

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**TESIS**

---

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

---

Presentada por:

**Br. DELCY MARILU HUAMAN CHAVEZ**

Para optar al Título Profesional de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

Asesor(es):

Ing. M. Sc. Luis Justino Lizárraga  
Valencia

Ing. Nuria Ingrid Ramos Condori

Cusco – Perú

2023

# INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: DETERMINACION DE LA EFICIENCIA Biologica DEL Hongo / Pleurotus ostreatus (To. spum. ex Fr.) Kummer En cinco sustratos, Em e (centro AGRONOMICO Kayra - san JERONIMO - CUSCO  
presentado por: DEICY MARIAN HUMANA CHAVEZ con DNI Nro.: 60369944  
presentado por: ..... con DNI Nro.: .....  
para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO AGRONOMO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 1 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 9%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 21 de OCTUBRE de 2023

Firma

Post firma: LUIS JUSTINO LIZARRAGA VALENCIA

Nro. de DNI: 23902170

ORCID del Asesor: 0000-00001-5600-7998

ORCID 2° Asesor: 0009-0009-8687-6399

DNI: 47699924

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid:27259:281021309

NOMBRE DEL TRABAJO

**SUSTENTACIÓN- corregido.pdf**

AUTOR

**Delcy Huaman**

RECUENTO DE PALABRAS

**19415 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**102508 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**77 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**3.2MB**

FECHA DE ENTREGA

**Oct 27, 2023 5:32 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Oct 27, 2023 5:33 PM GMT-5****● 9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Fuentes excluidas manualmente

## **DEDICATORIA**

### **Al amado Dios.**

Con el sentimiento más sincero a Dios por darme la vida y estar a mi lado, cuidando y fortaleciéndome día tras día para continuar, bendiciéndome siempre con buena salud y amor.

### **A mis padres.**

A mis queridos padres: La Sra. Ceferina Chávez Pérez y el Sr. Luiz Huamán Álvarez, por el amor, ejemplo y el apoyo incondicional en el camino recorrido de mi vida y por darme la mejor herencia la de tener una profesión para mi futuro los amo con toda mi alma.

### **A mis hermanos.**

A mis hermanos Edwin, Dina, Willington, Ronald, Nike, Marisol, Ruth Nayda y Karen Shamira por todo el cariño, apoyo incondicional y confianza brindada en mis expectativas alcanzadas.

**A mi enamorado.** Por su motivación constante y apoyo incondicional.

**A mi colegio:** “Alto Salkantay” de Sahuayaco-Santa Teresa- La Convención-Cusco

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer en primer lugar a nuestro señor creador, a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco y a cada uno de los catedráticos y administrativos de la Escuela Profesional de Agronomía de la Facultad de Agronomía y Zootecnia, quienes con su apoyo, conocimientos y paciencia hicieron de mi un profesional con amplias nociones, responsabilidades y con un espíritu lleno de valores, que serán útiles para la sociedad.

De forma especial al Mgt. Luis J. Lizárraga Valencia, por su asesoramiento y acertadas sugerencias que pudieron llevar a cabo y culminar el presente trabajo de investigación.

A la Ing. Nuria Ingrid Ramos Condori, por su asesoramiento, guía, paciencia y apoyo en la culminación de mi trabajo de investigación.

A la Ing. Catalina Jiménez por su constante apoyo incondicional, preocupación y motivación.

A mi linda familia a mis padres y hermanos que siempre están hay conmigo en cada paso que doy en mi vida aun en las dificultades, en llantos y en las alegrías, agradezco infinitamente.

## CONTENIDO

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
RESUMEN .....	VIII
INTRODUCCIÓN .....	IX
I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN.....	10
1.1. Planteamiento del problema objeto de investigación.....	10
1.2. Formulación del problema .....	10
1.2.1. Problema general. ....	10
1.2.2. Problemas específicos.....	10
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....	11
2.1. Objetivo general .....	11
2.2. Objetivos específicos.....	11
2.3. Justificación .....	12
III. HIPÓTESIS .....	13
3.1. Hipótesis general.....	13
3.2. Hipótesis específicas .....	13
IV. MARCO TEÓRICO .....	14
4.1. Aspectos generales sobre hongos .....	14
4.1.1. Concepto de hongo.....	14
4.1.2. Variabilidad de hongos macroscópicos.....	14
4.1.3. Hongos comestibles.....	15
4.2. <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	16
4.2.1. Generalidades.....	16
4.2.2. Clasificación taxonómica.....	16
4.2.3. Morfología de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	17
4.2.4. Propiedades y valor nutricional .....	18
4.2.5. Factores ambientales para el desarrollo de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	20
4.2.6. Requerimientos nutricionales de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	20
4.2.7. Producción del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	23
4.3. <i>Sustratos para crecimiento de hongos</i> .....	28
4.3.1. Concepto.....	28
4.3.2. Tipos de sustrato.....	29
4.3.3. Sustratos utilizados para el crecimiento de <i>Pleurotus spp</i> .....	30

4.3.4.	Sustratos utilizados en la presente investigación.....	31
4.4.	Antecedentes de la investigación .....	35
V.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	39
5.1.	Tipo de investigación .....	39
5.2.	Ubicación temporal del experimento.....	39
5.3.	Ubicación del campo experimental.....	39
5.3.1.	Ubicación política.....	39
5.3.2.	Ubicación geográfica.....	39
5.3.3.	Ubicación hidrográfica.....	39
5.3.4.	Zona de vida .....	39
5.4.	Materiales, equipos y herramientas.....	40
5.5.	Métodos.....	40
5.5.1.	Diseño experimental .....	40
5.5.2.	Tratamientos .....	41
5.5.3.	Características del área experimental.....	41
5.5.4.	Conducción del experimento.....	41
5.5.5.	Método de cálculo por objetivo específico .....	47
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	51
6.1.	Eficiencia biológica .....	51
6.2.	Tasa de productividad .....	54
6.3.	Peso de basidiocarpos .....	57
6.4.	Cantidad de basidiocarpos por bolsa.....	58
VII.	CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS.....	61
	BIBLIOGRAFÍA .....	63
VIII.	ANEXOS.....	68

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Contenido nutricional de <i>Pleurotus</i> spp. ....	18
Tabla 2: Valores óptimos de los factores que influyen en el crecimiento de <i>Pleurotus</i> spp. ....	20
Tabla 3: Requerimiento nutricional del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	23
Tabla 4: Composición química bromatológica de rastrojo de maíz .....	32
Tabla 5: Composición química madera de eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> ) determinado a 1.3 m de altura del tronco .....	32
Tabla 6: Composición química bromatológica de rastrojo de avena .....	33
Tabla 7: Composición química bromatológica de rastrojo de cebada .....	34
Tabla 8: Composición química bromatológica de tallos y hojas de yacón.....	34
Tabla 9: Comparativo entre la demanda por nutrientes del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> y la oferta de nutrientes de los sustratos evaluados. ....	35
Tabla 10: Tratamientos .....	41
Tabla 11: Eficiencia biológica (%) .....	51
Tabla 12: Estadísticos descriptivos para eficiencia biológica .....	51
Tabla 13: Análisis de varianza para eficiencia biológica al 95% de significancia .	52
Tabla 14: Prueba de Tukey para eficiencia biológica .....	53
Tabla 15: Tasa de productividad (%/día).....	54
Tabla 16: Estadísticos descriptivos para tasa de productividad .....	54
Tabla 17: Análisis de varianza para tasa de productividad al 95% de significancia .....	55
Tabla 18: Prueba de Tukey para tasa de productividad .....	56
Tabla 19: Peso de basidiocarpos (g).....	57
Tabla 20: Estadísticos descriptivos para peso de basidiocarpos .....	57
Tabla 21: Análisis de varianza para peso de basidiocarpos al 95% de significancia .....	57
Tabla 22: Prueba de Tukey para peso de basidiocarpos .....	58
Tabla 23: Cantidad de basidiocarpo por bolsa .....	58
Tabla 24: Estadísticos descriptivos para cantidad de basidiocarpo por bolsa.....	59
Tabla 25: Análisis de varianza para cantidad de basidiocarpo por bolsa al 95% de significancia.....	59
Tabla 26: Prueba de Tukey para peso cantidad de basidiocarpo por bolsa.....	60
Tabla 27: Días de inoculación a última cosecha de basidiocarpos .....	68

Tabla 28: Peso de sustrato seco final (kg) .....	68
Tabla 29: Producción de basidiocarpos por cosecha (g) – Rastrojo de yacón.....	68
Tabla 30: Producción de basidiocarpos por cosecha (g) – Rastrojo de maíz.....	69
Tabla 31: Producción de basidiocarpos por cosecha (g) – Rastrojo de cebada...	69
Tabla 32: Producción de basidiocarpos por cosecha (g) – Rastrojo de avena.....	70
Tabla 33: Producción de basidiocarpos por cosecha (g) – Viruta de madera de eucalipto.....	70

## RESUMEN

El trabajo de investigación “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”, fue realizado del 15 de febrero al 27 de julio del 2020.

