe margen de ganancia y si en caso de que el B/C sea menor a 1 simplemente se desaprovechan las inversiones.

$$B/C = BB/CP$$

Donde:

B/C = Relación beneficio/costo

BB = Beneficio bruto

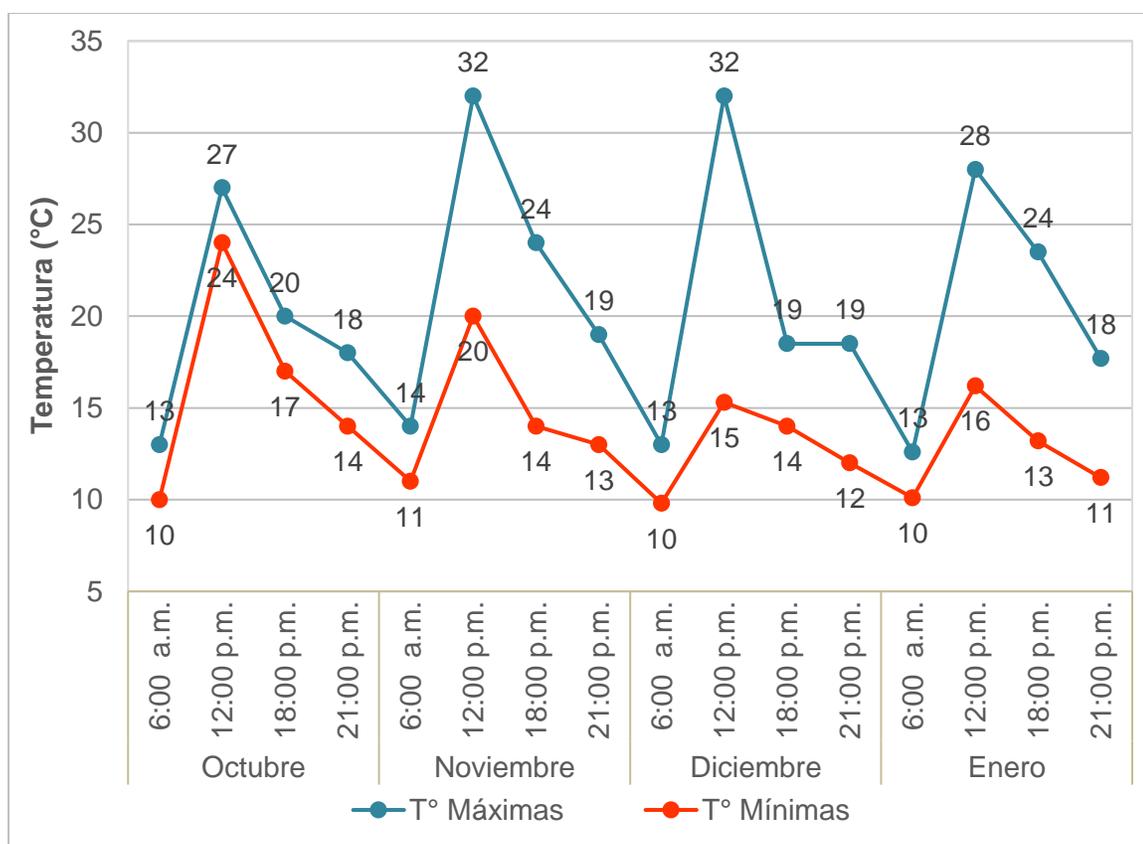
CP = Costo de producción.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Parámetro ambiental

#### 4.1.1. Temperatura (°C)

La medición de los datos de la temperatura se registró diariamente, en los horarios de 6:00, 12:00, 18:00 y 21:00 horas, con un termohigrómetro ambiental de máximas y mínimas, las lecturas se tomaron en cuenta a partir desde la fase de incubación hasta la fructificación del cultivo, desde el mes de octubre hasta enero del año 2024 (figura 4).



**Figura 4. Temperatura registrada en la carpa solar (2023-2024)**

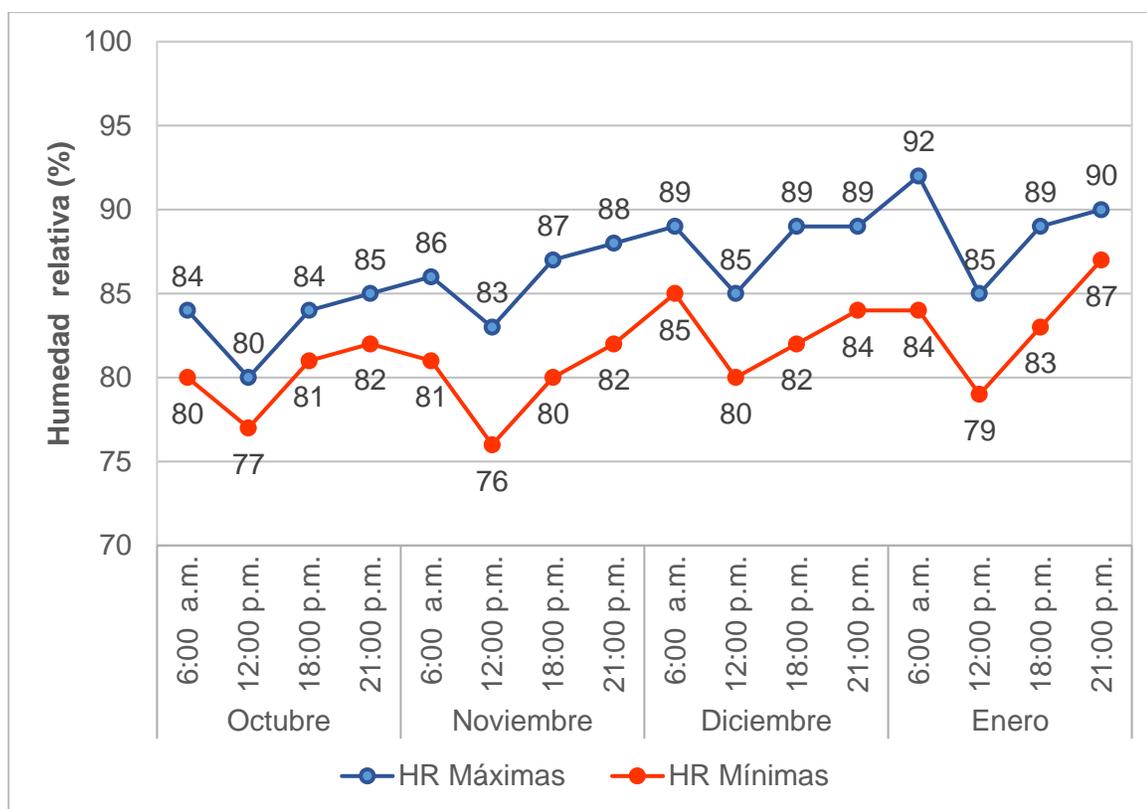
Como se observa en la figura 4, los datos de temperatura en condiciones controladas se registraron a nivel de ambiente de fructificación con temperaturas mínimas de 10 °C y máximas de 32 °C. este factor fue vital en el desarrollo y fructificación, influyó directamente en el rendimiento del cultivo de hongo ostra.

Por su parte Pérez (2006), señala que generalmente el rango de temperatura óptima para crecimiento micelar es de 25 a 33 °C y para fructificación 28 °C la óptima para su mejor desarrollo de hongo (*P. ostreatus*).

Por lo tanto, las temperaturas máximas obtenidas fueron aceptables para el micelio y para la fructificación del cultivo, mientras las temperaturas mínimas no fueron favorables, la cual retardó el crecimiento de micelio en horas frío en algunos tratamientos, afectó directamente el tiempo de fructificación y la cosecha. cabe mencionar que la variedad del micelio que se usó es tolerante a temperaturas bajas según el proveedor.

#### 4.1.2. Humedad relativa (%)

La medición de los datos de la humedad relativa, fueron registrados diariamente en los horarios de 6:00, 12:00, 18:00 y 21:00 horas con un termohigrómetro ambiental de máximas y mínimas, las lecturas correspondientes se realizaron desde la fase de incubación hasta la fructificación del cultivo, iniciada del mes octubre hasta enero (figura 5).



**Figura 5. Humedad relativa registrada en condiciones controlada (2023-2024)**

Como se observa en la figura 5, los datos de humedad relativa en condiciones controladas se registraron a nivel de ambiente de fructificación con humedad relativa mínima de 76 % y máximas de 92 %, factor muy importante que fue para el desarrollo del cultivo de hongo ostra y vital en la fase fructificación.

Por su parte Pérez (2006), señala que el crecimiento máximo del micelio de la mayoría de las especies de *Pleurotus* ocurre a una humedad relativa entre 60 - 95 %, en el caso específico de (*P. ostreatus*) hace mención que su humedad relativa es mejor entre 80 – 85 %.

Según IMiBio (2019), indica que en la fase de fructificación de (*P. ostreatus*) necesita condiciones ideales de humedad relativa entre 85 % y 95 %.

Por lo tanto, la humedad relativa máxima se encuentra en los rangos óptimos para la fase de crecimiento y fructificación, mientras la humedad relativa mínima de 76 % no afectó negativamente el crecimiento del hongo ostra, lo que se sugiere que el cultivo puede tolerar cierta variabilidad en la humedad.

Cabe mencionar, las humedades relativas mínimas se presentaron en horarios del medio día, el cual no se mantuvo en largas horas. Con estas condiciones de humedad relativa en el presente estudio fue efectivo para el desarrollo del cultivo de hongo ostra, vital en la fase de fructificación.

## **4.2. Evaluación de las variables de estudio.**

### **4.2.1. Rendimiento**

El rendimiento se determinó en kg/t que representa la cantidad de hongo fresco producida por cada tonelada de sustrato seco utilizado en el cultivo. En el cuadro 3, se observa el análisis de varianza, su influencia de diferentes sustratos agrícolas con la suplementación de alfalfa deshidratada en el rendimiento del cultivo de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), se concluye que, si existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos, comprobando que la aplicación del suplemento alfalfa deshidratada influyó en el rendimiento. Además, el coeficiente variación es de 11,75 %, indica que los datos obtenidos se encuentran dentro de los parámetros de confiabilidad.

**Cuadro 3. Análisis de varianza para el rendimiento del cultivo de hongo ostra en diferentes sustratos**

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Sig.
Tratamientos	8	252684,67	31585,58	4,75	0,0029	**
Error	18	119606,1	6644,78			
Total	26	372290,77				

CV = 11,75 %

(\*\*) = Altamente significativo

Por otra parte, en el cuadro 4, se aprecia el análisis de prueba de Duncan para las medias del rendimiento de hongo ostra, realizada a un nivel de significancia de 5 %. En donde los tratamientos se conformaron en tres grupos, encontrándose en el primer grupo los tratamientos (sustratos) T1 (A100%), T4 (A90% + AI10%), T5 (A80% + AI20%), T7 (C80% + AI20%), T6 (C90% + AI10%), y T2 (C100%) son estadísticamente iguales y superiores a los de más tratamientos, mientras en el segundo grupo se presentó el tratamiento T9 (T80% + AI20%), constituyéndose en el tercer grupo, los tratamientos T8 (T90% + AI10%) y T3 (T100%) presentaron rendimientos más bajos, estadísticamente inferiores a los demás tratamientos.

**Cuadro 4. Análisis comparativo Duncan del rendimiento de hongo ostra en diferentes sustratos**

Sustratos agrícolas con suplementación de alfalfa deshidratada (%)	Promedio (kg/t)	Duncan ( $\alpha = 5\%$ )	
T1 (A100%)	815,09	A	
T4 (A90% + AI10%)	808,18	A	
T5 (A80% + AI20%)	744,33	A	
T7 (C80% + AI20%)	721,67	A	
T6 (C90% + AI10%)	715,59	A	
T2 (C100%)	708,40	A	
T9 (T80% + AI20%)	660,59	A	B
T8 (T90% + AI10%)	561,08		B C
T3 (T100%)	510,23		C

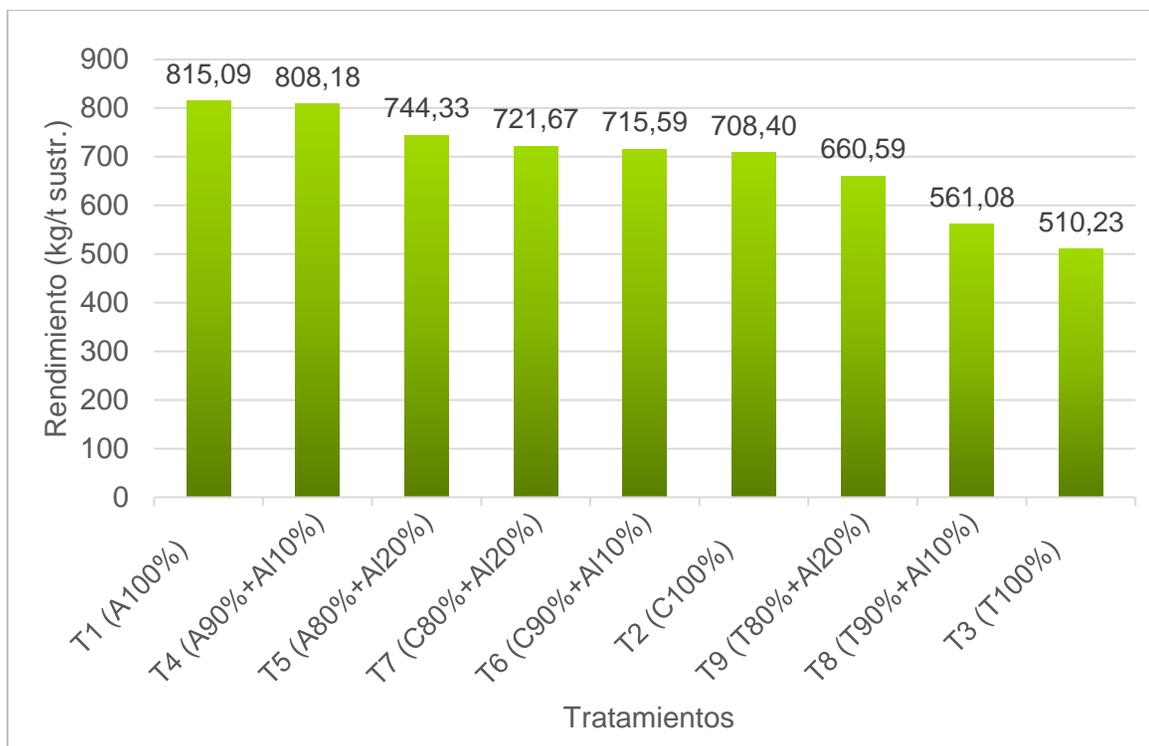
En la Figura 6, se observa los tratamientos (sustratos) T1 (A100%), T4 (A90% + A110%), T5 (A80% + A120%), T7 (C80% + A120%), T6 (C90% + A110%), y T2 (C100%) presentaron rendimientos mayores en promedio con (815,09 kg/t, 808,18 kg/t, 744,33 kg/t, 721,67 kg/t, 715,59 kg/t, y 708,40 kg/t) respectivamente. Sin embargo, presentaron rendimientos bajos en promedio fueron los T8 (T80% + A110%) y T3 (T100%) con 561,08 kg/t y 510,23 kg/t, por otra parte, el tratamiento T9 (T90% + A120%) presentó un promedio de 660,59 kg/t encontrándose como el intermedio.