El objetivo general fue determinar cuál de los sustratos genera mayor producción y productividad del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fr.) Kummer, fueron evaluados cinco sustratos: rastrojo de yacón, rastrojo de maíz, rastrojo de cebada, rastrojo de avena y viruta de madera de eucalipto, se utilizó el diseño completamente al azar con 25 unidades experimentales.

Las conclusiones fueron: Los sustratos de rastrojo de yacón y rastrojo de maíz presentaron mejor eficiencia biológica que los sustratos de rastrojo de cebada, avena y viruta de madera de eucalipto, con 30.05 y 27.23% de eficiencia biológica respectivamente. El sustrato rastrojo de yacón permitió obtener la mayor tasa productiva comparada con los demás sustratos con un promedio de 0.23%/día. Los sustratos rastrojo de yacón y rastrojo de maíz presentaron la mayor producción de basidiocarpos por bolsa que los sustratos rastrojo de cebada, avena y viruta de madera de eucalipto con 901.5 y 816.8 g de basidiocarpos por bolsa. El sustrato rastrojo de maíz con un promedio de 21.2 basidiocarpos por bolsa fue el mejor comparado con los demás sustratos evaluados.

### **PALABRAS CLAVES:**

Hongo comestible, *pleurotus ostreatus*, eficiencia biológica, sustratos

## INTRODUCCIÓN

El hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fr.) Kummer es cultivado a nivel mundial por su valor nutricional, contiene de 10 a 30% de proteínas, es rica en vitaminas, especialmente tiamina (vitamina B1), riboflavina (vitamina B2), niacina, biotina y ácido ascórbico (vitamina C), es también una gran opción para la comida vegetariana, incluso se menciona propiedades terapéuticas, se ha demostrado que el consumo de basidiocarpos de *P. ostreatus*, contiene varios tipos de estatinas, que previenen el incremento de colesterol.

Una ventaja importante, es la gran capacidad que tiene el hongo *Pleurotus ostreatus* para crecer y producir en forma adecuada en un amplio rango de sustratos, además no es muy exigente en condiciones de temperatura y humedad, razón por la cual, su cultivo es relativamente fácil y tiene buena rentabilidad.

En la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fr.) Kummer se define eficiencia biológica como la relación que existe entre el peso de basidiocarpos producidos y el peso de sustrato que fue utilizado en este proceso, en otros términos, es la capacidad que tiene el hongo de convertir sustratos orgánicos en cuerpo fructífero, cuanto mayor sea la eficiencia es más rentable su producción, de las investigaciones realizadas se conoce que el tipo de sustrato utilizado afecta la eficiencia biológica del hongo.

En la región Cusco la mayoría de los cultivos dejan residuos abundantes como es el cultivo de papa, cebada para grano, trigo, cultivo de fabáceas como haba, arveja y tarwi, cereales como la kiwicha y la quinua, el maíz deja pocos residuos ya que se utiliza íntegramente en la alimentación animal, en ceja de selva el cultivo que deja residuos utilizables es el café al despulsarse las cerezas, todos estos residuos pueden utilizarse para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fr.) Kummer. Razón por la cual, es de gran importancia determinar que sustratos son los que permiten mejorar la eficiencia biológica y la tasa de productividad, de tal manera, que puedan ser adoptados por los productores.

La Autora

## I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema objeto de investigación

La eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fr.) Kummer depende directamente del sustrato utilizado para su cultivo, ya que requiere en su nutrición fuentes de carbono soluble como glucosa e insolubles como celulosa, requiere también nitrógeno, obtenido de compuestos orgánicos como aminoácidos y peptonas, por otro lado, los sustratos existentes en la zona, como son los rastrojos de cebada, avena, maíz, yacón, entre otros, tienen diferentes contenidos de glucosa, celulosa y proteínas, y por tanto, afectan en diferente grado a la eficiencia biológica del hongo.

En la región Cusco, no se tiene información sobre los diferentes sustratos disponibles y la eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus* cuando se cultiva sobre estos sustratos, razón por la cual, se realizan las siguientes preguntas de investigación:

### 1.2. Formulación del problema

#### 1.2.1. Problema general.

¿Cuál de los sustratos evaluados genera mayor producción y productividad del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fr.) Kummer?

#### 1.2.2. Problemas específicos.

1. ¿Cuál de los sustratos permite obtener la mayor eficiencia biológica y la mejor tasa de productividad del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fr.) Kummer?
2. ¿Con cuál de los sustratos se obtendrá mejor peso y mayor número de basidiocarpos por bolsa, del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fr.) Kummer?

## II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

### 2.1. Objetivo general

Determinar cuál de los sustratos genera mayor producción y productividad del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fr.) Kummer.

### 2.2. Objetivos específicos

1. Establecer cuál de los sustratos permite obtener la mayor eficiencia biológica y la mejor tasa de productividad del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fr.) Kummer.
2. Especificar cuál de los sustratos permite obtener mejor peso y mayor número de basidiocarpos por bolsa del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fr.) Kummer.

### 2.3. Justificación

La producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fr.) Kummer es de gran potencial en la región Cusco, especialmente en la zona rural, debido a las siguientes razones: la existencia de gran cantidad de residuos de cosecha, como son rastrojos de maíz, paja de cebada, avena y trigo, tallos y hojas de papa y otros residuos que muchas veces se queman en el campo para facilitar la siembra posterior, que pueden ser utilizados como sustratos de crecimiento, la infraestructura necesaria para su producción no requiere de gran inversión y que las grandes cualidades nutritivas que tiene el hongo puede servir para mejorar el nivel de nutrición de la población en general.

La producción del hongo *Pleurotus ostreatus* es una alternativa para mejorar los ingresos familiares de los pobladores de la zona rural, especialmente aquellos segmentos de la población campesina con pobreza extrema, puesto que, el cultivo de esta especie es relativamente fácil y de poca inversión, en términos generales requiere de sustrato orgánico que puede ser cualquier residuo de cosecha, un ambiente cerrado para controlar las condiciones de temperatura y humedad, esporas del hongo y agua para el riego constante.

La eficiencia biológica del hongo es un indicador de productividad, puesto que, determina la cantidad de sustrato necesario para producir una cantidad determinada de basidiocarpos, cuanto más alto el valor de la eficiencia biológica el costo de producción es menor y por tanto, mayor rentabilidad de la actividad, razón por la cual, determinar que sustratos permiten obtener la eficiencia biológica más elevada es de gran importancia en la producción comercial del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fr.) Kummer ya que podrá discriminarse los sustratos según este indicador y deberá recomendarse el uso de sustratos con mayor eficiencia biológica. La tasa productiva es también un indicador de productividad, ya que relaciona la eficiencia biológica con el tiempo de producción desde la inoculación hasta la última cosecha, por tanto, influye en la rentabilidad del cultivo, y cuanto mayor será la tasa productiva es mejor el sustrato, razón por la cual, determinar que sustrato permite obtener mayor tasa productiva es importante.

### **III. HIPÓTESIS**

#### **3.1. Hipótesis general**

El sustrato de crecimiento yacón permite obtener mayor producción y productividad del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fr.) Kummer.

#### **3.2. Hipótesis específicas**

1. El sustrato de crecimiento de rastrojo de maíz permite obtener la mejor eficiencia biológica con un promedio de 30% y mejor tasa productiva con un promedio de 0.28 %/día, comparado con los demás sustratos.
2. El sustrato de crecimiento de rastrojo de maíz permite obtener mayor peso con un promedio de 900 g de basidiocarpos por bolsa y el mayor número de basidiocarpos con un promedio de 19 por bolsa.

## IV. MARCO TEÓRICO

### 4.1. Aspectos generales sobre hongos

#### 4.1.1. Concepto de hongo

**Mata, G. y Martínez, D., (1998)**, señala que los hongos pertenecen al reino Fungí, que no producen su propio alimento, sino que dependen de la descomposición de otros organismos; pueden ser saprófitos, simbióticos o parásitos. Forman hifas que, al expandirse y desarrollarse, forman una masa blanca y algodonosa llamada micelio, la cual dará lugar a las estructuras reproductivas.

**Sánchez, J. y Royse, D., (2001)**, refiere que los hongos son organismos con células eucarióticas, heterótrofos, portadores de esporas y carecen de clorofila, están formado por más de 1,000 especies agrupadas en 20 clases, se distinguen hongos sin pared celular o Mixomiceto y hongos verdaderos o Eumycota. Su forma de reproducción puede ser sexual o asexual. Con base en su tamaño y forma de crecimiento se distinguen los hongos macroscópicos y los microscópicos. Dentro de estos últimos están comprendidos los mohos, las levaduras y los hongos fitopatógenos; dentro de los macroscópicos están considerados los hongos comestibles, los alucinógenos, los venenosos, entre otros.

#### 4.1.2. Variabilidad de hongos macroscópicos

**Sánchez, J. (1994)**, indica que los hongos macroscópicos o Macromicetos son similares en hifas y micelio a los hongos microscópicos, sin embargo, tienen la particularidad de formar un cuerpo fructífero visible, aéreo (carpóforo), el cual está compuesto de: micelio primario, micelio secundario, píleo o sombrero, contexto o carne, estípite o tallo, el himenio y las esporas. La mayoría de los hongos macroscópicos se identifican por medio de un examen visual en fresco; sin embargo, para completar los estudios se recurre a la observación de sus características microscópicas como son la forma y dimensiones de sus esporas y sus hifas, de acuerdo con los criterios taxonómicos tradicionales, las características, muy variables para la identificación de un hongo, son: Existen nauseabundo, entre otros. hongos de coloración roja, rosácea, café, blanca, etc. El color es una característica de suma importancia para la identificación de los hongos, ya que permite diferenciar especies. Puede encontrarse gran variedad de formas

de píleo como: embudo, campanulado, plano, convexo, cilíndrico, giboso, etc. Tener variaciones sobre sus márgenes: pueden ser dentados, enrollados, levantados, etc. La textura del píleo puede presentar sensación de humedad, ser mucilaginoso, aceitoso, sedoso, tener escamas, vellosidades, estrías, brillantez u ornamentaciones (cavidades, grietas, arrugas, espinas, y otros.). El estípite o pie. Algunos hongos pueden no tener estípite, cuando lo tienen puede estar ubicado justo abajo del centro del píleo, de manera lateral o excéntrica. Puede ser bulboso, torcido, rígido, liso, quebradizo, leñoso, flexible, correoso. La presencia y forma de la volva. En la base del tallo o de un anillo en la parte superior del mismo. Las estructuras que forman el himenio. Las láminas (su forma, su tamaño, su densidad, la unión con el estípite), la presencia de dientes o poros. El anillo: es un velo parcialmente cerrado que protege las láminas, adherido al pie de la seta, algunos hongos pueden no tenerlo. El olor y el sabor del hongo. Estas características son de importancia secundaria. Sin embargo, ayudan a la confirmación de algunas especies en particular. El olor puede ser agradable, imperceptible,

#### **4.1.3. Hongos comestibles**

**Martínez, D., (2000)**, dice que cuando se mencionan hongos comestibles, muchos piensan de inmediato en *Agaricus sp.* "Champiñón" u hongo de botón. Aunque comercialmente es el que se cultiva con mayor frecuencia. *Agaricus sp* es apenas una de las especies de una extensa familia de setas que se consume por todo el mundo. Por ejemplo, en los trópicos, donde la producción del champiñón es extremadamente difícil, hay una considerable producción de otras especies como: *Volvariella volvacea*, *Pleurotus spp.*

**Chang, S. y Miles, P., (2004)**, afirman que el cultivo de hongos comestibles es una actividad que se desarrolla desde hace más de doscientos años en Europa con el cultivo del champiñón (*Agaricus sp.*) y oreja de negro (*Auricularia sp.*). Estos sistemas productivos eran considerados extensivos, dado que en el caso del Champiñón se recolectaba del estiércol del caballo. En tanto, las orejas de negro eran recolectadas de troncos de bosques. Con el correr del tiempo, la demanda provocó que se generaran sistemas productivos más eficientes y por ende rentables. Así, se fundaron centros de investigación de excelencia en el cultivo

intensivo, entre los que destacan el INRA (Francia) y el Centro de Investigación del Champiñón (Holanda).

## 4.2. *Pleurotus ostreatus*

### 4.2.1. Generalidades

**Sánchez, J. y Royse, D., (2001)**, confirman que el género *Pleurotus* representa un grupo de hongos grandes (basidiomicetos) cuyo nombre proviene del griego “Pleura” el cual quiere decir formado lateralmente o en posición hacia un lado y del latín otus (oreja).

**Ardón, L., (2007)**, menciona que estos grupos de organismos forman parte del grupo de pudrición blanda y pueden crecer sobre una gran variedad de desechos agrícolas. Presenta seis especies lignícolas, los cuerpos fructíferos son solitarios o agrupados, macizos, carnosos en forma de concha o ménsula, el pie es céntrico o lateral, a menudo muy reducido o rudimentario, láminas decurrentes, esporada blanca liliácea. **Monterroso, O. (2007)**, asevera que *Pleurotus ostreatus*, es un hongo que, en su ambiente natural, crece en el suelo, troncos o sobre desechos agrícolas o agroindustriales, que están constituidos principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina en porcentaje de 40-60, 15-50 y 10-30 respectivamente, alimentándose de estos nutrientes y degradándolos, y donde las condiciones ambientales sean húmedas y frías.

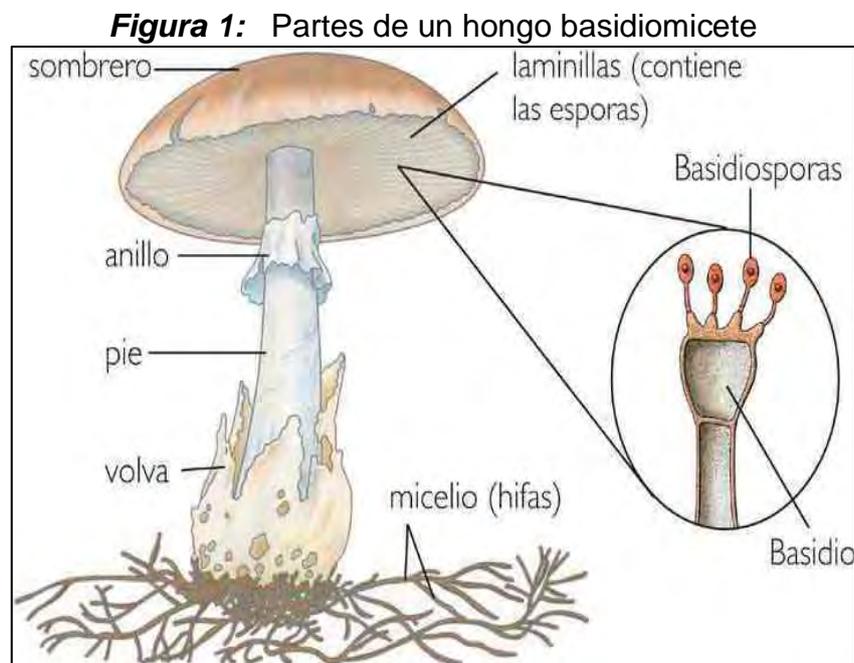
### 4.2.2. Clasificación taxonómica.

**Jiménez, L., (2009)**, describe la clasificación taxonómica de la siguiente manera:

Reino: Fungí  
División: Eumycota  
Subdivisión: Basidiomycota  
Clase: Homobasidiomycetes  
Subclase: Hymenomycetidae  
Orden: Agaricales  
Familia: Pleurotaceae  
Género: *Pleurotus*  
Especies: *P. ostreatus*  
Nombre común: *Hongo ostra*

#### 4.2.3. Morfología de *Pleurotus ostreatus*

- *Cuerpo vegetativo*: **Ardón, C.E.; (2007)** refiere que el cuerpo vegetativa del hongo esta formado por un conjunto grande de hifas o filamentos, cuerpo somático denominado micelio, esta estructura se ubica generalmente dentro del sustrato y se encarga de absorber los nutrientes necesarios para el crecimiento del hongo.
- *Basidiocarpo o carpóforo*: **Cuamtzi et al., (2017)** refiere que el basidiocarpo es una estructura formada por pileo, estipe y volva, tal como se observa en la figura 1, a continuación se describe sus partes:
  - *Píleo o sombrero*: en la cara inferior se presenta el himeneo, las laminillas que la conforma van del centro hacia el borde del píleo, las laminillas son blancas, decurrentes y espaciadas ampliamente, el píleo tiene crecimiento excéntrico cuando crece en superficie vertical y es central cuando crece en superficie horizontal, la superficie del píleo es lisa y brillante y un poco viscoso en tiempo húmedo.
  - *Estipe o pie*: se comporta como un eje que sostiene el píleo, normalmente es corto y excéntrico.
  - *Volva*: es una envoltura presente al final del pie o estipe.