Los tratamientos T1, T4, T5, T7, T6 y T2 sustratos a base de paja de avena y cebada tantos sustratos suplementados con 10 % y 20 % de alfalfa deshidratada, agrupados en el primer grupo, presentaron rendimientos altos, debido a que la paja de avena y paja de cebada tiene un contenido alto de celulosa, hemicelulosa y lignina como fuente de carbono. Por otra parte, los sustratos avena suplementados con alfalfa no contribuyó en el rendimiento, debido al exceso de nitrógeno, que perjudica el metabolismo del hongo. Mientras los sustratos cebada suplementados con alfalfa incremento moderadamente en el rendimiento, debido a que la alfalfa contiene niveles altos de nitrógeno. Sin embargo, los tratamientos T8 y T3, sustratos a base de paja de trigo agrupados en tercer grupo, presentaron rendimientos más bajos, debido a la menor concentración de celulosa, lignina y nitrógeno en la paja de trigo en comparación con la paja de avena. Aunque la suplementación con alfalfa al 10 % y 20% mejoró ligeramente el rendimiento.

Según Ortega *et al.* (2005), mencionan que los sustratos con altos contenidos de celulosa y hemicelulosa favorecen el crecimiento y rendimiento del hongo (*Pleurotus ostreatus*), al ser fuentes clave de carbono para el micelio.

Zadrazil (1980), señala que el contenido de nitrógeno en el sustrato es crítico. Niveles bajos limitan el crecimiento del micelio y la formación de cuerpos fructíferos, mientras que un exceso puede generar acumulación de amoníaco, inhibiendo el desarrollo del hongo.

Según Sánchez (2009), Menciona que una deficiencia de nitrógeno en el sustrato limita la biosíntesis de proteínas necesarias para el crecimiento del micelio mientras que un exceso puede resultar en efectos tóxicos debido a compuestos derivados del nitrógeno como el amoníaco.



**Figura 6. Rendimiento de hongo ostra en diferentes sustratos**

Sin embargo, el rendimiento más alto que ha obtenido es el tratamiento T1 (A100%) sustrato paja de avena con un promedio de 815,09 kg/t, en condiciones de temperatura de ambiente de 10 a 32 °C y humedad relativa 76 a 92 %. Resultado superior a los hallazgos reportados por Maccapa (2021), quien logró un rendimiento de 796 kg/t en sustrato paja de avena, en condiciones de temperatura de 9 a 15 °C y humedad relativa de 60 a 70 %. Además, los tratamientos T4 (Avena 90 % + Alfalfa deshidratada 10 %) y T5 (Avena 80 % + Alfalfa deshidratada 20 %) mostraron rendimientos significativos de 808,16 kg/t y 744,33 kg/t). Cabe mencionar que no se encontraron estudios previos que evalúen la combinación de avena y alfalfa deshidratada como sustrato en la producción de hongo ostra.

Por otro parte, los tratamientos T7 (C80% + Al20%), T6 (C90% + Al10%) sustratos correspondientes a la paja de cebada suplementados con alfalfa deshidratada y tratamiento T2 (C100%) sin suplementación alcanzaron rendimientos de 721,67 kg/t, 715,59 kg/t y 708,40 kg/t en promedio. Estos resultados sugieren que la suplementación con alfalfa deshidratada tiene un efecto positivo en el rendimiento del hongo, cómo también fue reportado por, Romero *et al.* (2018), en su estudio observaron que, al emplear 3 kg de paja de cebada suplementada con 3 kg de alfalfa deshidratada, se alcanzó un rendimiento de

13,32 kg de hongo fresco, en cambio paja de cebada sin suplementación reportó un rendimiento de 10,22 kg. Esto confirma que la suplementación de alfalfa deshidratada contribuye al incremento del rendimiento del cultivo.

En cuanto, los tratamientos sustratos paja de trigo suplementados con alfalfa deshidratada T9 (T80% + A120%) y T8 (90% + A10%) lograron rendimientos de 660,59 kg/t y 561,08 kg/t en promedio, superando al tratamiento T3 (T100%) paja de trigo sin suplementación que registró un rendimiento menor de 510,23 kg/t. Esto evidencia que la adición de alfalfa deshidratada en el sustrato enriquece su valor nutricional y como resultado incrementó en el rendimiento. Estos hallazgos coinciden con Romero *et al.* (2018), quienes reportaron que, al aplicar 3 kg de paja de cebada suplementada con 3 kg de alfalfa deshidratada, generó un rendimiento de 17.94 kg de hongo fresco, frente a la paja de trigo sin suplementación que generó 12,87 kg. Por tanto, la alfalfa deshidratada se presenta como un suplemento beneficioso para optimizar la producción.

#### 4.2.2. Eficiencia biológica

En el cuadro 5, se observa el análisis de varianza, la influencia de sustratos agrícolas con suplementación de alfalfa deshidratada, en la eficiencia biológica del cultivo de hongo ostra. Los resultados muestran diferencias altamente significativas entre los tratamientos en cuanto a la eficiencia biológica. Además, el coeficiente de variación calculado es de 11,75 %, indica que los datos obtenidos se encuentran dentro de los parámetros de confiabilidad.

**Cuadro 5. Análisis de varianza para eficiencia biológica de hongo ostra en diferentes sustratos**

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Sig.
<b>Tratamientos</b>	8	2526,31	315,79	4,75	0,0029	**
<b>Error</b>	18	1196,03	66,45			
<b>Total</b>	26	3722,34				

C.V. = 11,75 %

(\*\*) = Altamente significativo

Se puede observar en el cuadro 6, para análisis de prueba de Duncan para las medias de eficiencia biológica del cultivo de hongo ostra, realizada a un nivel de significancia de 5 %. Donde se conformaron en tres grupos, encontrándose en el primer grupo los tratamientos

(sustratos) T1 (A100%), T4 (A90% + AI10%), T5 (A80% + AI20%), T7 (C80% + AI20%), T6 (C90% + AI10%), y T2(C100%) son estadísticamente iguales y superiores a los de más tratamientos, presentándose en el segundo grupo el tratamiento T9 (T80% + AI20%). Los tratamientos T8 (T90% + AI10%) y T3 (T100%) se presentaron en el tercer grupo.

**Cuadro 6. Análisis comparativo Duncan de eficiencia biológica de hongo ostra en diferentes sustratos**

Sustratos agrícolas con suplementación de alfalfa deshidratada (%)	Promedio (%)	Duncan ( $\alpha = 5\%$ )
T1 (A100%)	81,51	A
T4 (A90% + AI10%)	80,82	A
T5 (A80% + AI20%)	74,43	A
T7 (C80% + AI20%)	72,17	A
T6 (C90% + AI10%)	71,56	A
T2 (C100%)	70,84	A
T9 (T80% + AI20%)	66,06	A B
T8 (T90% + AI10%)	56,11	B C
T3 (T100%)	51,03	C

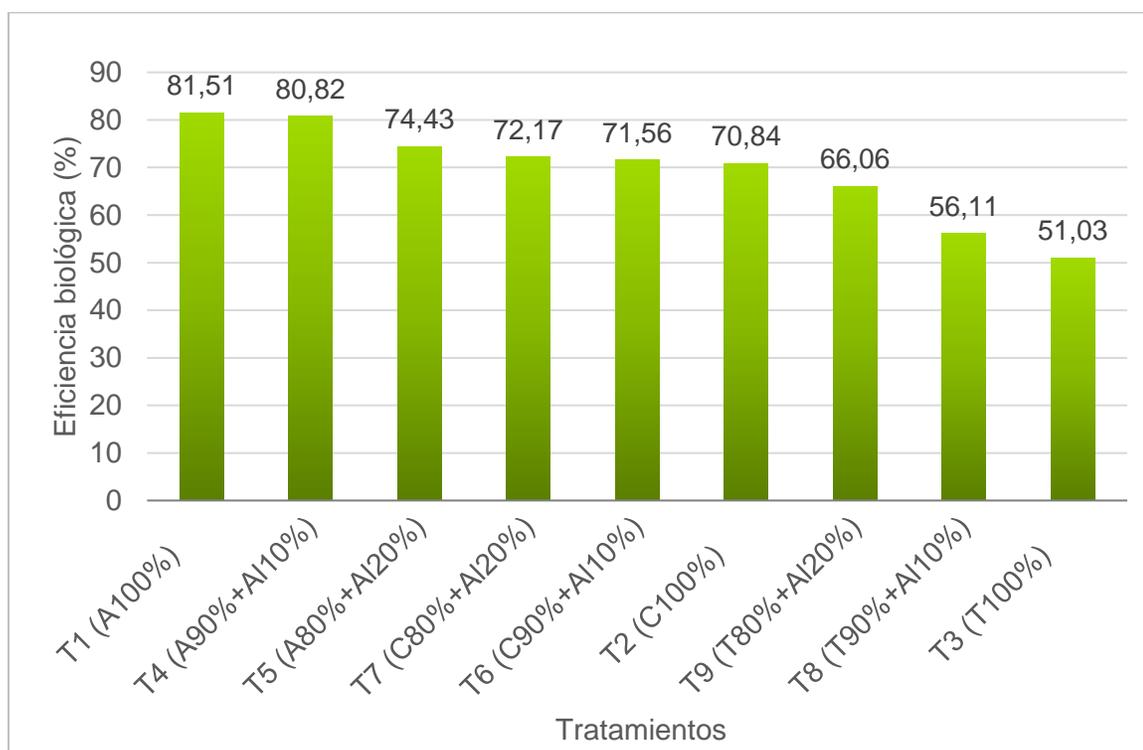
En la figura 7, se observa que los tratamientos (sustratos) T1 (A100%), T4 (A90% + AI10%), T5 (A80% + AI20%), T7 (C80% + AI20%), T6 (C90% + AI10%), y T2(C100%) presentaron mayores porcentajes de eficiencia biológica en promedio de (81,51 %, 80,82 %, 74,43 %, 72,17 %, 71,56 %, y 70,84 %) respectivamente. Mientras, que los tratamientos (sustratos) T8 (T90% + AI10%) y T3 (T100%) presentaron promedios más bajos de eficiencia biológica, con 56,11 % y 51,03 %. Por otra parte, el tratamiento T9 (T80% + AI20%) presentó un promedio intermedio de 66,06 %.

Los tratamientos T1, T4, T5, T7, T6 y T2, a base de sustratos de paja de avena y cebada, suplementados con 10 % y 20 % de alfalfa deshidratada, agrupados en el primer grupo, obtuvieron los mejores resultados en la eficiencia biológica. Esto se debe al alto contenido de celulosa, hemicelulosa y nitrógeno necesario presente en estos sustratos, además de su textura blanda, características que favorecieron su alta capacidad de biodegradación y bioconversión en biomasa fúngica por parte de los micelios del hongo ostra. En particular, la suplementación con alfalfa deshidratada mejoró el desempeño del sustrato de cebada en los procesos de biodegradación y bioconversión.

Sin embargo, los tratamientos T8 y T3 sustratos a base de paja de trigo, agrupados en el tercer grupo, evidenciaron una baja eficiencia biológica, posiblemente debido a la estructura resistente del material y su bajo contenido de celulosa, hemicelulosa y nitrógeno.

Según Chang y Miles (2004), afirman que la eficiencia biológica del (*Pleurotus ostreatus*) puede variar ampliamente dependiendo de factores como el tipo de sustrato, la suplementación y las condiciones de cultivo.

Según Sanchez y Royse (2002), la eficiencia biológica de (*Pleurotus ostreatus*), esta influenciado por la disponibilidad de nutrientes en sustratos. Los materiales ricos en celulosa hemicelulosa y con proporciones adecuadas de nitrógeno suelen favorecer el crecimiento micelial en la producción de cuerpos fructíferos.



**Figura 7. Eficiencia biológica de hongo ostra en diferentes sustratos**

Sin embargo, la eficiencia biológica más alto que ha obtenido es el tratamiento T1 (A100%) sustrato paja de avena con un promedio de 81,51 %, en condiciones de temperatura de ambiente de 10 a 32 °C y humedad relativa 76 a 92 %. Resultado superior a los hallazgos reportados por Maccapa (2021), quien logró una eficiencia biológica de 79,6 % en sustrato avena en condiciones de temperatura de 9 a 15 °C y humedad relativa de 60 a 70 %.

Además, los tratamientos T4 (Avena 90 % + Alfalfa deshidratada 10 %) y T5 (Avena 80 % + Alfalfa deshidratada 20 %) mostraron eficiencia biológica de 80,82 % y 74,43 %. Cabe mencionar que no se encontraron estudios previos que evalúen la combinación de avena y alfalfa deshidratada como sustrato en la producción de hongo ostra.

Por otro parte, los tratamientos T7 (C80% + A120%), T6 (C90% + A110%) sustratos correspondientes a la paja de cebada suplementados con alfalfa deshidratada y T2 (C100%) sin suplementación alcanzaron eficiencias biológicas de 72,17 %, 71,56 % y 70,80 % en promedio. Estos resultados sugieren que la suplementación con alfalfa deshidratada tiene un efecto ligeramente en la eficiencia biológica, cómo también fue reportado por, Romero *et al.* (2018), en su estudio observaron que, al emplear 3 kg de paja de cebada suplementada con 3 kg de alfalfa deshidratada, obtuvieron una eficiencia biológica de 133,23 %, en cambio la paja de cebada sin suplementación reportó una eficiencia biológica de 102,22 %. esto confirma que la suplementación de alfalfa deshidratada contribuye al incremento de eficiencia biológica.

En cuanto, los tratamientos sustratos paja de trigo suplementados con alfalfa deshidratada T9 (T80% + A120%) y T8 (90% + A110%) lograron eficiencia biológica en promedio de 66,06 % y 56,11 % superando al tratamiento T3 (T100%) paja de trigo sin suplementación que registró una eficiencia biológica menor de 51,03 %. Esto evidencia que la adición de alfalfa deshidratada en el sustrato incrementa moderadamente en la eficiencia biológica. Estos resultados coinciden con Romero *et al.* (2018), en su estudio observaron que, al aplicar 3 kg de paja de cebada suplementada con 3 kg de alfalfa deshidratada, obtuvieron una eficiencia biológica de 179,40 %, frente a la paja de trigo sin suplementación que generó 128,70 %. Por tanto, la alfalfa deshidratada se presenta como un suplemento beneficioso para incrementar la eficiencia biológica.

#### **4.2.3. Tasa de producción**

En el cuadro 7, se observa el análisis de varianza, la influencia de sustratos agrícolas con la suplementación de alfalfa deshidratada, sobre la tasa de producción (%/día) como el potencial productivo diario del cultivo de hongo ostra. Donde muestra que si existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos en cuanto a la tasa de producción de hongo ostra. Asimismo, el coeficiente variación es de 12,69 %, indica que los datos obtenidos se encuentran dentro de los parámetros de confiabilidad.

**Cuadro 7. Análisis de varianza para la tasa de producción de hongo ostra en diferentes sustratos**

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Sig.
<b>Tratamientos</b>	8	0,98	0,12	8,11	0,0001	**
<b>Error</b>	18	0,27	0,02			
<b>Total</b>	26	1,25				

C.V. = 12,69 %

(\*\*) = Altamente significativo

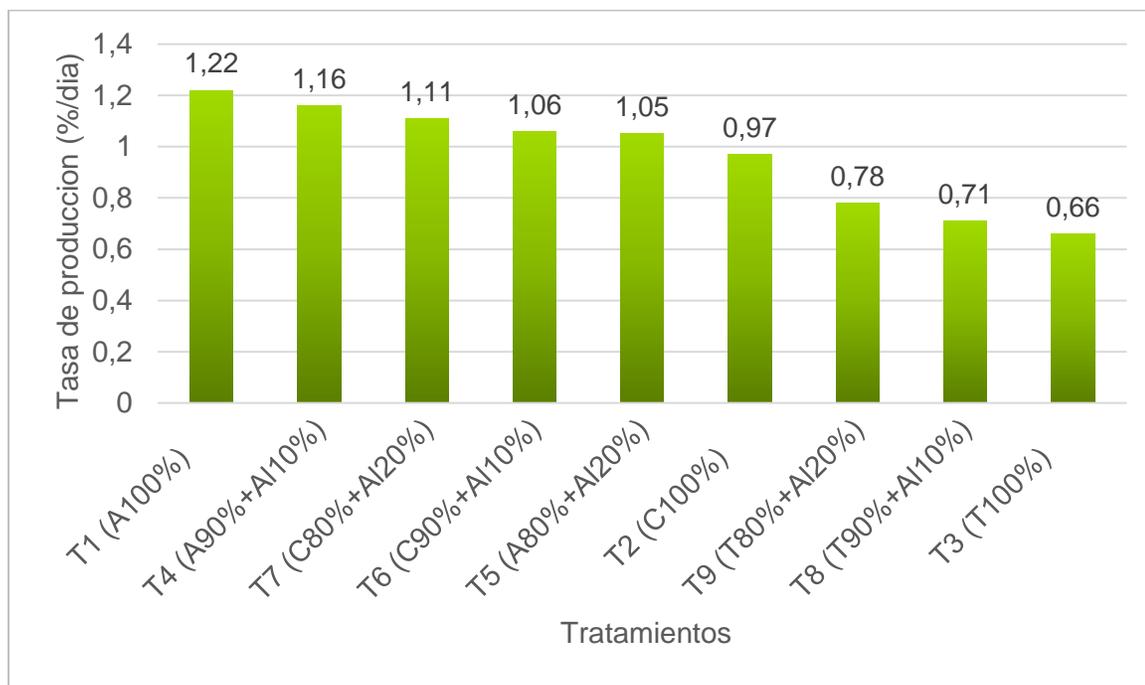
Se puede observar en el cuadro 8, el análisis de prueba de Duncan para las medias de tasa de producción del cultivo de hongo ostra, realizada a un nivel de significancia de 5 %. Donde se conformaron en cuatro grupos, encontrándose en el primer grupo los tratamientos (sustratos) T1 (A100%), T4 (A90% + A110%), T7 (C80% + A120%) y T6 (C90% + A110%) son estadísticamente iguales y superiores a los de más tratamientos, presentándose en el segundo grupo el tratamiento T5 (A80% + A120%), y en el tercer grupo se presentó el tratamiento T2 (C100%), por otro lado los tratamientos T9 (T80% + A120%), T8 (T90% + A110%) y T3 (T100%) se constituyeron en el cuarto grupo, que tienen tasas significativamente menores en comparación con los tratamientos del primer grupo.

**Cuadro 8. Análisis comparativo Duncan de la tasa de producción de hongo ostra en diferentes sustratos**

Sustratos agrícolas con suplementación de alfalfa deshidratada (%)	Promedio (%/día)	Duncan ( $\alpha = 5\%$ )	
T1 (A100%)	1,22	A	
T4 (A90% + A110%)	1,16	A	B
T7 (C80% + A120%)	1,11	A	B
T6 (C90% + A110%)	1,06	A	B
T5 (A80% + A120%)	1,05	A	B
T2 (C100%)	0,97		B C
T9 (T80% + A120%)	0,78		C D
T8 (T90% + A110%)	0,71		D
T3 (T100%)	0,66		D

Observando en la figura 8, para la tasa de producción del cultivo de hongo ostra que los tratamientos (sustratos) T1 (A100%), T4 (A90% + AI10%), T7 (C80% + AI20%) y T6 (C90% + AI10%) presentaron mayores tasas de producción (%/día) en promedio con (1,22 %/día, 1,16 %/día, 1,11 %/día, 1,06 %/día y 1,05 %/día) respectivamente. Sin embargo, tasas de producción más bajas fueron de los tratamientos (sustratos) T9 (T80% + AI20%), T8 (T90% + AI10%) y T3 (T100%) con (0,78 %/día, 0,71 %/día y 0,66 %/día) en promedio, que corresponden al cuarto grupo. Por otra parte, los tratamientos T5 (A80% + AI20%) y T2 (C100%) pertenecientes al segundo y tercer grupo, presentaron tasas de producción de 1,05 %/día y 0,97 %/día en promedio, como intermedios.

Los tratamientos del primer grupo (T1, T4, T7 y T6) mostraron mayor potencial productivo, debido a que estos sustratos ofrecieron condiciones óptimas para la bioconversión y el crecimiento diario del hongo, que presentaron un ciclo de producción de menor tiempo a comparación a los de más tratamientos. Sin embargo, los sustratos del cuarto grupo (T9, T8 y T3) mostraron menor potencial productivo, debido a que los sustratos fueron menos eficientes en promover la bioconversión y el crecimiento continuo del hongo.



**Figura 8. Tasa de producción de hongo ostra en diferentes sustratos**

Sin embargo, la tasa de producción más alto que ha obtenido es el tratamiento T1 (A100%) sustrato paja de avena con un promedio de 1,22 %/día. Resultado superior a los hallazgos

reportados por Maccapa (2021), quien reportó una tasa de producción de 1,07 %/día en sustrato paja de avena. Además, los tratamientos T4 (Avena 90 % + Alfalfa deshidratada 10 %) y T5 (Avena 80 % + Alfalfa deshidratada 20 %) presentaron tasas de producción de 1,16 %/día y 1,05 %/día. Cabe mencionar que no se encontraron estudios previos que evalúen la combinación de avena y alfalfa deshidratada en cuanto tasa de producción.

Por otro parte, los tratamientos T7 (C80% + A120%), T6 (C90% + A110%) sustratos correspondientes a la paja de cebada suplementados con alfalfa deshidratada y tratamiento T2 (C100%) sin suplementación alcanzaron tasas de producción en promedio de 1,11 %/día, 1,06 %/día y 0,97 %/día. Estos resultados sugieren que la suplementación con alfalfa deshidratada tiene un efecto positivo en el potencial productivo diaria del hongo, cómo también fue reportado por, Romero *et al.* (2018), en su estudio observaron que, al emplear 3 kg de paja de cebada suplementada con 3 kg de alfalfa deshidratada, obtuvieron una tasa de producción de 1,10 %/día, en cambio la paja de cebada sin suplementación reporto una tasa de producción de 0,84 %/día, esto confirma que la suplementación de alfalfa deshidratada contribuye al crecimiento diario del hongo ostra.

En cuanto, los tratamientos paja de trigo suplementados con alfalfa deshidratada T9 (T80% + A120%) y T8 (90% + A110%) obtuvieron tasas de producción en promedio de 0,78 %/día y 0,71 %/día superando al tratamiento T3 (T100%) paja de trigo sin suplementación que registró una tasa de producción menor de 0,66 %/día. Esto evidencia que la adición de alfalfa deshidratada en el sustrato mejora el potencial productivo diario del cultivo. Estos hallazgos coinciden con Romero *et al.* (2018), quienes reportaron que, al emplear 3 kg de paja de trigo suplementada con 3 kg de alfalfa deshidratada, generó una tasa de producción de 1,48 %/día, frente a la paja de trigo sin suplementación que generó 1,06 %/día. Por tanto, la alfalfa deshidratada se presenta como un suplemento que favorece en el crecimiento diario de hongo ostra.

#### **4.2.4. Diámetro de basidiocarpo o sombrero**

En el Cuadro 9 se presenta el análisis de varianza realizado para evaluar el diámetro de los basidiocarpos del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) bajo diferentes tratamientos con sustratos agrícolas suplementados con alfalfa deshidratada. Los resultados no muestran diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ( $p > 0,05$ ), lo que indica que las variaciones observadas no son atribuibles a los tratamientos aplicados. Además, el coeficiente de variación de 9,03 % respalda la confiabilidad de los datos obtenidos al

evidenciar una baja variabilidad entre las repeticiones. En este contexto, no se realizó una prueba de comparación de medias, ya que el ANVA no detectó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

**Cuadro 9. Análisis de varianza para diámetro de basidiocarpos de hongo ostra en diferentes sustratos**

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Sig.
<b>Tratamientos</b>	8	2,64	0,33	1,49	0,2278	NS
<b>Error</b>	18	3,97	0,22			
<b>Total</b>	26	6,61				

C.V. = 9,03 %

(NS) = No significativo

Por otro lado, los diámetros promedio de los basidiocarpos oscilaron entre 5,8 cm y 4,7 cm, como se detalla en el Cuadro 10. Estos resultados reflejan la uniformidad en el crecimiento del hongo ostra bajo las condiciones controladas del experimento (temperatura, humedad, ventilación y luminosidad), así como su alta capacidad para descomponer y aprovechar los nutrientes presentes en los diferentes sustratos agrícolas evaluados.

**Cuadro 10. Diámetro de basidiocarpos de hongo ostra en diferentes sustratos**

Sustratos agrícolas con suplementación de alfalfa deshidratada (%)	Diámetro promedio (cm)
T1 (A100%)	5,80
T4 (A90% + A110%)	5,47
T9 (T80% + A120%)	5,43
T6 (C90% + A110%)	5,20
T7 (C80% + A120%)	5,20
T5 (A80% + A120%)	5,20
T8 (T90% + A110%)	4,93
T3 (T100 %)	4,83
T2 (C100%)	4,77

En general, los resultados obtenidos muestran que todos los tratamientos presentaron un comportamiento similar en cuanto al diámetro de los basidiocarpos. Esto refuerza la idea de que el hongo ostra tiene la capacidad de adaptarse y desarrollarse de manera uniforme en diversos sustratos agrícolas suplementados o no con alfalfa deshidratada.