Fuente: Sánchez, J. y. Royse, D., (2001)

#### 4.2.4. Propiedades y valor nutricional

##### 4.2.4.1. Valor nutricional

**Sánchez, V. y Royse, D., (2002)**, menciona que el valor nutritivo de *Pleurotus ostreatus* ha sido reconocido desde hace mucho tiempo. Sus proteínas, las cuales contienen todos los aminoácidos, son de valor nutritivo más alto que las proteínas de las plantas, con una calidad muy cercana a la proteína animal. En adición a su valor como alimento rico en proteína, los hongos contienen carbohidratos poliméricos como el glucógeno y la quitina, y varios glúcidos simples (monosacáridos), como la glucosa, fructosa, galactosa, trealosa y muchos otros. Ellos son ricos en minerales como el potasio, el fósforo y el hierro. Contienen un amplio rango de vitaminas y son particularmente ricos en tiamina (B1), riboflavina (B2), así como ácido pantoténico (B3), ácido ascórbico (C), biotina (H). Las setas también tienen propiedades terapéuticas. Por ejemplo, se ha demostrado que el consumo de basidiocarpos de *P. ostreatus*, contiene varios tipos de estatinas, que previenen el incremento de colesterol.

**Monterroso, O., (2007)**, afirma que la especie *Pleurotus ostreatus* tiene un índice nutricional (NI) de 25, el cual es comparable con los valores de NI del frijol, maní y repollo; una razón proteica neta (NPR) de 2.87, comparable con maíz, hojuelas de maíz (Corn Flakes), y harina de trigo.

Tabla 1: Contenido nutricional de *Pleurotus spp.*

Contenido	Cantidad
Proteína cruda	10-30 %
Vitamina C	30-144 mg/100g
Niacina	109 mg/10g
Ácido fólico	65 mg/100mg
Potasio	306 mg/100g

Fuente: Monterroso, O., (2007)

##### 4.2.4.2. Propiedades medicinales

###### a) Efectos antitumorales

**Galindo, M., (1991)**, el *Pleurotus spp.* contiene cantidades importantes de polisacáridos de estructura molecular compleja, los cuales se le ha encontrado una importante cantidad antitumoral, es decir, se ha comprobado a nivel laboratorio que estas sustancias son capaces de retardar y disminuir el tamaño de algunos tipos

de tumores, además de prevenir la formación de estos. El mecanismo consiste en que estos polisacáridos actúan como potenciadores de las células de defensa que posteriormente destruyen las células cancerosas sin ocasionar efectos colaterales. **Martínez, D. et al (2010)**, menciona del ergosterol, su potente actividad como inhibidor de crecimiento de cáncer de vejiga de ratas.

b) Efectos antivirales

**Candía, N. (2009)**, ha encontrado que el micelio del *Pleurotus ostreatus* contiene una mezcla de diferentes polisacáridos de bajo peso molecular y sustancias similares a la Zeatina, las cuales contienen citoquinina, estas son sustancias similares a fitohormonas que se sabe tienen efectos antivirales y que no causan efectos colaterales ni toxicidad en pacientes enfermos. **Talledo, G. (2004)**, menciona que en el año 2000 se identificó una proteína similar a ubiquitina denominada "*Pleurotus proteína ubiquitina*" que inhibe la actividad del virus HIV-1. Esta forma única de ubiquitina parece interferir en la división celular evitando la división de células infectadas por el virus HIV.

c) Efecto antiinflamatorio

**Candia, N. (2009)**, indica que *Pleurotus ostreatus* tiene también propiedades antiinflamatorias, se han hecho investigaciones en donde se aislaron glucopéptidos (lectinas) que contienen aminoácidos, ácidos con glucosa, arabinosa, galactosa, manosa y xilosa, en la cadena de carbohidratos, con excelente capacidad fúngica y antibiótica, estos componentes han sido aislados tanto del micelio como de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus*.

**Vedder, J., (1996) y Martínez, D. et. al. (2010)**, indican que hay otras importantes sustancias con actividad antibiótica son los componentes aromáticos volátiles que caracterizan a la mayoría de especies de *Pleurotus* o setas, estos son componentes de 8 carbonos en su estructura molecular y son las moléculas que originan el aroma y sabor característico que distingue a este tipo de hongos, esta sustancia denominada pleurotina ha demostrado tener una fuerte capacidad antibacteriana y por tanto antiinflamatoria contra diferentes tipos de agentes infecciosos.

d) Control del colesterol

**Rojas, C. (2000)**, por otro lado, las setas contienen también Mevinolin y otras sustancias relacionadas que son potentes inhibidores de la HMG CoA reductasa principal enzima responsable en la biosíntesis del colesterol. Por tales efectos producidos por estas sustancias se le considera como un hongo hepatoprotector. En los cuerpos fructíferos del *Pleurotus spp.* se ha encontrado en forma natural una sustancia que baja el colesterol, los triglicéridos y las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL, por sus siglas en inglés) de la sangre de nombre Lovastatin o Lovastatina cuyo uso ha sido aprobado en los Estados Unidos por la FDA y que utiliza como principio activo de diferentes medicamentos recetados comúnmente por los médicos para el tratamiento del hipercolesterolemia.

#### 4.2.5. Factores ambientales para el desarrollo de *Pleurotus ostreatus*

**Sánchez, J., (1994)**, 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.

Tabla 2: Valores óptimos de los factores que influyen en el crecimiento de *Pleurotus spp.*

Factor	Crecimiento micelial	Fructificación
Temperatura	25-33 °C	28 °C
Humedad del ambiente	Baja humedad	85 %
Humedad del sustrato	70%	50 %
pH del sustrato	6.0 -7.0	6.5 – 7.0
Ventilación	Aire normal	Buena ventilación
Luminosidad	Oscuridad	Buena (150-200 lux)

Fuente: Sánchez, J., (1994)

#### 4.2.6. Requerimientos nutricionales de *Pleurotus ostreatus*

**Rodríguez et al., (2018)** menciona que el hongo *Pleurotus ostreatus* es un organismo heterótrofo que utiliza como nutrientes los compuestos químicos que se encuentran presentes los diferentes sustratos vegetales. Los rastrojos, y demás

residuos agroindustriales utilizados como sustratos en la producción del hongo son las fuentes de carbono, nitrógeno, azufre y fósforo necesarias para el desarrollo adecuado de la biomasa fúngica. El carbono, que generalmente está en exceso en los sustratos lignocelulósicos, es utilizado en los esqueletos carbonados de compuestos orgánicos y para obtener energía. El nitrógeno, que suele estar presente en cantidades limitadas, es esencial para la síntesis de aminoácidos, proteínas, nucleótidos, vitaminas. Agregan que estos hongos presentan un sistema enzimático que les permite degradar y utilizar la celulosa y hemicelulosa como fuente de carbono y energía para su crecimiento y multiplicación.

**Rodriguez, R., (1996)** con respecto a los requerimientos nutricionales comentan que el hongo *Pleurotus ostreatus* se caracteriza por requerir en su nutrición fuentes de carbono soluble como la glucosa e insolubles como la celulosa, requieren también nitrógeno que lo obtienen de compuestos orgánicos como aminoácidos y peptonas y en raras ocasiones utilizan fuentes inorgánicas como nitritos o nitratos, el requerimiento de vitaminas es variable. El hongo *Pleurotus ostreatus* en la naturaleza puede vivir sobre partes vivas o muertas de plantas, sus requerimientos nutricionales son poco exigentes, razón por la cual, el desarrollo del micelio y de cuerpos fructíferos pueden darse a niveles adecuados sobre residuos de cosecha lignocelulósicos como rastrojos de maíz, paja de cereales, papel, viruta, aserrín, cáscaras de nuez, desechos vegetales y agroindustriales.

Las principales sustancias que requiere el hongo para su crecimiento y desarrollo óptimo se describe a continuación.

#### **a. Celulosa**

**Martin, A., (1981)**, describe como el compuesto más simple encontrado en el material lignocelulolítico de las plantas, es el polímero más abundante de la biosfera. Está compuesto por un polímero de residuos de D-glucosa unidos por enlaces B-1,4. Debido a su estructura las cadenas de celulosa están unidas por puentes de hidrogeno 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 hidrólisis. Los hongos macromycetes pueden degradar la celulosa por

medio de la producción de enzimas como son endo- $\beta$ -1,4-glucanasa, el complejo  $C\alpha$  y endo- $\beta$ -1,4-glucosidasa.