#### 4.2.5. Tasa de biodegradación

En el cuadro 11, se observa el análisis de varianza, de los sustratos agrícolas con suplementación de alfalfa deshidratada, en relación con la tasa de biodegradación de sustratos con el cultivo del hongo ostra. El cual muestra que si existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos. Por otro lado, el coeficiente variación es de 6,33 %, lo que respalda la confiabilidad de los resultados obtenidos.

**Cuadro 11. Análisis de varianza para la tasa de biodegradación en diferentes sustratos con el hongo ostra**

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Sig.
<b>Tratamientos</b>	8	3971,82	496,48	59,05	<0,0001	**
<b>Error</b>	18	151,35	8,41			
<b>Total</b>	26	4123,17				

C.V. = 6,33 %

(\*\*) = altamente significativo

En el cuadro 12, se observa análisis de prueba de Duncan para las medias de biodegradación de sustratos en cultivo de hongo ostra, realizada a un nivel de significancia del 5 %. En donde se agruparon en tres grupos, encontrándose en el primer grupo los tratamientos (sustratos) T7 (C90% + A120%), T2(C100%) y T6 (C80% + A110%), son estadísticamente iguales y superiores a los de más tratamientos en cuanto a la tasa de la biodegradación de sustratos. Sin embargo, los tratamientos (sustratos) T5 (A80% + A120%), T4 (A90% + A110%) y T1 (A100%) pertenecen al segundo grupo. Por otra parte, en el tercer grupo se constituyeron los tratamientos (sustratos) T9 (T80% + A120%), T8 (T90% + A110%) y T3 (T100%) que tuvieron tasas de biodegradación significativamente menores en comparación con los tratamientos del primer grupo.

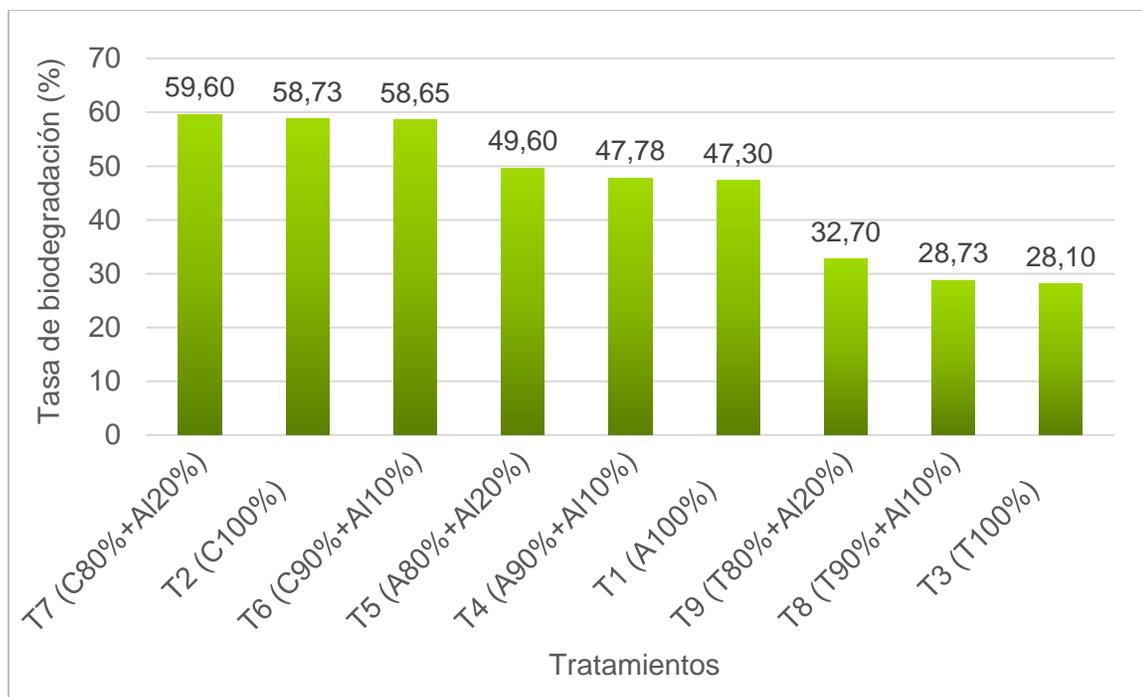
**Cuadro 12. Análisis comparativo Duncan de la tasa de biodegradación en diferentes sustratos con el hongo ostra**

Sustratos agrícolas con suplementación de alfalfa deshidratada (%)	Promedio (%)	Duncan ( $\alpha = 5\%$ )
T7 (C80% + A120%)	59,60	A
T2 (C100%)	58,73	A
T6 (C90% + A110%)	58,65	A
T5 (A80% + A120%)	49,60	B
T4 (A90% + A110%)	48,57	B
T1 (A100%)	47,30	B
T9 (T80% + A120%)	32,70	C
T8 (T90% + A110%)	28,73	C
T3 (T100%)	28,10	C

En la figura 10, se observa la tasa biodegradación de sustratos agrícolas en el cultivo de hongo ostra. Los tratamientos (sustratos) T7 (C90% + A120%), T2(C100%) y T6 (C80% + A110%), presentaron mayores tasas de biodegradación en promedio con 59,60 %, 58,73 % y 58,65 % respectivamente. Sin embargo, tasas de biodegradación más bajas fueron los tratamientos (sustratos) T9 (T80% + A120%), T8 (T90% + A110%) y T3 (T100%) con valores de 32,70 %, 28,73 % y 28,10 % en promedio. Por otra parte, los tratamientos T5 (A80% + A120%), T4 (A90% + A110%) y T1 (A100%) presentaron tasas de biodegradación en promedio de 49,60 %, 48,57 % y 47,30 % como intermedio.

Los tratamientos T7, T2 y T6 con mayor tasa de biodegradación pertenecientes al primer grupo favorecieron en la biodegradación, debido a la accesibilidad de sus componentes lignocelulósicos al ser suplementados con alfalfa.

Por otro lado, los tratamientos agrupados en el tercer grupo T9, T8 y T3, sustratos a base de paja de trigo con y sin suplementación mostraron las tasas de biodegradación más bajas, ya que la paja de trigo presenta una estructura menos accesible para la biodegradación, lo cual limitó la capacidad de bioconversión del hongo ostra.



**Figura 9. Tasa de biodegradación en diferentes sustratos con el hongo ostra**

En comparación con los resultados del Romero *et al.* (2018), quienes reportaron una tasa de biodegradación de 64 % en sustratos de paja de cebada suplementados con 3 kg de alfalfa deshidratada, y una tasa del 58 % en sustrato sin suplemento, en el presente estudio mostró valores similares. El tratamiento T7 (C80% + A120%), compuesto por paja de cebada con 20 % de alfalfa deshidratada, alcanzó una tasa de biodegradación de 59,60 % en promedio. Mientras el sustrato de cebada sin suplemento T2 (C100%) presentó una tasa de biodegradación de 58,73 %. Esto nos indica que, al igual que en el estudio del autor, el suplemento de alfalfa en los sustratos de cebada incrementa levemente la biodegradación.

En cuanto a los tratamientos T5 (A80% + A120%) y T4 (A90% + A10%) de paja de avena suplementados con alfalfa deshidratada presentaron tasas de biodegradación de 49,60 % y 48,57 % en promedio respectivamente, en comparación con el tratamiento sin suplemento T1 (A100%) que obtuvo 47,30 %. Estos resultados sugieren que la suplementación con alfalfa produjo una ligera variación en la biodegradación en sustratos paja de avena. Sin embargo, no se encontraron estudios previos específicos para comparar estos valores.

Por otro parte, los sustratos de paja de trigo suplementados con alfalfa deshidratada, en los tratamientos T9 (T80% + A120%) y T8 (90% + A10%) mostraron tasas de biodegradación de 32,70 % y 28,73 % en promedio, mientras que el tratamiento sin suplemento T3 (T100%)

obtuvo una tasa ligeramente inferior de 28,10 %. En comparación, Romero *et al.* (2018) reportaron una tasa de biodegradación 70 % en paja de trigo suplementada con 3 kg de alfalfa deshidratada y una tasa menor del 64 % en paja de trigo. Por lo tanto, la suplementación aumentó levemente la biodegradación de la paja del trigo, aunque los valores fueron inferiores a los del autor.

#### **4.2.6. Tiempo de fructificación**

Según el cuadro 13, se puede observar los días que demoró en desarrollarse el micelio de hongo ostra en diferentes sustratos agrícolas tanto con suplementación de alfalfa deshidratada.

La etapa de inducción o aparición de micelios a la fructificación es uno de los aspectos importantes donde se observa la precocidad del micelio en los diferentes sustratos. En el presente trabajo la aparición de primeros primordios fue en 26 días en los tratamientos T1 (A100%), T4 (A90% + AI10%), T5 (A80% + AI20%), T7 (C80% + AI20%) y T2 (C100%), mientras en los tratamientos (sustratos) T6 (C90% + AI10%), y T9 (T80% + AI20%) mostraron aparición de primordios en 27 y 31 días, por otro lado, los tratamientos (sustratos) T8 (T90% + AI10%) y T3 (T100%) presentaron con aparición de primordios en 30 días.

Las etapas de cosecha se realizaron en 3 oleadas, después de la aparición de primordios pasado los 12 días se presentaron la primera cosecha en los tratamientos (sustratos) T1 (A100%), T4 (A90% + AI10%), T5 (A80% + AI20%), T7 (C80% + AI20%) y T2 (C100%), en 11 días se cosecharon en los tratamientos T6 (C90% + AI10%) y T3 (T100%) por otro lado los tratamientos T8 (T90% + AI10%) y T9 (T80% + AI20%) se realizó la cosecha en 14 y 15 días. La segunda cosecha se realizó pasando los 14 días de la primera oleada en los tratamientos T1 (A100%) y T6 (C90% + AI10%), en 15 días en los tratamientos T4 (A90% + AI10%) y T5 (A80% + AI20%) por otro lado los tratamientos T7 (C80% + AI20%), T2 (C100%) y T9 (T80% + AI20%) la cosecha se realizó en 13, 16 y 18 días, mientras los tratamientos T9 (T80% + AI20%) y T3 (T100%) se realizó en 17 días. La tercera cosecha se efectuó después de la segunda cosecha pasando los 14, 15, 16, 17, 18, y 21 días, presentándose en los tratamientos T7 (C80% + AI20%), T1 (A100%), T6 (C90% + AI10%), T4 (A90% + AI10%), T5 (A80% + AI20%) y T9 (T80% + AI20%) finalmente en 19 días se cosechó en los tratamientos T2 (C100%), T8 (T90% + AI10%) y T3 (T100%).

La duración de ciclo total de producción de hongo ostra en condiciones controladas se ha observado que el tratamiento sustrato paja trigo suplementado con alfalfa deshidratada T9 (T80% + A120%) ha obtenido en un tiempo largo de 85 días que a los de más tratamientos. Por su parte Holgado (2018) ha reportado ciclo completo de producción en 84 días en paja de avena, en condiciones controladas con temperaturas 22 a 28 C° y humedad con 85 %.

**Cuadro 13. Tiempo de fructificación de hongo ostra en diferentes sustratos**

Tratamientos	Tiempo de fructificación de hongo ostra (días)					
	Siembra	Aparición de primordios	1ra Cosecha	2da Cosecha	3ra Cosecha	Ciclo total
T1 (A100%)	1	26	12	14	15	67
T4 (A90% + A10%)	1	26	12	15	17	70
T5 (A80% + A120%)	1	26	12	15	18	71
T7 (C80% + A120%)	1	26	12	13	14	65
T6 (C90% + A10%)	1	27	11	14	16	68
T2 (C100%)	1	26	12	16	19	73
T9 (T80% + A120%)	1	31	15	18	21	85
T8 (T90% + A10%)	1	30	14	17	19	80
T3 (T100%)	1	30	11	17	19	77

#### 4.2.7. Análisis económico de los tratamientos para hongo ostra

Se realizó el análisis económicos por cada tratamiento, donde fueron estimados en base a una tonelada de materia orgánica seca por año, englobada en tres ciclos de producción, por ende, se evaluó los ingresos y costos de producción, el parámetro utilizado fue la relación Beneficio/Costo. Para realización de análisis económico no se contempló los costos de infraestructura, por lo que ya se contaba con las instalaciones. Para más detalle ver (anexo 9 - 17).

##### 4.2.7.1. Relación beneficio/costo

Se efectuó el análisis económico con el fin de identificar los tratamientos que mayores beneficios económicos puedan otorgar a los productores.

El análisis de relación beneficio/costo es un indicador económico, la cual debe ser mayor que 1 para que exista ganancia económica. Si la relación es igual a 1, no hay ganancias ni pérdidas, pero si es menor, indica que hay pérdidas. En el presente estudio, los beneficios

se calcularon considerando un precio de venta de 80 Bs/kg de hongo fresco. El cálculo de la relación B/C (Beneficio/Costo) se ha basado en el rendimiento promedio obtenido de cada tratamiento. Estos datos fueron esenciales para evaluar la viabilidad económica de cada tratamiento y determinar cuál de ellos resulta más rentable para los agricultores.

**Cuadro 14. Análisis de B/C en diferentes sustratos para la producción de hongo ostra**

Tratamiento	T1 (A100%)	T4 (A90%+A110%)	T5 (A80%+A120%)	T2 (C100%)	T6 (C90%+A110%)	T7 (C80%+A120%)	T9 (T80%+A120%)	T8 (T90%+A110%)	T3 (T100%)
B/C	2,66	2,60	2,36	2,32	2,32	2,30	2,07	1,78	1,64

Según el cuadro 14, se muestra un resumen de análisis económico por tratamiento y las diferencias entre ellos. De acuerdo con los datos obtenidos de la relación B/C, podemos apreciar que el T1 (A100%) sustrato paja de avena obtuvo un mayor beneficio/costo de 2,66 considerando que es muy rentable, por lo que nos indica que cada un 1Bs invertido se generara 1,66 bolivianos de beneficio neto, de un precio de venta 80 Bs por 1 kg de hongo fresco, considerando que en el mercado nacional se vende 200gr a 18 Bs, y proveer de esa forma una ventaja comparativa para ingresar al mercado con precios competitivos y productos de calidad a comparación de otras empresas ya existentes en la ciudad. Por su parte Romero (2022), reporto en su análisis económico beneficio/costo de 2,54 Bs en sustrato paja de avena en la producción de hongo ostra.

El tratamiento con menor valor de beneficio/costo es de tratamiento T3 (T100%) sustrato paja de trigo que obtuvo B/C de 1,64 siendo rentable aun, es decir que por 1 Bs invertido se generara una ganancia de 60 centavos.

## 5. CONCLUSIONES

Según los objetivos planteados y los resultados obtenidos en el presente estudio, nos permite sustentar las siguientes conclusiones:

- Para el rendimiento del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) el tratamiento con paja de avena al 100 % T1 (A100%), fue superior con un promedio de 815,09 kg/t, frente al tratamiento con sustrato de paja de trigo 100 % T3 (T100%), la cual ocupó el último lugar con un promedio de 510,23 kg/t, esto nos indica que la paja de avena es la opción más recomendable para optimizar la productividad del cultivo.
- La eficiencia biológica en la producción de hongo ostra fue más alta en el tratamiento paja de avena al 100 % T1 (A100%), alcanzando un promedio de 81,51 %. Siendo significativamente superior a otros sustratos. En cambio, el tratamiento T3 (T100%) paja de trigo al 100 % mostró la eficiencia biológica más baja, con un promedio de 51,03 %, lo que nos sugiere que la paja de avena es el sustrato más adecuado para maximizar la producción.
- La tasa de producción de hongo ostra fue superior en el tratamiento con sustrato de avena al 100 % T1 (A100%) con un promedio de 1,22 %/día. Mientras, el tratamiento con la tasa de producción más baja fue sustrato paja de trigo al 100 % T3 (T100%), con un promedio de 0,66 %/día. Esto nos sugiere que, para optimizar la producción es más conveniente emplear paja de avena, por que favorece mayor tasa de producción diaria.
- Cabe mencionar para análisis económico el tratamiento sustrato avena T1(A100%) presento mejor resultado en relación beneficio/costo con 2,66 con un beneficio neto de 1,56 Bs siendo el tratamiento con más ganancia, por otro lado, con bajo B/C se presentó en el tratamiento sustrato trigo T3 (T100%) que obtuvo relación B/C de 1,64.

## 6. RECOMENDACIONES

En base a los objetivos, resultados y conclusiones del presente trabajo, se pueden formular las siguientes recomendaciones:

- Para la producción de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) se recomienda utilizar el sustrato paja de avena al 100 %, por ser un sustrato que permitió mayor rendimiento, mayor eficiencia biológica, mayor tasa de producción y alto ganancia económica.
- Realizar investigaciones similares utilizando otros sustratos ricos en lignina y celulosa con otras fuentes proteicas como suplemento en la producción de hongo ostra en condiciones controladas en la región altiplánica.
- En futuras investigaciones se sugiere realizar el análisis bromatológico de los sustratos empleados en la producción de hongo ostra.
- No se recomienda el suplemento alfalfa deshidratada en sustrato avena por lo que no contribuyó en el rendimiento de hongo ostra.
- En futuras investigaciones se sugiere trabajar con más proporciones de suplemento alfalfa deshidratada en los sustratos cebada y trigo para obtener mejores rendimientos.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcalde, F. y Salgado, S. 2001. Manual para la producción de hongos comestibles del género *Pleurotus spp.* 1ra ed. Fondo Editorial de Risaralda. pp. 3-39.
- Álvarez, A., Pizarro, C. y Folgueras, M.B., 2013. Caracterización química de biomasa y su relación con el poder calorífico. Trabajo final de Máster Universitario en Ingeniería Energética, Universidad de Oviedo.
- Barba, J. M. y López, J. 2017. Guía práctica para el cultivo de setas. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad IZTAPALAPA. México. 44 p.
- Baena, A. 2005. Aprovechamiento del bagazo del maguey verde (*Agave salmiana*) de la agroindustria del mezcal en san luis potosí para la producción de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) consultado 10 enero 2021, disponible <https://repositorio.ipicyt.edu.mx/handle/11627/65>.
- Cárdenas, Y. 2015. Efecto de sustratos a base de residuos agrícolas en el cultivo de hongo comestible *Pleurotus ostreatus* «Jacquin Fries» Kummer. Tesis grado. Quillabamba, Cusco. Preu. p. 26.
- Cisterna, C. 2003. Clasificación ecofisiologica de los hongos comestibles. MICOTEC.
- Chang, S. T. y Miles, P. G. 2004. Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, and Environmental Impact. 2da ed. CRC press.
- Cusi, M. 2010. Manual de Cálculos de Costos agropecuarios. Ed. Cusi La Paz Bolivia. 195 p.
- Educa. (s.f.). *Humedad relativa – Municipio de El Alto*. Disponible en: <https://www.educa.com.bo/geografia-municipios/humedad-relativa-municipio-de-el-alto>.
- Hernandez, F., Madrid, J., Pulgar, M.A. y Cid, J.M. 1994. Valor nutritivo de la paja de cebada tratada con álcalis en la especie caprina. Departamento de producción animal. Facultad de veterinaria. Universidad de Murcia. Campos de espinado. Murcia. España.

- Huamán, D.M. 2023. Determinación de la eficiencia biológica del hongo (*Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fr.) kummer en cinco sustratos, en el Centro Agronómico K'ayra – San Jerónimo – Cusco. Tesis de grado. Cusco. Perú.
- Holgado, M. E. 2018. Evaluación de la producción de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.ex Fr.) Kumm (Basidiomycete) en residuos lignocelulosicos como alternativa agroecologica en la comunidad de Huayllay- Ccorca, Cusco. Tesis. Arequipa – Perú.
- Iralda. 2020. (Industrias Iralda). Alfalfa. Implementación de estrategias de desarrollo local: actuación del programa de Desarrollo Rural de Cataluña. <https://www.iralda.com>.
- GAMEA (Gobierno Autónomo Municipal de El Alto). 2016. Geografía y Municipios- Municipio de El Alto. Disponible en [www.educa.com.bo/geografia-municipios/distrito-7-equipamiento](http://www.educa.com.bo/geografia-municipios/distrito-7-equipamiento).
- Gaitán, R., Salmones, D., Pérez, R. y Mata, G. 2006. Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción, 1ra. ed. 2a. reimp. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Ver., México, 56 p.
- Galindo, J. M. 1991. “Cultivo moderno de champiñón”. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid-España. Pág. 15-27. Metodológico de evaluación económica, Mexico D.F. 1 – 79 p.
- Garces, A. M., Velez, N., Ruiz, S., Serna, J.G. y Suarez E. 2005. Evaluación de algunos residuos orgánicos como sustrato para el cultivo de hongos comestibles. Revista Lasallista de Investigación, Antioquia, Colombia vol. 2, núm. 2, julio-diciembre, 2005, pp. 15-20. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69520204>.
- García, A. 2000. Utilización de rastro de maíz (*Zea mays*) y cascarilla de arroz (*oriza sativa*) como sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus spp*. Tesis de grado. UNNSAC Guatemala. 37 p.
- Google Earth. 2022. El Alto. Disponible en: <https://earth.google.com/web/search/EI+Alto>.
- IMiBio. 2019. (Instituto Misionero de Biodiversidad). Guía para la producción de hongos comestibles. Buenas prácticas de manejo y diseño de espacio de cultivo. Segunda Edición. Provincia de Misiones. p 17.

- Klee, G. 1983. La paja de trigo como componente de la ración para novillos. IPA. Quilamapu. No 18.
- López, A., Morales, M.S., Cabrera, R. y Urra, X. 2000. Ingestión y digestibilidad aparente de forrajes por la llama (*Lama glama*).I. Heno de alfalfa (*Medicago sativa*) y paja de trigo (*Triticum aestivum*) en diferentes proporciones. Tesis. Escuela de Ciencias veterinarias. Santiago. Chile.
- Machaca, P. 2021. Producción de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm) sobre residuos lignocelulósicos. Tesis de grado. PE, Universidad Nacional del Altiplano de Puno. 45 p.
- Martin, A. (1981). Introducción a la microbiología del suelo. AGT editores. Mexico.
- Mata, G. y Martínez D. 1998. Estimación de la producción de residuos agroindustriales potencialmente utilizables para el cultivo de hongos comestibles en México. Revista Mexicana de Micología. Volumen N° 4. p. 287-296.
- Meneses, M. L. 2018. Evaluación de la biomasa fúngica de granos de maíz (*Zea mays*) y granos de arroz (*Oryza sativa*) procedente de la producción de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) a nivel planta piloto. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería. GUAT, Universidad de San Carlos de Guatemala. p 5-8.
- Montenegro, I. y Stuardo, C. 2021. Introducción al cultivo de hongos. Instituto Forestal, Chile. Doc. de divulgación No 56-57 p.
- Monterroso, O.G. 2007. Efecto de la suplementación de la caña de maíz (*Zea mays* L.) con nitrato de amonio, nitrato de potasio y urea en el cultivo de hongo *Pleurotus ostreatus* (cepa ECS-154). Tesis de grado. Guatemala, USAC.
- Niño., D. Villalba, M. Barraza, B. y Medina, A.M. 2021. *Pleurotus*: Un hongo comestible con propiedades Nutricionales, Medicinales e Importancia Ambiental. Microciencia investigación, desarrollo e innovación vol.10. p.132-148.
- Ochoa, R.R. 2016. Diseños experimentales, la Paz-Bolivia. 61 p.
- Oei, P. 2003. El cultivo del hongo. Revista tecnológica. 3ra ed. Publisher Backhuys. Leiden, Holanda.

- Olivares, A., Rangel, L., Castro, L. y Herrera, M. 2017. Formulación de un sustrato a base de residuos agroindustriales del departamento del atlántico para el cultivo del hongo (*Pleurotus ostreatus*). Universidad Libre Seccional Barranquilla. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Programa de microbiología. Barranquilla. 1-53 p.
- Ortega, J., Perez, L. y Ramirez, F. 2005. Influencia de la composición del sustrato en el rendimiento del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*). Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura (IICA), San José, Costa Rica.
- Pérez, B.J. 2006. Descripción de las características macroscópicas, de cultivo in vitro de cepas de *Pleurotus* aisladas en Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad San Carlos de Guatemala. p. 12-13.
- Philippoussis, A., Zervakis, G., y Diamantopoulou, P. 2001. Bioconversion of agricultural lignocellulosic wastes through cultivation of *Pleurotus* spp. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 17(2), 191-197.
- Ramos, N.I. 2018. "Producción de tres especies de *Pleurotus* spp (*P. ostreatus*, *P. djamor* y *P. eryngii*) utilizando diferentes sustratos, en el Centro Agronómico K'ayra – San Jeronimo – Cusco". facultad de ciencias agrarias escuela profesional de agronomía tropical. Cusco-Perú. p. 10.
- Ragunathan, R., Gurusamy, R., Palaniswamy, M., & Swaminathan, K. 2000. Cultivation of *Pleurotus* spp. on various agro-residues. Food Chemistry, 70(4), 395-400.
- Reyes, G.R., Abella, A.E., Eguiche, F., Lijima, T., Higaki, M. y Quimio, T.H. 2004. Growing paddy straw mushroom. Mushroom grower`s handbook 1 Oyster mushroom cultivation. Mushroom World, 265-269.
- Rodriguez, N, y Jamillo C. 2004. Cultivo de hongos comestibles del género *pleurotus* sobre residuos agrícolas de la zona cafetera. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Centro Nacional de Investigaciones de café "Pedro Uribe Mejía". Chichina, Colombia:PROEXPORT. p 15.
- Rojas, F., Claros, M. y Ortuño, N. 2018. Evaluación de medios de cultivo y sustratos para la producción de inóculo de hongos comestibles. Facultad de Ciencias Agrícolas y