#### **b. Hemicelulosa**

**Atlas, R., y Bartha, R., (2002)**, mencionan que está formada por cadenas cortas y son polímeros heterogéneos que contienen tanto hexosas (azúcares de 6 carbonos como glucosa, manosa y galactosa) como pentosas (azúcares de 5 carbonos como xilosa y arabinosa). Dependiendo de la especie de la planta estos azúcares se asocian con ácidos urónicos formando estructuras poliméricas diversas que pueden estar relacionadas con la celulosa y la lignina. Los tres polímeros principales son los xilanos, mananos y arabinogalactanos.

**Martin, A., (1981)**, dice que los hongos macromycetes tienen la capacidad de degradar la hemicelulosa por medio de la producción de enzimas como son xilanasas, galactanasas, manasas, arabinasas y glucanasas.

#### **c. Lignina**

**Atlas, R., y Bartha, R., (2002)**, comentan que es un polímero complejo tridimensional, globular, insoluble y de alto peso molecular, formado por unidades de fenilpropano cuyos enlaces son relativamente fáciles de hidrolizar por vía química o enzimática, esta molécula tiene diferentes tipos de uniones entre los anillos de fenilpropano.

**Martin, A., (1981)**, describe y dice que la lignina es responsable de la rigidez de las plantas y de sus mecanismos de resistencia al estrés y a ataques microbianos. En las plantas la lignina se encuentra químicamente unida a la Hemicelulosa y rodeando las fibras compuestas por celulosa. Los hongos macromycetos pueden degradar la lignina por medio de la producción de enzimas como son lacasa, lignina peroxidasa y manganeso peroxidasa.

**Mushworld (2005)** y **Gaitán R. et. al (2009)** citado por **Holgado (2018)** señalan que del 100% de su nutrición del hongo *Pleurotus ostreatus* el 75% corresponde a carbono, 22% a nitrógeno, 1% azúcares y el 2% a minerales tales como: K, P, Si, Fe, Mg, Ca, entre otros.

Tabla 3: Requerimiento nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus*

Elemento	Concentración
Celulosa*	40 - 60%
Hemicelulosa*	15 - 50%
Lignina*	10 - 30%
Nitrógeno**	1.2 - 2.8%
Fósforo**	0.22 mg/litro
Potasio**	0.28 mg/litro
Calcio**	0.98 mg/litro
Magnesio**	0.049 mg/litro
Tiamina**	100 mg/litro

\*Fuente: Zadrazil (1974) y Sánchez y Royse (2001) citado por Martínez (2012)

\*\*Fuente: Sánchez y Royse (2002) citado por Calderon (2009)

#### 4.2.7. Producción del hongo *Pleurotus ostreatus*

##### 4.2.7.1. Obtención de semilla

**Stamets, P., (2000)**, dice que un factor muy importante es la semilla, que es la expansión de masa de micelio que busca potenciar metabólicamente al hongo para que este se encuentre en condiciones ideales y así crecer eficientemente en los sustratos. **Rodríguez, N. y Gómez, F., (2001)**, comentan que los hongos se obtienen de cultivos puros que se mantienen preservados en agar o de un aislamiento a partir de la zona himenial de un cuerpo fructífero. De estos cultivos se transfieren el micelio a tubos de ensayo que contienen agares nutritivos, y de allí a placas Petri que contengan agar nutritivo para incrementar el micelio.

**Cisterna, C., (2003)**, denomina semilla a la forma en que el micelio del hongo es inoculado en un sistema productivo, es decir, la semilla es el vehículo de transporte del micelio desde el medio de cultivo in vitro hasta el sustrato definitivo donde crecerá el hongo. Para la preparación de la semilla, se utilizan granos de cereal, siendo los más comúnmente empleados el trigo y sorgo, y también avena y centeno. Otra opción es usar tarugos de madera.

**Cisterna, C., (2003)**, afirma dado que la obtención de la semilla requiere de instalaciones y condiciones relativamente complejas, esta actividad y desarrollarse en unidades independientes que no forman parte de la unidad productora propiamente, siendo lo más usual adquirirla de terceros. Para el resto del proceso productivo de hongos comestibles es indispensable contar con las instalaciones

adecuadas para tales efectos, siendo usual la construcción de un invernadero que posea tres zonas bien definidas: una para realizar la inoculación del sustrato, otra para la etapa de incubación o colonización y una tercera para la etapa de fructificación. En lo posible estas tres áreas deben estar aisladas unas de otras, aunque deben estar interconectadas de modo de permitir el tránsito de una a otra sólo en los casos necesarios.

#### 4.2.7.2. Selección y preparación del sustrato

**Cisterna, C., (2003)**, afirma que como sustrato se puede emplear una gran variedad de residuos lignocelulósicos entre ellos pajas de cereales y residuos agroindustriales (desechos de maíz, hojas, entre otros.), 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. El cultivo de hongos comestibles como el *Pleurotus spp.* es una excelente alternativa para utilizar residuos de la elaboración de productos agrícolas o madereros. Además, este tipo de producción se puede realizar en recintos relativamente pequeños y adaptando bodegas en desuso, contribuyendo a la diversificación de la producción y permitiendo el aporte de una fuente de alimento y medicinal a la dieta de las personas.

**Cisterna, C., (2003)**, indica que los métodos modernos de cultivo de *Pleurotus spp.* usan como sustrato virutas y aserrín de maderas, más un suplemento rico en nitrógeno, como el afrecho de trigo, arroz, avena, cebada, soya, y otros. En nuestro país se utilizan residuos de la elaboración de productos agrícolas, tales como cascaras de café, tortas de oleaginosas, corontas de choclo, y entre otros residuos. Para permitir que el hongo invada el sustrato en forma homogénea es indispensable que este tenga una densidad determinada, que no impida el intercambio gaseoso entre éste y el medio ambiente inmediato. Para lograr esto, las pajas de cereales deben ser picadas hasta lograr trozos de entre 4 y 10 cm., luego deben ser remojadas durante 24 a 48 horas para permitir su hidratación, alcanzando una

humedad total cercana al 70%, tiempos de remojo menores al indicado no permiten una buena hidratación debida a la resistencia natural que tienen las pajas de cereales a absorber agua (gruesa cutícula, tampoco es recomendable tiempos mayores, ya que comienza a contaminarse con mohos. Una práctica habitual es dejar las pajas sumergidas en estanques de agua, o colocarlas en recipientes de gran tamaño donde se les adiciona agua con la ayuda de un aspersor o simplemente con una manguera flexible. Además, todos los desechos agroforestales tienen una gran carga de agentes contaminantes, especialmente bacterias y hongos, lo que se debe que estos organismos comienzan a colonizar estos sustratos para degradarlos y volver sus componentes al ambiente. Por lo tanto, es indispensable que los sustratos sean tratados (esterilizados o pasteurizados) previamente para eliminar estos microorganismos. Cuando se trata de pajas de cereales, existen varios tratamientos que aseguran la eliminación total o parcial de estos agentes contaminantes.

#### *4.2.7.3. Esterilización*

**Cisterna, C., (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.

##### a) Pasteurización en agua

**Cisterna, C., (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).

b) Pasteurización en vapor:

**Cisterna, C., (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.

#### *4.2.7.4. Siembra o inoculación del sustrato*

**Rodríguez, N. y Gómez, F., (2001)**, mencionan que la inoculación es el proceso de colocar la semilla del hongo al sustrato previamente preparado y esterilizado y se debe realizar en un sitio cerrado sobre una mesa previamente desinfectada con alcohol para evitar contaminación en la fase del establecimiento micelial.

**Cisterna, C., (2003)**, menciona que la etapa de inoculación se realiza en una sala ubicada al interior del invernadero, que ha sido diseñada para mantener las mejores condiciones asépticas posibles. Concordante con esto, previo a cada inoculación se deben limpiar con cloro, desinfectante u otro, las superficies y el piso, asegurando un ambiente de trabajo aséptico. Durante todo el proceso de inoculación o siembra se debe trabajar con las máximas precauciones de asepsia, trabajando con guantes de látex, mascarilla y desinfectando superficies Cada vez que sea necesario.

**Cisterna, C., (2003)**, menciona que, para proceder a la siembra, el sustrato ya pasteurizado se deja enfriar en preferencia volteándose para que escape el vapor de agua atrapado, de lo contrario se condensara en ella y habrá problemas por exceso de humedad. Para ser sembrada, el contenido de humedad del sustrato debe estar entre 50 y 70%, en la practica el contenido de humedad se determina tomando un puñado de ella y apretándola moderadamente, si caen gotas de agua o es notoria la humedad que queda en la mano, el sustrato tiene exceso de agua, en cuyo casos e debe esperar a que escurra removiéndola, no es recomendable sembrar con niveles de humedad mayores que los indicados, porque el hongo necesita para su desarrollo de ciertos espacios porosos, lo que permite que el oxígeno, evitando así la aparición de organismos que pueden vivir sin oxígeno y que ocasionan pudrición del sustrato. Para sembrar, el sustrato debe de estar a una temperatura óptima de 20 a 25 °C (cuando todavía está tibio). Con temperaturas mayores el micelio muere mientras que con temperaturas demasiado bajas se

retrasa el crecimiento. Una vez que el sustrato toma la humedad y la temperatura optima se procede a formar el panteón, para lo cual, en bolsas de polipropileno, se coloca una capa de sustrato de 10cm de alto seguido de una capa de semilla y así sucesivamente, hasta alcanzar la altura deseada, luego de lo cual la bolsa es cerrada y compactada, etiquetándola con la fecha de siembra y colocándola en el área de incubación.

**Cisterna, C., (2003)**, indica que, en el caso de los cultivos realizados en bloques o bolsas, una vez finalizada la cosecha, las bolsas son llevadas al área de colonización por un periodo aproximado de 1 semana y nuevamente inducidas, mediante un shock térmico.

#### *4.2.7.5. Incubación*

**Fernández, F., (2004)**, indica que en esta fase de incubación se busca que el micelio invada totalmente el sustrato por medio de su optimización de las condiciones ambientales. Se debe realizar en un cuarto cerrado. Las bolsas pueden acomodarse en estanterías metálicas o colocarse directamente en el suelo. Es necesario que la temperatura en el sitio de incubación permanezca alrededor de 20 a 28 °C, con una humedad relativa alrededor del 60 a 70% y escasa iluminación.

#### *4.2.7.6. Fructificación*

**Fernández, F., (2004)**, afirma que la fase de fructificación comienza una vez el sustrato es invadido por el micelio del hongo y se logran observar primordios, los cuales formaran el cuerpo fructífero. Para esta fase es necesario cambiar las condiciones de luminosidad y ventilación para inducir la formación de los hongos. Para optimizar la fase de fructificación se debe manejar una temperatura diferente a la de incubación que se asemeja a la temperatura del hábitat natural donde crece el hongo.

#### *4.2.7.7. Cosecha*

**Oei, P., (2003)**, dice que la cosecha es la fase en la cual se realiza la recolección de los cuerpos fructíferos. Comúnmente, se realiza de forma manual haciendo un movimiento de torsión sobre la fase del estipe o utilizando una cuchilla estéril para evitar contaminaciones posteriores en los puntos del sustrato donde creció el

hongo. Así mismo, la cosecha se divide en tres periodos, el primero en el cual se recoge el 50% de la producción, el segundo donde se recoge el 30% y el tercer periodo solamente el 20% de la producción. Habitualmente, en el cultivo de hongos no se recoge más de tres cosechas ya que la productividad es muy baja y el riesgo de contaminación es mucho más frecuente.

#### 4.2.7.8. Eficiencia biológica

**Vega, A., y Franco, H., (2013)** definen la eficiencia biológica como la relación existente entre el peso fresco de los hongos producidos y el peso del sustrato seco, por tanto, es la capacidad que tiene el hongo de convertir sustratos orgánicos en cuerpo fructífero, cuanto mayor sea la eficiencia es más rentable su producción. Según los autores mencionados la eficiencia biológica (EB) se expresa en porcentaje y se mide con la siguiente expresión:

$$EB = \frac{\text{Peso total de basidiocarpos (kg)}}{\text{Peso de sustrato utilizado (kg)}} \times 100$$

#### 4.2.7.9. Tasa de productividad

**Vega, A., y Franco, H., (2013)** definen como la relación existente entre el porcentaje de la eficiencia biológica y el número total de días que duró el proceso, es decir desde la inoculación hasta la última cosecha de basidiocarpos. Viene a la ser al eficiencia biológica diaria, es decir es la cantidad de basidiocarpos producidos por cada 100 kg de sustrato en el plazo de un día. La tasa de productividad según los autores mencionados se calcula con la siguiente expresión:

$$TP = \frac{\text{Eficiencia biológica (\%)}}{\text{Nº de días desde inoculación hasta última cosecha (días)}}$$

### 4.3. Sustratos para crecimiento de hongos

#### 4.3.1. Concepto

**Lazo, G., (2001)**, afirma que el sustrato es el material, sobre el cual crece el micelio del hongo. Las propiedades físico-químicas del sustrato determinan que hongos pueden crecer en él, pero también determinan que otros microbios pueden crecer conjuntamente con el hongo. Algunos hongos pueden usar un rango amplio de sustratos, mientras que otros son muy selectivos. Esta selectividad hacia un

sustrato depende de los nutrientes disponibles en él, su acidez, la actividad microbiana que soporta, su capacidad de aireación, su contenido de agua, entre otros. Un sustrato selectivo es aquel que satisface las demandas nutricionales de un tipo de hongo específico y no satisface la de otros. Las pajas de gramíneas son un buen ejemplo de sustrato selectivo. El sustrato que se utilice para producir los cuerpos fructíferos debe ser un material cuyo costo sea mínimo y que, de acuerdo a la localidad en que se está cultivando hongos, no provoque mayores costos de transporte, debe haber gran disponibilidad en la región de influencia, aun cuando no sea constante. La elección del sustrato ha sido y será siempre uno de los factores decisivos para la optimización del cultivo de hongos.

### **4.3.2. Tipos de sustrato**

#### *4.3.2.1. Sustratos naturales*

**Pavlich, H., (2001)**, menciona que estos sustratos corresponden principalmente a troncos y ramas en los que el hongo es inoculado directamente, sin realizarse ningún tipo de tratamiento de esterilización, esto se puede realizar sin problemas porque durante la incubación y fructificación el cultivo se realiza manteniendo la corteza de los propios troncos, la que constituye una barrera física y química muy efectiva contra la invasión de hongos contaminantes. A pesar de lo anterior, muchos troncos se contaminan por los cortes (en la superficie transversal), sin embargo, estas contaminaciones se consideran tolerables en el cultivo, siendo posibles de controlar con el uso de desinfectantes adecuados, como el agua oxigenada.

#### *4.3.2.2. Sustratos artificiales*

**Pavlich, H., (2001)**, afirma que por lo general son una mezcla de distintas sustancias orgánicas e inorgánicas sobre una matriz de material lignocelulósico, que en conjunto o por separado tienen un alto valor nutritivo para un gran número de microorganismos y que, además, son sustancias relativamente simples a las cuales estos microorganismos pueden acceder sin dificultad. Es indispensable someter al sustrato a un tratamiento físico o químico que elimine o disminuya la carga de microorganismos contaminantes. Este tratamiento, junto con el pool de nutrientes que posee la mezcla, convierte al sustrato en una matriz altamente selecta para el crecimiento del hongo comestible que es inoculado o sembrado en este sustrato. El sustrato artificial tiene una cierta relación C: N, pH, humedad,

grado de compactación, granulometría, que permiten el rápido crecimiento vegetativo y reproductivo del hongo que es inoculado sobre o dentro de él y, estas propiedades más las condiciones ambientales, determinan finalmente el éxito del cultivo.

**Sánchez, V. y Royse, D., (2001)**, afirma que un sustrato es conveniente para el crecimiento de un hongo, si contiene todos los requerimientos nutritivos en cantidad suficiente para que este sintetice sus metabolitos y tome de él la energía que requiere. 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 de respetarse para obtener rendimientos óptimos por lo que una vez que se ha definido los componentes óptimos del sustrato, debe de evitarse cambios, a menos que se haya investigado previamente.

#### **4.3.3. Sustratos utilizados para el crecimiento de *Pleurotus spp***

**Quimio, T., (2002)**, dicen las nuevas exigencias y oportunidades en los mercados alimentarios, las tendencias de producción con el mínimo desperdicio en todas las actividades tecnológicas del nuevo orden mundial y el cada vez más importante reclamo de la humanidad por el cuidado del medio ambiente, colocan en un plano prioritario la preocupación por la utilización de los recursos agroindustriales.

**Hincapié, J., (1993)**, comenta que en general *Pleurotus spp.* Se cultiva en materiales lignocelulósicos, los cuales constituyen los compuestos orgánicos más abundantes del planeta, producidos fundamentalmente por las plantas; lo más común es que se cultiven en residuos agrícolas ricos en estos compuestos y en residuos forestales. Es bastante larga la lista de materiales que se pueden emplear como sustrato básico para la producción de *Pleurotus spp.*

**Quimio, T., (2002)**, afirma que una de las razones del incremento en la popularidad de las especies de *Pleurotus* es la habilidad de este hongo para crecer en una amplia variedad de materias primas agrícolas. En el trópico, el hongo seta ostra, o setas, como se le llama también en México, puede ser producido sobre una mezcla de aserrín y salvado de arroz, salvado y rastrojo de arroz, aserrín y hojas de

aguacate, *Leucaena spp.* Y otras combinaciones de materiales tropicales como, cascara de semilla y ramas de algodón, bagazo y hojas de caña, tallos y hojas de maíz, pastos, cascara de arroz, entre otros.