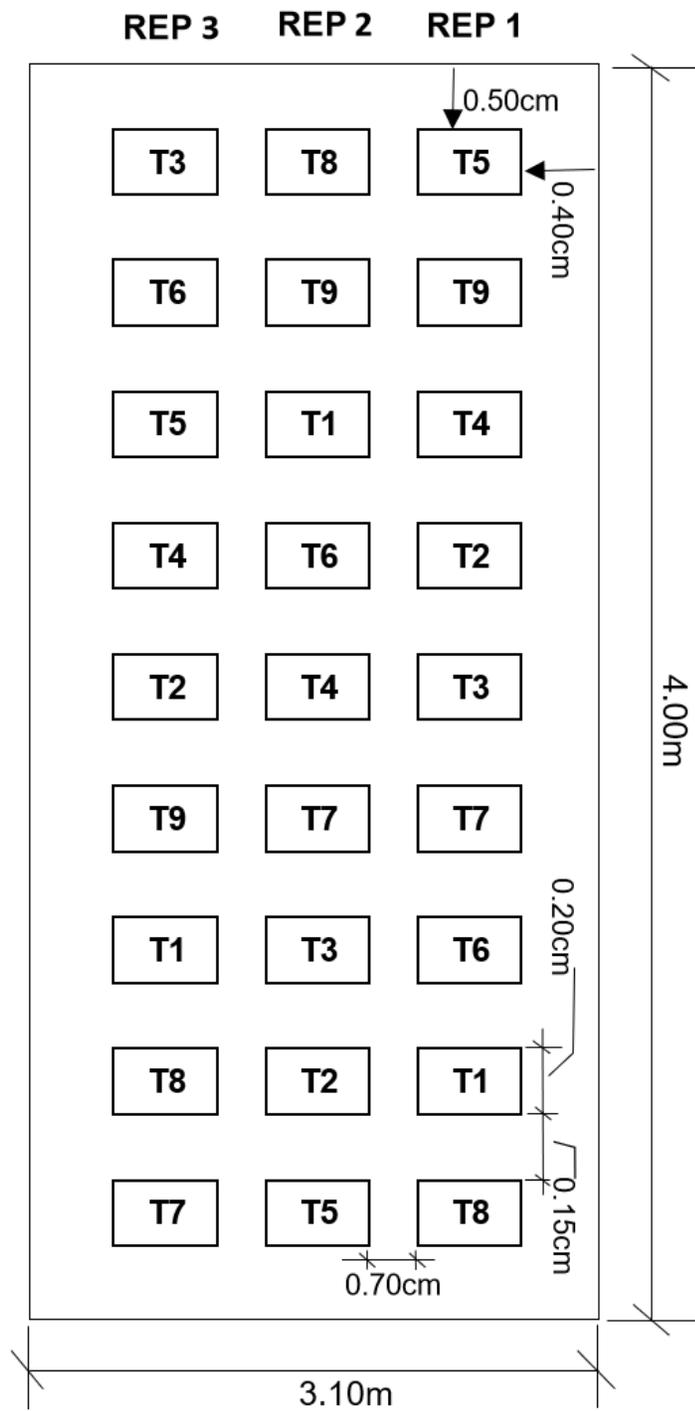
Pecuarias - Universidad Mayor de San Simón. [En línea]. Disponible en: <http://www.agr.umss.edu.bo/revAGRIC/pdf/rev58/rev58-3.pdf>.

- Romero, J. 2022. Evaluación de la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) con diferentes sustratos en ambiente controlado en el Centro experimental Cota Cota. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. Tesis de Grado. La Paz. Bolivia.
- Romero, O., Valencia, M. A., Rivera, J. A., Tello, I., Villarreal, O. A. y Damián, M. A. 2018. Capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* utilizando alfalfa deshidratada como suplemento en diferentes sustratos agrícolas. [Artículo en línea]. ICUAP-BUAP. 15 (2): 145-160. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/asd/v15n2/1870-5472-asd-15-02-145-en.pdf>.
- Romero, I. 2015. Propiedades nutricionales y saludables de los hongos. Centro Tecnológico de Investigación del Champiñón de la Rioja (CTICH). [info@ctich.com](mailto:info@ctich.com). 10 p.
- Romero, J.; Rodríguez, M.; Perez, R. 2000. *Pleurotus ostreatus* importancia y tecnología de cultivo. Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez". Cuatro caminos. Ciudad de Cienfuegos. 155p. disponible en: <http://docplayer.es/125364995-Articulo-pleurotus-ostreatus-importancia-y-tecnologia-de-cultivo.html>.
- Romero, O. Huerta, M. Damian, M.A. Macias, A. Tapia, A.M. Parraguirre, J. Juarez, J. 2010. Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el de hoja de plátano (*Musa paradisiaca* L., cv. Roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas. *Agronomía Costarricense* 34(1): 53-63.
- Rouilova M. B. y Hernández A. 2014. Evaluación de residuos agrícolas para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*. ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar. 48(1).54-59.
- Royse, D. y Sánchez J. E. 2017. Producción mundial de setas *Pleurotus* spp. Con énfasis en países iberoamericanos. En: Sánchez J.E. & Royse D.J. La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas *Pleurotus* spp. San Cristóbal de Las Casas. El Colegio de la Frontera Sur. Chiapas. México.

- Santos, A. R. 2008. Evaluación de cinco sustratos orgánicos sobre el nivel de producción del hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*; agaricales *pleurotaceae*) en la Finca Concepción. Tesis de grado. Universidad Rafael Landívar de Guatemala. Departamento de Escuintla. 36 p.
- Sánchez, C. 2009. Cultivo de hongos comestibles, capacidad degradativa del sustrato y factores que afectan su rendimiento. Revista Iberoamericana de Micología, 26(2), 89-99. <https://doi.org/10.1016/j.riam.2009.03.003>.
- Sánchez, C. A. 2013. Evaluación de la productividad del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* sobre un residuo agroindustrial del departamento del Valle del Cauca y residuos de la poda de la universidad Autónoma de Occidente. Proyecto de grado. Santiago de Cali. 31 p.
- Sánchez, J.E. y Royse, D.J. (2002). La biología y el cultivo de *Pleuroptus spp.* Ed. Grupo Noriega, Mexico.
- Sánchez, J. E. y Royse, D. 2001. La biología y el cultivo de *Pleuroptus spp.* (1ra. ed.). Mexico: Edit. Noriega editores.
- Segundo, C., Castañon, L.R. y Mora, E. 2019. Generalidades de los hongos. Proyecto PAPIME PE 206819. Temas selectos de Micología Veterinaria. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Coyoacán, Ciudad de México. 19 p.
- Silva, R., Fritz, C., Cubillos, J. y Diaz, M. 2010. Manual para la producción de hongos comestibles (Shiitake). Proyecto CONAMA-FPA RM-027-2010. Santiago. 4p.
- Sahu, R. K., 2010. Alternative substrates for *Pleurotus spp.* cultivation. Journal of Agricultural Research, 5(3), 215-222.
- Zadrazil, F. 1980. Influence of ammonium nitrate and organic supplements on the growth and enzyme activities of *Pleurotus ostreatus* during fermentation of straw. European Journal of Applied Microbiology and Biotechnology, 9(1), 37-44. <https://doi.org/10.1007/BF00504424>.

## **8. ANEXOS**

### Anexo 1. Croquis del experimento



## Anexo 2. Acondicionamiento del ambiente



Fuente propia: Carpa solar



Fuente propia: Adecuación del ambiente



Fuente propia: Instalación de riego



Fuente propia: Encalado



Fuente propia: Tendido de grava

## Anexo 3. Preparación y pasteurización de sustratos



Fuente propia: Paja picada



Fuente propia: alfalfa deshidratada



Fuente propia: Preparación de sustrato



Fuente propia: Embolsado



Fuente propia: Esterilización del sustrato



Fuente propia: Oreado

#### Anexo 4. Siembra o inoculación



Fuente propia: materiales y micelio



Fuente propia: Peso al micelio



Fuente propia: Inoculación



Fuente propia: Sustrato inoculado



Fuente propia: Sustratos con micelio

### Anexo 5. Incubación



Fuente propia: Amb. de incubación



Fuente propia: Inc. de bolsas



Fuente propia: Crec. micelar

### Anexo 6. Fructificación



Fuente propia: Primordios



Fuente propia: Crecimiento



Fuente propia: Fructificación



Fuente propia: Medicion

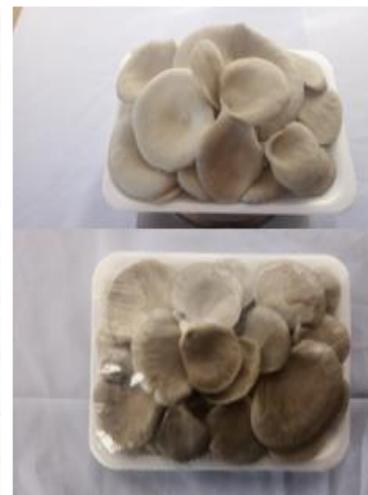
### Anexo 7. Cosecha y empaquetado



Fuente propia: Cosecha



Fuente propia: Pesado de hongo



Fuente propia: Empaquetado

### Anexo 8. Detalle y conformación de los tratamientos

Tratamientos	Peso de sustrato seco (gr)	Peso de sustrato humedo (gr)	Peso de micelio inoculado (gr)
T1 (A100%)	670	2150	108
T4 (A90% + A110%)	670	2150	108
T5 (A80% + A120%)	670	2150	108
T2 (C100%)	670	2120	106
T6 (C90% + A110%)	670	2120	106
T7 (C80% + A120%)	670	2120	106
T3 (T100%)	670	2200	110
T8 (T90% + A110%)	670	2200	110
T9 (T80% + A120%)	670	2200	110

## Anexo 9. Costos de producción para sustrato paja de avena

No	Descripción	Unidad	Cantidad	P/U (Bs)	Costo Total (Bs)
<b>I. COSTOS VARIABLES</b>					<b>13549,80</b>
<b>1. Insumos</b>					<b>11541</b>
1	Semilla de Pleurotus ostreatus	kg	160	50	8000
2	Paja de Avena	t	1	1666	1666
3	Cal agricola	Sacos	5	30	150
4	Ipoclorito de sodio 1 L	Unidad	5	10	50
5	Amonio cuatrario 1L	Unidad	1	70	70
6	Alcohol 96° 1L	Unidad	15	13	195
7	Bolsas polipropileno (100 unid./paquete)	Paquetes	8	40	320
8	Bandeja de poliesterino (100 unid./paq.)	Paquetes	8	40	320
9	Papel Fill de PVC 1 rollo	Unidad	3	90	270
10	Gas	Unidad	2	22,5	45
11	Barbijo desechables	Paquetes	1	10	10
12	Gorros desechable	Paquetes	1	15	15
13	Oberol	Unidad	3	50	150
14	Guantes	Unidad	3	12	36
15	Mandiles	Unidad	3	40	120
16	Bolsas de malla	Unidad	8	3	24
17	Transporte	Unidad	1	100	100
<b>2. Labores culturales</b>					<b>1710</b>
1	Adecuacion y desinfeccion de ambiente	Jornales	3	150	450
2	Preparacion y esterilizacion de sustrato	Jornales	3	120	360
3	Sembrado	Jornales	3	100	300
4	Cosecha	Jornales	3	100	300
5	Empaquetado	Jornales	3	100	300
<b>3. otros gastos</b>					<b>298,8</b>
1	Agua	Servicio	12	17,5	210
2	Energia electrica	Servicio	12	7,4	88,8
<b>II. COSTOS FIJOS</b>					<b>8639</b>
1	Balanza degital, sensibilidad 0.1-1000g	Unidad	1	120	120
2	Mechero	Unidad	2	15	30
3	Termometro de mercurio vapor (100) C°	Unidad	1	70	70
4	Termometro ambiental de max. Y min.	Unidad	2	70	140
5	Termo higrometro digital	Unidad	1	200	200
6	Medidor de CO2	Unidad	1	200	200
7	Ventilador	Unidad	1	100	100
8	Cocina	Unidad	2	90	180
9	Kit de riego sime automatizado	Unidad	1	1059	1059
10	Estanterias	Unidad	1	500	500
11	Cuchillo	Unidad	2	10	20
12	Cilindro estirelizador	Unidad	2	80	160
13	Laminas de plastico (3 x 30)m	m	25	8	200
14	Machetes	Unidad	3	20	60
15	Tela polipropileno (4*3)	m	1	100	100
16	Malla sombra 90% (4*3)	m	1	100	100
17	Agrofil 250 micrones	Unidad	1	250	250
18	Plastaformo	Unidad	1	550	550
19	Grava	m3	1	100	100
20	Gastos operativos	General	3	1500	4500
<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN</b>					<b>22188,80</b>
<b>C.T. DE PROD. + imprevistos (5%)</b>					<b>23298,24</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>					
Produccion total			kg/t		815,09
Produccion total ajustado al 5%			kg/t		774,34
Costo total de produccion			Bs		23298,24
Precio 1 kg hongo fresco			Bs		80,00
Ingreso bruto			Bs		61946,84
Ingreso neto			Bs		38648,60
Relacion Beneficio costo (B/C)					2,66