**Stamets, P., (2000)**, menciona que los materiales más comúnmente utilizados como fuente de carbono incluyen paja de trigo, de avena, de centeno, de sorgo, de algodón, virutas de madera y cortezas, sub productos de algodón, heno, tallos de plantas de maíz, plantas y desperdicios de café, tusa de mazorca, hojas de té, cascara de maní, harina de soya, cascara de semillas de girasol, desperdicios de yuca, agave, residuos de la industria papelera (diarios cartones), hojas de plátano, cactus, yuca, pulpa de café, fibra de coco, hojas de limón, tallos de menta, paja de arroz, bagazo de caña, entre otros.

#### **4.3.4. Sustratos utilizados en la presente investigación**

##### *4.3.4.1. Rastrojo de maíz (Zea mays)*

**García, A., (2000)**, menciona que el cultivo de maíz produce una gran cantidad de biomasa, de la cual se cosecha apenas cerca del 50% en forma de grano. El resto, corresponde a diversas estructuras de la planta tales como caña, hoja, limbos y mazorca entre otros.

**Mata, G. y Martínez, D., (1998)**, indican que la producción de biomasa residual que genera un cultivo de maíz de grano (cañas, hojas, chalas y mazorcas), fluctúa entre 20 y 35 toneladas por hectárea y en el maíz de choclo (cañas y hojas) varía entre 16 a 25 toneladas por hectárea. La proporción entre los componentes del residuo depende principalmente de la variedad, nivel de fertilización y tipo de cultivar.

**Mata, G. y Martínez, D., (1998)**, dicen que la pared celular presenta un mayor porcentaje de hemicelulosa que de celulosa. El bajo porcentaje de lignina en los restos de la planta del maíz lo hace más digestible que las pajas de cereales, siendo a su vez, más rico en azúcares solubles. Por estas razones, este estudio presenta un valor energético superior al de las pajas de cereales, fluctuando entre 1.69 y 2.1 cal/kg. De materia seca. Debido a que la fibra de la caña de maíz es muy larga, es necesario picarla para mejorar la tasa de degradación y el crecimiento micelial del hongo. Si bien el contenido proximal de la composición química bromatológica de

los rastrojos de maíz varía según variedad y las condiciones de crecimiento, a continuación, se presenta un análisis realizado al rastrojo de maíz.

Tabla 4: Composición química bromatológica de rastrojo de maíz

Componentes	Aporte nutricional	
	Cantidad	Unidad
Materia seca	92.65	%
Materia orgánica	92.10	%
Proteína cruda	5.66	%
Energía metabolizable	1.58	Mcal/kg
Fibra cruda	39.50	%
Cenizas	7.90	%
Fibra detergente neutra	70.54	%
Fibra detergente ácida	42.60	%
Celulosa	32.87	%
Lignina	8.27	%

Fuente: Sánchez et al. (2012) citado por Grandez (2018)

#### 4.3.4.2. Viruta de madera de eucalipto (*Eucalyptus globulus*)

**Reyes, J., (2013)**, afirma que es un fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral que es extraído mediante un cepillo u otras herramientas, tales como brocas, al realizar trabajos de cepillado, desbastado o perforación, sobre madera o metales. Se suele considerar un residuo de las industrias madereras o del metal; no obstante, tiene variadas aplicaciones.

Tabla 5: Composición química madera de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) determinado a 1.3 m de altura del tronco

Componentes	Contenido	
	Cantidad	Unidad
Celulosa	54.98	%
Lignina insoluble	27.69	%
Hemicelulosa	17.33	%
Agua a temperatura ambiente	7.08	%
Etanol - Benceno	0.7	%
Cenizas	0.32	%

Fuente: Leal, et al., (2011)

#### 4.3.4.3. Rastrojo de avena (*Avena sativa*)

**Córdova, B. (1971)**, 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 a fines de otoño y en invierno. Las variedades altas y de crecimiento vigoroso producen rendimiento más alto de heno que las de paja corta.

**Tabla 6:** Composición química bromatológica de rastrojo de avena

Componentes	Aporte nutricional	
	Cantidad	Unidad
<b>Materia seca</b>	89.75	%
<b>Cenizas totales</b>	4.09	%
<b>Proteína cruda</b>	4.08	%
<b>Fibra cruda</b>	45.59	%
<b>Fibra detergente ácido</b>	53.35	%
<b>Fibra detergente neutro</b>	74.92	%
<b>Energía metabolizable</b>	2.28	Mcal/kg
<b>Energía metabolizable fermentable</b>	2.12	Mcal/kg
<b>Extracto etéreo</b>	0.9	%
<b>Calcio</b>	0.12	%
<b>Fósforo</b>	0.63	%
<b>Magnesio</b>	0.17	%

Fuente: Anrique (2014).

#### 4.3.4.4. Rastrojo de Cebada (*Hordeum vulgare*)

**Córdova, B. (1971)**, pertenece a la familia Poaceae. La cantidad de rastrojos que permanecen en el suelo después de la cosecha varía según el cultivo. Los cereales desarrollan plantas de mayor tamaño y la cosecha es más abundante en kilos de grano por hectárea sembrada. La cebada es un importante cultivo cerealero en las zonas templadas del mundo. En 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 a fines de

otoño y en invierno. Las variedades altas y de crecimiento vigoroso producen rendimiento más alto de heno que las de paja corta.

**Tabla 7:** Composición química bromatológica de rastrojo de cebada

Componentes	Aporte nutricional	
	Cantidad	Unidad
<b>Materia seca</b>	90.2	%
<b>Cenizas totales</b>	5.46	%
<b>Proteína cruda</b>	3.3	%
<b>Fibra cruda</b>	0	%
<b>Fibra detergente ácido</b>	49.9	%
<b>Fibra detergente neutro</b>	80.6	%
<b>Energía metabolizable</b>	1.52	Mcal/kg
<b>Energía metabolizable fermentable</b>	1.41	Mcal/kg
<b>Extracto etéreo</b>	1.2	%
<b>Calcio</b>	0.38	%
<b>Fósforo</b>	0.8	%
<b>Magnesio</b>	0.9	%

Fuente: (Anrique, 2014).

#### 4.3.4.5. Rastrojo de yacón (*Smallanthus sonchifolius*).

**Coronado, A., (2013)**, El valor alimenticio de los tubérculos es bajo y consiste principalmente de carbohidratos. Los tubérculos frescos han sido analizados, encontrándose un contenido de 69 a 83% de humedad, 0.4 a 2.2% de proteínas, y 20% de azúcares. El contenido de azúcares consiste principalmente en inulina (un polímero de la fructosa). La composición de los tubérculos secos varía desde 4 a 7% de cenizas, 6 a 7% de proteína, 0.4 a 1.3% de grasa, 4 a 6% de fibra y aproximadamente 60% de azúcares. Los tubérculos poseen alto contenido de potasio. La hierba seca contiene de 11 a 17% de proteína y de 2 a 7% de grasa.

**Tabla 8:** Composición química bromatológica de tallos y hojas de yacón

Componentes	Hojas		Tallo	
	Fresco	Seco	Fresco	Seco
<b>Agua</b>	83.2		86.7	
<b>Ceniza</b>	2.68	15.98	1.35	10.23
<b>Proteínas</b>	2.87	17.12	1.51	11.37
<b>Lípidos</b>	1.24	7.4	6.3	2.26
<b>Fibra</b>	1.68	10.04	3.57	26.85
<b>Azúcares</b>	1.44	8.58	1.55	11.7

Fuente: Lachman et al. (2003) citado por Pinzón y Lemus (2017).

Tabla 9: Comparativo entre la demanda por nutrientes del hongo *Pleurotus ostreatus* y la oferta de nutrientes de los sustratos evaluados.

Elemento	Requerimiento de <i>Pleurotus ostreatus</i>	Rastrojo de maíz	Viruta de madera de eucalipto	Rastrojo de avena	Rastrojo de cebada	Rastrojo de Yacón
Celulosa	40 - 60%	32.87%*	54.98%	31 - 37%	38%***	-
Hemicelulosa	15 - 50%	8.00%**	17.33%	27 - 38%	25%***	-
Lignina	10 - 30%	8.27%*	27.69%	16 - 19%	8%***	-
Nitrógeno	1.2 - 2.8%	-	-	-	-	-
Fósforo	0.22 mg/litro	299.6 ± 57.8 mg/100 g**	-	0.63%	0.80%	21.0 mg/g****
Potasio	0.28 mg/litro	324.8 ± 33.9 mg/100 g**	-	0.36%***	1.10%	
Calcio	0.98 mg/litro	48.3 ± 12.3 mg/100 g**	-	0.12%	0.38%	23.0 mg/g****
Magnesio	0.049 mg/litro	107.9 ± 9.4 mg/100 g**		0.17%	0.90%	
Tiamina	100 mg/litro					0.01 mg/g****

Fuentes\*: Sánchez et al. (2012) citado por Grandes (2018), \*\*Bressani, Breuner y Ortiz, (1989) citado por FAO (1993), Leal, et al., (2011), Anrique (2014), \*\*\*Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (2023) y \*\*\*\*Gutiérrez & Ruidiaz, (2005).