## Anexo 10. Costos de producción para sustrato paja de cebada

No	Descripción	Unidad	Cantidad	P/U (Bs)	Costo Total (Bs)
<b>I. COSTOS VARIABLES</b>					<b>13449,8</b>
<b>1.Insumos</b>					<b>11441</b>
1	Semilla de Pleurotus ostreatus	kg	158	50	7900
2	Paja de cebada	t	1	1666	1666
3	Cal agricola	Sacos	5	30	150
4	Ipcloclorito de sodio 1 L	Unidad	5	10	50
5	Amonio cuatrario 1L	Unidad	1	70	70
6	Alcohol 96° 1L	Unidad	15	13	195
7	Bolsas polipropileno (100 unid./paquete)	Paquetes	8	40	320
8	Bandeja de poliesterino (100 unid./paq.)	Paquetes	8	40	320
9	Papel Fill de PVC 1 rollo	Unidad	3	90	270
10	Gas	Unidad	2	22,5	45
11	Barbijo desechables	Paquetes	1	10	10
12	Gorros desechable	Paquetes	1	15	15
13	Oberol	Unidad	3	50	150
14	Guantes	Unidad	3	12	36
15	Mandiles	Unidad	3	40	120
16	Bolsas de malla	Unidad	8	3	24
17	Transporte	Unidad	1	100	100
<b>2. Labores culturales</b>					<b>1710</b>
1	Adecuacion y desinfeccion de ambiente	Jornales	3	150	450
2	Preparacion y esterilizacion de sustrato	Jornales	3	120	360
3	Sembrado	Jornales	3	100	300
4	Cosecha	Jornales	3	100	300
5	Empaquetado	Jornales	3	100	300
<b>3. otros gastos</b>					<b>298,8</b>
1	Agua	Servicio	12	17,5	210
2	Energia electrica	Servicio	12	7,4	88,8
<b>II. COSTOS FIJOS</b>					<b>8639</b>
1	Balanza degital, sensibilidad 0.1-1000g	Unidad	1	120	120
2	Mechero	Unidad	2	15	30
3	Termometro de mercurio vapor (100) C°	Unidad	1	70	70
4	Termometro ambiental de max. Y min.	Unidad	2	70	140
5	Termo higrometro digital	Unidad	1	200	200
6	Medidor de CO2	Unidad	1	200	200
7	Ventilador	Unidad	1	100	100
8	Cocina	Unidad	2	90	180
9	Kit de riego sime automatizado	Unidad	1	1059	1059
10	Estanterias	Unidad	1	500	500
11	Cilindro estirelizador	Unidad	2	80	160
12	Cuchillo	Unidad	2	10	20
13	Laminas de plastico (3 x 30)m	m	25	8	200
14	Machetes	Unidad	3	20	60
15	Tela polipropileno (4*3)	m	1	100	100
16	Malla sombra 90% (4*3)	m	1	100	100
17	Agrofil 250 micronnes	Unidad	1	250	250
18	Plastaformo	Unidad	1	550	550
19	Grava	m3	1	100	100
20	Gastos operativos	General	3	1500	4500
<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN</b>					<b>22088,80</b>
<b>C.T. DE PROD. + imprevistos (5%)</b>					<b>23193,24</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>					
Produccion total			kg/t		708,40
Produccion total ajustado al 5%			kg/t		672,98
Costo total de produccion			Bs		23193,24
Precio 1 kg hongo fresco			Bs		80,00
Ingreso bruto			Bs		53838,40
Ingreso neto			Bs		30645,16
Relacion Beneficio costo (B/C)					2,32

### Anexo 11. Costos de producción para sustrato paja de trigo

No	Descripción	Unidad	Cantidad	P/U (Bs)	Costo Total (Bs)
<b>I. COSTOS VARIABLES</b>					<b>13849,80</b>
<b>1. Insumos</b>					<b>11841</b>
1	Semilla de Pleurotus ostreatus	kg	166	50	8300
2	Paja de trigo	t	1	1666	1666
3	Cal agricola	Sacos	5	30	150
4	Ipoclorito de sodio 1 L	Unidad	5	10	50
5	Amonio cuatrnario 1L	Unidad	1	70	70
6	Alcohol 96° 1L	Unidad	15	13	195
7	Bolsas polipropileno (100 unid./paquete)	Paquetes	8	40	320
8	Bandeja de poliesterino (100 unid./paq)	Paquetes	8	40	320
9	Papel Fill de PVC 1 rollo	Unidad	3	90	270
10	Gas	Unidad	2	22,5	45
11	Barbijo desechables	Paquetes	1	10	10
12	Gorros desechable	Paquetes	1	15	15
13	Oberol	Unidad	3	50	150
14	Guantes	Unidad	3	12	36
15	Mandiles	Unidad	3	40	120
16	Bolsas de malla	Unidad	8	3	24
17	Transporte	Unidad	1	100	100
<b>2. Labores culturales</b>					<b>1710</b>
1	Adecuacion y desinfeccion de ambiente	Jornales	3	150	450
2	Preparacion y esterilizacion de sustrato	Jornales	3	120	360
3	Sembrado	Jornales	3	100	300
4	Cosecha	Jornales	3	100	300
5	Empaquetado	Jornales	3	100	300
<b>3. otros gastos</b>					<b>298,8</b>
1	Agua	Servicio	12	17,5	210
12	Energia electrica	Servicio	12	7,4	88,8
<b>II. COSTOS FIJOS</b>					<b>8639</b>
1	Balanza degital, sensibilidad 0.1-1000g	Unidad	1	120	120
2	Mechero	Unidad	2	15	30
3	Termometro de mercurio vapor (100) C°	Unidad	1	70	70
4	Termometro ambiental de max. Y min.	Unidad	2	70	140
5	Termo higrometro digital	Unidad	1	200	200
6	Medidor de CO2	Unidad	1	200	200
8	Ventilador	Unidad	1	100	100
9	Cocina	Unidad	2	90	180
10	Kit de riego sime automatizado	Unidad	1	1059	1059
11	Estanterias	Unidad	1	500	500
12	Cilindro estirelizador	Unidad	2	80	160
13	Cuchillo	Unidad	2	10	20
14	Laminas de plastico (3 x 30)m	m	25	8	200
15	Machetes	Unidad	3	20	60
16	Tela polipropileno (4*3)	m	1	100	100
17	Malla sombra 90% (4*3)	m	1	100	100
18	Agrofil 250 micronnes	Unidad	1	250	250
19	Plastaformo	Unidad	1	550	550
20	Grava	m3	1	100	100
21	Gastos operativos	General	3	1500	4500
<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN</b>					<b>22488,80</b>
<b>C.T. DE PROD. + imprevistos</b>					<b>5%</b>
					<b>23613,24</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>					
Produccion total			kg/t		510,23
Produccion total ajustado al 5%			kg/t		484,72
Costo total de produccion			Bs		23613,24
Precio 1 kg hongo fresco			Bs		80,00
Ingreso bruto			Bs		38777,48
Ingreso neto			Bs		15164,24
Relacion Beneficio costo (B/C)					1,64

## Anexo 12. Costos de producción para sustrato paja de avena 90% + alfalfa 10%

No	Descripción	Unidad	Cantidad	P/U (Bs)	Costo Total (Bs)
<b>I. COSTOS VARIABLES</b>					<b>13823,80</b>
<b>1. Insumos</b>					<b>11815</b>
1	Semilla de Pleurotus ostreatus	kg	160	50	8000
2	Paja de Avena	kg	900	1,6	1440
3	Alfalfa deshidratada	kg	100	5	500
4	Cal agricola	Sacos	5	30	150
5	Ipoclorito de sodio 1 L	Unidad	5	10	50
6	Amonio cuatrnario 1L	Unidad	1	70	70
7	Alcohol 96° 1L	Unidad	15	13	195
8	Bolsas polipropileno (100 unid./paquete)	Paquetes	8	40	320
9	Bandeja de poliesterino (100 unid./paq.)	Paquetes	8	40	320
10	Papel Fill de PVC 1 rollo	Unidad	3	90	270
11	Gas	Unidad	2	22,5	45
12	Barbijo desechables	Paquetes	1	10	10
13	Gorros desechable	Paquetes	1	15	15
14	Oberol	Unidad	3	50	150
15	Guantes	Unidad	3	12	36
16	Mandiles	Unidad	3	40	120
17	Bolsas de malla	Unidad	8	3	24
18	Transporte	Unidad	1	100	100
<b>2. Labores culturales</b>					<b>1710</b>
1	Adecuacion y desinfeccion de ambiente	Jornales	3	150	450
2	Preparacion y esterilizacion de sustrato	Jornales	3	120	360
3	Sembrado	Jornales	3	100	300
4	Cosecha	Jornales	3	100	300
5	Empaquetado	Jornales	3	100	300
<b>3. otros gastos</b>					<b>298,8</b>
1	Agua	Servicio	12	17,5	210
2	Energia electrica	Servicio	12	7,4	88,8
<b>II. COSTOS FIJOS</b>					<b>8639</b>
1	Balanza degital, sensibilidad 0.1-1000g	Unidad	1	120	120
2	Mechero	Unidad	2	15	30
3	Termometro de mercurio vapor (100) C°	Unidad	1	70	70
4	Termometro ambiental de max. Y min.	Unidad	2	70	140
5	Termo higrometro digital	Unidad	1	200	200
6	Medidor de CO2	Unidad	1	200	200
7	Ventilador	Unidad	1	100	100
8	Cocina	Unidad	2	90	180
9	Kit de riego sime automatizado	Unidad	1	1059	1059
10	Estanterías	Unidad	1	500	500
11	Cuchillo	Unidad	2	10	20
12	Cilindro estirelizador	Unidad	2	80	160
13	Laminas de plastico (3 x 30)m	m	25	8	200
14	Machetes	Unidad	3	20	60
15	Tela polipropileno (4*3)	m	1	100	100
16	Malla sombra 90% (4*3)	m	1	100	100
17	Agrofil 250 micronnes	Unidad	1	250	250
18	Plastaformo	Unidad	1	550	550
19	Grava	m3	1	100	100
20	Gastos operativos	General	3	1500	4500
<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN</b>					<b>22462,80</b>
<b>C.T. DE PROD. + imprevistos (5%)</b>					<b>23585,94</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>					
Produccion total			kg/t		808,18
Produccion total ajustado al 5%			kg/t		767,77
Costo total de produccion			Bs		23585,94
Precio 1 kg hongo fresco			Bs		80,00
Ingreso bruto			Bs		61421,68
Ingreso neto			Bs		37835,74
Relacion Beneficio costo (B/C)					2,60

### Anexo 13. Costos de producción para sustrato paja de avena 80% + alfalfa 20%

No	Descripción	Unidad	Cantidad	P/U (Bs)	Costo Total (Bs)
<b>I. COSTOS VARIABLES</b>					<b>14163,8</b>
<b>1. Insumos</b>					<b>12155</b>
1	Semilla de Pleurotus ostreatus	kg	160	50	8000
2	Paja de Avena	kg	800	1,6	1280
3	Alfalfa deshidratada	kg	200	5	1000
4	Cal agricola	Sacos	5	30	150
5	Ipoclorito de sodio 1 L	Unidad	5	10	50
6	Amonio cuatrnario 1L	Unidad	1	70	70
7	Alcohol 96° 1L	Unidad	15	13	195
8	Bolsas polipropileno (100 unid./paquete)	Paquetes	8	40	320
9	Bandeja de poliesterino (100 unid./paq.)	Paquetes	8	40	320
10	Papel Fill de PVC 1 rollo	Unidad	3	90	270
11	Gas	Unidad	2	22,5	45
12	Barbijo desechables	Paquetes	1	10	10
13	Gorros desechable	Paquetes	1	15	15
14	Oberol	Unidad	3	50	150
15	Guantes	Unidad	3	12	36
16	Mandiles	Unidad	3	40	120
17	Bolsas de malla	Unidad	8	3	24
18	Transporte	Unidad	1	100	100
<b>2. Labores culturales</b>					<b>1710</b>
1	Adecuacion y desinfeccion de ambiente	Jornales	3	150	450
2	Preparacion y esterilizacion de sustrato	Jornales	3	120	360
3	Sembrado	Jornales	3	100	300
4	Cosecha	Jornales	3	100	300
5	Empaquetado	Jornales	3	100	300
<b>3. otros gastos</b>					<b>298,8</b>
1	Agua	Servicio	12	17,5	210
2	Energia electrica	Servicio	12	7,4	88,8
<b>II. COSTOS FIJOS</b>					<b>8639</b>
1	Balanza degital, sensibilidad 0.1-1000g	Unidad	1	120	120
2	Mechero	Unidad	2	15	30
3	Termometro de mercurio vapor (100) C°	Unidad	1	70	70
4	Termometro ambiental de max. Y min.	Unidad	2	70	140
5	Termo higrometro digital	Unidad	1	200	200
6	Medidor de CO2	Unidad	1	200	200
7	Ventilador	Unidad	1	100	100
8	Cocina	Unidad	2	90	180
9	Kit de riego sime automatizado	Unidad	1	1059	1059
10	Estanterias	Unidad	1	500	500
11	Cuchillo	Unidad	2	10	20
12	Cilindro estirelizador	Unidad	2	80	160
13	Laminas de plastico (3 x 30)m	m	25	8	200
14	Machetes	Unidad	3	20	60
15	Tela polipropileno (4*3)	m	1	100	100
16	Malla sombra 90% (4*3)	m	1	100	100
17	Agrofil 250 micronnes	Unidad	1	250	250
18	Plastaformo	Unidad	1	550	550
19	Grava	m3	1	100	100
20	Gastos operativos	General	3	1500	4500
<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN</b>					<b>22802,80</b>
<b>C.T. DE PROD. + imprevistos (5%)</b>					<b>23942,94</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>					
Produccion total			kg/t		744,33
Produccion total ajustado al 5%			kg/t		707,11
Costo total de produccion			Bs		23942,94
Precio 1 kg hongo fresco			Bs		80,00
Ingreso bruto			Bs		56569,08
Ingreso neto			Bs		32626,14
Relacion Beneficio costo (B/C)					2,36

### Anexo 14. Costos de producción para sustrato paja de cebada 90% + alfalfa 10%

No	Descripción	Unidad	Cantidad	P/U (Bs)	Costo Total (Bs)
<b>I. COSTOS VARIABLES</b>					<b>13723,8</b>
<b>1.Insumos</b>					<b>11715</b>
1	Semilla de Pleurotus ostreatus	kg	158	50	7900
2	Paja de cebada	kg	900	1,6	1440
3	Alfalfa deshidratada	kg	100	5	500
4	Cal agricola	Sacos	5	30	150
5	Ipoclorito de sodio 1 L	Unidad	5	10	50
6	Amonio cuatrnario 1L	Unidad	1	70	70
7	Alcohol 96° 1L	Unidad	15	13	195
8	Bolsas polipropileno (100 unid./paquete)	Paquetes	8	40	320
9	Bandeja de poliesterino (100 unid./paq.)	Paquetes	8	40	320
10	Papel Fill de PVC 1 rollo	Unidad	3	90	270
11	Gas	Unidad	2	22,5	45
12	Barbijo desechables	Paquetes	1	10	10
13	Gorros desechable	Paquetes	1	15	15
14	Oberol	Unidad	3	50	150
15	Guantes	Unidad	3	12	36
16	Mandiles	Unidad	3	40	120
17	Bolsas de malla	Unidad	8	3	24
18	Transporte	Unidad	1	100	100
<b>2. Labores culturales</b>					<b>1710</b>
1	Adecuacion y desinfeccion de ambiente	Jornales	3	150	450
2	Preparacion y esterilizacion de sustrato	Jornales	3	120	360
3	Sembrado	Jornales	3	100	300
4	Cosecha	Jornales	3	100	300
5	Empaquetado	Jornales	3	100	300
<b>3. otros gastos</b>					<b>298,8</b>
1	Agua	Servicio	12	17,5	210
2	Energia electrica	Servicio	12	7,4	88,8
<b>II. COSTOS FIJOS</b>					<b>8639</b>
1	Balanza degital, sensibilidad 0.1-1000g	Unidad	1	120	120
2	Mechero	Unidad	2	15	30
3	Termometro de mercurio vapor (100) C°	Unidad	1	70	70
4	Termometro ambiental de max. Y min.	Unidad	2	70	140
5	Termo higrometro digital	Unidad	1	200	200
6	Medidor de CO2	Unidad	1	200	200
7	Ventilador	Unidad	1	100	100
8	Cocina	Unidad	2	90	180
9	Kit de riego sime automatizado	Unidad	1	1059	1059
10	Estanterias	Unidad	1	500	500
11	Cilindro estirelizador	Unidad	2	80	160
12	Cuchillo	Unidad	2	10	20
13	Laminas de plastico (3 x 30)m	m	25	8	200
14	Machetes	Unidad	3	20	60
15	Tela polipropileno (4*3)	m	1	100	100
16	Malla sombra 90% (4*3)	m	1	100	100
17	Agrofil 250 micrones	Unidad	1	250	250
18	Plastaformo	Unidad	1	550	550
19	Grava	m3	1	100	100
20	Gastos operativos	General	3	1500	4500
<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN</b>					<b>22362,80</b>
<b>C.T. DE PROD. + imprevistos (5%)</b>					<b>23480,94</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>					
Produccion total			kg/t		715,59
Produccion total ajustado al 5%			kg/t		679,81
Costo total de produccion			Bs		23480,94
Precio 1 kg hongo fresco			Bs		80,00
Ingreso bruto			Bs		54384,84
Ingreso neto			Bs		30903,90
Relacion Beneficio costo (B/C)					2,32

### Anexo 15. Costos de producción para sustrato paja de cebada 80% + alfalfa 20%

No	Descripción	Unidad	Cantidad	P/U (Bs)	Costo Total (Bs)
<b>I. COSTOS VARIABLES</b>					<b>14063,8</b>
<b>1.Insumos</b>					<b>12055</b>
1	Semilla de Pleurotus ostreatus	kg	158	50	7900
2	Paja de cebada	kg	800	1,6	1280
3	Alfalfa deshidratada	kg	200	5	1000
4	Cal agricola	Sacos	5	30	150
5	Ipoclorito de sodio 1 L	Unidad	5	10	50
6	Amonio cuatrario 1L	Unidad	1	70	70
7	Alcohol 96° 1L	Unidad	15	13	195
8	Bolsas polipropileno (100 unid./paquete)	Paquetes	8	40	320
9	Bandeja de poliesterino (100 unid./paq.)	Paquetes	8	40	320
10	Papel Fill de PVC 1 rollo	Unidad	3	90	270
11	Gas	Unidad	2	22,5	45
12	Barbijo desechables	Paquetes	1	10	10
13	Gorros desechable	Paquetes	1	15	15
14	Oberol	Unidad	3	50	150
15	Guantes	Unidad	3	12	36
16	Mandiles	Unidad	3	40	120
17	Bolsas de malla	Unidad	8	3	24
18	Transporte	Unidad	1	100	100
<b>2. Labores culturales</b>					<b>1710</b>
1	Adecuacion y desinfeccion de ambiente	Jornales	3	150	450
2	Preparacion y esterilizacion de sustrato	Jornales	3	120	360
3	Sembrado	Jornales	3	100	300
4	Cosecha	Jornales	3	100	300
5	Empaquetado	Jornales	3	100	300
<b>3. otros gastos</b>					<b>298,8</b>
1	Agua	Servicio	12	17,5	210
2	Energia electrica	Servicio	12	7,4	88,8
<b>II. COSTOS FIJOS</b>					<b>8639</b>
1	Balanza degital, sensibilidad 0.1-1000g	Unidad	1	120	120
2	Mechero	Unidad	2	15	30
3	Termometro de mercurio vapor (100) C°	Unidad	1	70	70
4	Termometro ambiental de max. Y min.	Unidad	2	70	140
5	Termo higrometro digital	Unidad	1	200	200
6	Medidor de CO2	Unidad	1	200	200
7	Ventilador	Unidad	1	100	100
8	Cocina	Unidad	2	90	180
9	Kit de riego sime automatizado	Unidad	1	1059	1059
10	Estanterias	Unidad	1	500	500
11	Cilindro estirelizador	Unidad	2	80	160
12	Cuchillo	Unidad	2	10	20
13	Laminas de plastico (3 x 30)m	m	25	8	200
14	Machetes	Unidad	3	20	60
15	Tela polipropileno (4*3)	m	1	100	100
16	Malla sombra 90% (4*3)	m	1	100	100
17	Agrofil 250 micrones	Unidad	1	250	250
18	Plastaformo	Unidad	1	550	550
19	Grava	m3	1	100	100
20	Gastos operativos	General	3	1500	4500
<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN</b>					<b>22702,80</b>
<b>C.T. DE PROD. + imprevistos (5%)</b>					<b>23837,94</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>					
Produccion total			kg/t		721,67
Produccion total ajustado al 5%			kg/t		685,59
Costo total de produccion			Bs		23837,94
Precio 1 kg hongo fresco			Bs		80,00
Ingreso bruto			Bs		54846,92
Ingreso neto			Bs		31008,98
Relacion Beneficio costo (B/C)					2,30

### Anexo 16. Costos de producción para sustrato paja de trigo 90% + alfalfa 10%

No	Descripción	Unidad	Cantidad	P/U (Bs)	Costo Total (Bs)
<b>I. COSTOS VARIABLES</b>					<b>14123,80</b>
<b>1.Insumos</b>					<b>12115</b>
1	Semilla de Pleurotus ostreatus	kg	166	50	8300
2	Paja de trigo	kg	900	1,6	1440
3	Alfalfa deshidratada	kg	100	5	500
4	Cal agricola	Sacos	5	30	150
5	Ipcloclorito de sodio 1 L	Unidad	5	10	50
6	Amonio cuatrario 1L	Unidad	1	70	70
7	Alcohol 96° 1L	Unidad	15	13	195
8	Bolsas polipropileno (100 unid./paquete)	Paquetes	8	40	320
9	Bandeja de poliesterino (100 unid./paq.)	Paquetes	8	40	320
10	Papel Fill de PVC 1 rollo	Unidad	3	90	270
11	Gas	Unidad	2	22,5	45
12	Barbijo desechables	Paquetes	1	10	10
13	Gorros desechable	Paquetes	1	15	15
14	Oberol	Unidad	3	50	150
15	Guantes	Unidad	3	12	36
16	Mandiles	Unidad	3	40	120
17	Bolsas de malla	Unidad	8	3	24
18	Transporte	Unidad	1	100	100
<b>2. Labores culturales</b>					<b>1710</b>
1	Adecuacion y desinfeccion de ambiente	Jornales	3	150	450
2	Preparacion y esterilizacion de sustrato	Jornales	3	120	360
3	Sembrado	Jornales	3	100	300
4	Cosecha	Jornales	3	100	300
5	Empaquetado	Jornales	3	100	300
<b>3. otros gastos</b>					<b>298,8</b>
1	Agua	Servicio	12	17,5	210
2	Energia electrica	Servicio	12	7,4	88,8
<b>II. COSTOS FIJOS</b>					<b>8639</b>
1	Balanza degital, sensibilidad 0.1-1000g	Unidad	1	120	120
2	Mechero	Unidad	2	15	30
3	Termometro de mercurio vapor (100) C°	Unidad	1	70	70
4	Termometro ambiental de max. Y min.	Unidad	2	70	140
5	Termo higrometro digital	Unidad	1	200	200
6	Medidor de CO2	Unidad	1	200	200
7	Ventilador	Unidad	1	100	100
8	Cocina	Unidad	2	90	180
9	Kit de riego sime automatizado	Unidad	1	1059	1059
10	Estanterias	Unidad	1	500	500
11	Cilindro estirelizador	Unidad	2	80	160
12	Cuchillo	Unidad	2	10	20
13	Laminas de plastico (3 x 30)m	m	25	8	200
14	Machetes	Unidad	3	20	60
15	Tela polipropileno (4*3)	m	1	100	100
16	Malla sombra 90% (4*3)	m	1	100	100
17	Agrofil 250 micronnes	Unidad	1	250	250
18	Plastaformo	Unidad	1	550	550
19	Grava	m3	1	100	100
20	Gastos operativos	General	3	1500	4500
<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN</b>					<b>22762,80</b>
<b>C.T. DE PROD. + imprevistos</b>				<b>5%</b>	<b>23900,94</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>					
Produccion total			kg/t		561,08
Produccion total ajustado al 5%			kg/t		533,03
Costo total de produccion			Bs		23900,94
Precio 1 kg hongo fresco			Bs		80,00
Ingreso bruto			Bs		42642,08
Ingreso neto			Bs		18741,14
Relacion Beneficio costo (B/C)					1,78

### Anexo 17. Costos de producción para sustrato paja de trigo 80% + alfalfa 20%

No	Descripción	Unidad	Cantidad	P/U (Bs)	Costo Total (Bs)
<b>I. COSTOS VARIABLES</b>					<b>14463,80</b>
<b>1.Insumos</b>					<b>12455</b>
1	Semilla de Pleurotus ostreatus	kg	166	50	8300
2	Paja de trigo	kg	800	1,6	1280
3	Alfalfa deshidratada	kg	200	5	1000
4	Cal agricola	Sacos	5	30	150
5	Ipoclorito de sodio 1 L	Unidad	5	10	50
6	Amonio cuatrnario 1L	Unidad	1	70	70
7	Alcohol 96° 1L	Unidad	15	13	195
8	Bolsas polipropileno (100 unid./paquete)	Paquetes	8	40	320
9	Bandeja de poliesterino (100 unid./paq.)	Paquetes	8	40	320
10	Papel Fill de PVC 1 rollo	Unidad	3	90	270
11	Gas	Unidad	2	22,5	45
12	Barbijo desechables	Paquetes	1	10	10
13	Gorros desechable	Paquetes	1	15	15
14	Oberol	Unidad	3	50	150
15	Guantes	Unidad	3	12	36
16	Mandiles	Unidad	3	40	120
17	Bolsas de malla	Unidad	8	3	24
18	Transporte	Unidad	1	100	100
<b>2. Labores culturales</b>					<b>1710</b>
1	Adecuacion y desinfeccion de ambiente	Jornales	3	150	450
2	Preparacion y esterilizacion de sustrato	Jornales	3	120	360
3	Sembrado	Jornales	3	100	300
4	Cosecha	Jornales	3	100	300
5	Empaquetado	Jornales	3	100	300
<b>3. otros gastos</b>					<b>298,8</b>
1	Agua	Servicio	12	17,5	210
2	Energia electrica	Servicio	12	7,4	88,8
<b>II. COSTOS FIJOS</b>					<b>8639</b>
1	Balanza degital, sensibilidad 0.1-1000g	Unidad	1	120	120
2	Mechero	Unidad	2	15	30
3	Termometro de mercurio vapor (100) C°	Unidad	1	70	70
4	Termometro ambiental de max. Y min.	Unidad	2	70	140
5	Termo higrometro digital	Unidad	1	200	200
6	Medidor de CO2	Unidad	1	200	200
7	Ventilador	Unidad	1	100	100
8	Cocina	Unidad	2	90	180
9	Kit de riego sime automatizado	Unidad	1	1059	1059
10	Estanterias	Unidad	1	500	500
11	Cilindro estirelizador	Unidad	2	80	160
12	Cuchillo	Unidad	2	10	20
13	Laminas de plastico (3 x 30)m	m	25	8	200
14	Machetes	Unidad	3	20	60
15	Tela polipropileno (4*3)	m	1	100	100
16	Malla sombra 90% (4*3)	m	1	100	100
17	Agrofil 250 micronnes	Unidad	1	250	250
18	Plastaformo	Unidad	1	550	550
19	Grava	m3	1	100	100
20	Gastos operativos	General	3	1500	4500
<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN</b>					<b>23102,80</b>
<b>C.T. DE PROD. + imprevistos</b>					<b>5%</b>
					<b>24257,94</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>					
Produccion total			kg/t		660,59
Produccion total ajustado al 5%			kg/t		627,56
Costo total de produccion			Bs		24257,94
Precio 1 kg hongo fresco			Bs		80,00
Ingreso bruto			Bs		50204,84
Ingreso neto			Bs		25946,90
Relacion Beneficio costo (B/C)					2,07