#### 4.4. Antecedentes de la investigación

Valera, A., (2019), en la tesis “Rendimiento del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* cultivado en diferentes sustratos a base de residuos agroindustriales de la ciudad de Tacna” realizado en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann con el objetivo de determinar el rendimiento del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* cultivados sobre tres sustratos preparados a base de residuos agroindustriales de la ciudad de Tacna, los sustratos evaluados fueron: orujo de uva + coronta de maíz, orujo de aceituna + coronta de maíz, orujo de uva + orujo de aceituna y paja de maíz, entre las conclusiones se tiene: la cantidad promedio de basidiocarpos por bolsa de 1.5 kg de sustrato fue de 43.8. se presentaron diferencias significativas entre los sustratos, la cantidad más baja de 27 basidiocarpos por bolsa se presentó en el tratamiento orujo de aceituna + coronta de maíz. La eficiencia biológica promedio fue de 70.75%, se presentaron diferencias significativas entre los sustratos, el valor más alto se presentó en paja de maíz con 87.6%, la eficiencia biológica más baja se presentó en el tratamiento orujo de aceituna + coronta de maíz con 48.8% siendo inferior a los demás sustratos. El promedio de la tasa productiva fue de 1.3%, se observaron diferencias significativas entre los sustratos, el tratamiento orujo de uva + coronta de maíz con 1.4% y el tratamiento orujo de uva + orujo de aceituna con 1.6% de tasa productiva fueron los mejores.

**Muñoz, E.N., (2017)**, en la tesis “Comparativo de dos sustratos y cuatro paquetes tecnológicos utilizados en la producción comercial de *Pleurotus ostreatus*” realizado en la Universidad Nacional Agraria La Molina, con el objetivo de comparar y determinar, el tipo de sustrato y paquete tecnológico más conveniente para el inicio de una producción comercial de *Pleurotus ostreatus* (Jacq), fue evaluado dos sustratos rastrojo de maíz y paja de arroz, entre las conclusiones se tiene: para eficiencia biológica se presentaron diferencias significativas entre los sustratos, la panca de maíz obtuvo la eficiencia más elevada con 81.1% frente al 73.3% de la paja de arroz, para tasa de productividad se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, el tratamiento panca de maíz obtuvo la tasa de productividad más elevada con 1.3% frente a la paja de arroz con 1.14%.

**Holgado, M.E., (2018)** en la tesis “Evaluación de la producción de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.ex Fr.) Kumm (Basidiomycete) en residuos lignocelulósicos como alternativa agroecológica en la comunidad de Huayllay Ccorca, Cusco”, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, fue evaluado el sustrato rastrojo de avena en dos épocas del año, entre las conclusiones obtenidas se tiene: la eficiencia biológica de la época de lluvia con un promedio de 94% fue superior a la eficiencia biológica en época de secas con 60%, igual tendencia se presentó con la tasa de productividad para época lluviosa el promedio de 1.44%/días fue mejor que la época de secas con un promedio de 0.71%/días.

**Ramos, N.I., (2018)** en la tesis “Producción de tres especies de *Pleurotus spp* (*P. ostreatus*, *P. djamor* y *P. eryngii*) utilizando diferentes sustratos, en el Centro Agronómico K’ayra – San Jerónimo – Cusco” con el objetivo de evaluar la producción de tres especies de hongos comestibles del género *Pleurotus spp*. (*P. ostreatus*, *P. djamor* y *P. eryngii*), fueron evaluados los sustratos: rastrojo de avena, papa, maíz, maíz + papa, avena + papa y avena + maíz. Entre las conclusiones para *Pleurotus ostreatus*, se tiene: el rendimiento promedio fue de 223.98 kg/t, se presentaron diferencias significativas entre los sustratos, el sustrato rastrojo de papa con un promedio de 291.8 g/t fue el mejor tratamiento al 95% de probabilidad. El promedio del porcentaje de degradación de sustrato fue de 45.35%, se presentaron diferencias significativas entre los sustratos evaluados, los tratamientos papa + avena, maíz + papa y rastrojo de papa presentaron el

porcentaje de degradación del sustrato más elevado con 48.54, 48.37 y 48.13%. El número de basidiocarpo por bolsa promedio fue de 20.03, se presentaron diferencias significativas entre los sustratos, el sustrato rastrojo de papa presentó el mejor número de basidiocarpos por bolsa con un valor de 28.0. El peso de basidiocarpo promedio fue de 22.45 g, se presentaron diferencias significativas entre los sustratos, rastrojo de papa presentó el mejor peso de basidiocarpo con 26.09 g. La eficiencia biológica promedio fue de 22.38%, se observaron diferencias significativas entre los sustratos, rastrojo de papa presentó la eficiencia biológica más alta con 29.18%. La tasa de productividad promedio fue de 0.241 %/día, se observaron diferencias significativas entre los sustratos, rastrojo de papa presentó la tasa de productividad más elevada con 0.3138 %/día.

**Quispe, R., (2021)**, en la tesis “Producción del hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*) utilizando diferentes tipos de sustratos en el Centro Agronómico K’ayra – San Jerónimo – Cusco” realizado con el objetivo evaluar la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en diferentes sustratos para poder recomendar el mejor sustrato, fueron evaluados 10 sustratos entre ellos: rastrojo de papa, pino, cebada y aserrín. Entre las conclusiones se tiene: para número de basidiocarpos por bolsa se presentaron diferencias significativas, el sustrato rastrojo de papa + rastrojo de cebada fue el mejor con 25.75 basidiocarpos por bolsa. Para tasa de productividad se observaron diferencias significativas, el sustrato de cebada presentó la mejor tasa de productividad con 1.78 %/día. Para eficiencia biológica se presentaron diferencias significativas, el rastro de cebada presentó la eficiencia biológica más alta con 139.07%.

**Ramos D.J., (2022)**, en la tesis “Influencia del sustrato formulado a base de residuos agrícolas y agroindustriales en la producción de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*)” con el objetivo de evaluar la influencia del sustrato formulado a base de residuos agrícolas y agroindustriales en la producción de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*), fueron evaluados paja de trigo y una mezcla de paja de trigo, cascara de café y afrecho. Entre las conclusiones se tiene: no se presentaron diferencias significativas para eficiencia biológica, la mezcla de los sustratos presentó la eficiencia biológica más alta con 130.68%. No se presentaron

diferencias significativas para porcentaje de degradación de sustrato, la mezcla de sustrato mostró el valor más alto con 36.38% de degradación de sustrato.

**Romero, et al., (2010)** en el trabajo de investigación “Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa paradisiaca* L., cv. *Roatan*) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas” fueron evaluados como sustrato de alimentación hojas de plátano, paja de trigo, paja de cebada, pajilla de frejol y rastrojo de maíz. Entre las conclusiones se tiene: la tasa de productividad más alta con un valor de 1.5% se presentó en hojas de plátano, la mayor eficiencia biológica se presentó en paja de trigo con 129.3%.

## V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue experimental de nivel descriptivo y enfoque cuantitativo.

### 5.2. Ubicación temporal del experimento

La investigación se ejecutó del 15 de febrero al 27 de julio del 2020.

### 5.3. Ubicación del campo experimental

#### 5.3.1. Ubicación política

Región:	Cusco
Provincia:	Cusco
Distrito:	San Jerónimo
Lugar:	Centro Agronómico K'ayra – Laboratorio CRIBA

#### 5.3.2. Ubicación geográfica

Longitud:	71°52'03" Oeste
Latitud:	13°33'24" sur
Altitud:	3,219 m

#### 5.3.3. Ubicación hidrográfica

Cuenca :	Vilcanota-Urubamba
Sub cuenca:	Huatanay
Microcuenca:	Huanacaure

#### 5.3.4. Zona de vida

Considerando el diagrama bioclimático propuesto por Holdridge (1967) mencionado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2017) el Centro Agronómico K'ayra se ubica en la zona de vida Bosque seco – Montano bajo - Templado frío.

## **5.4. Materiales, equipos y herramientas**

### **5.4.1. Materiales**

- Fichas de evaluación y libreta de campo
- Rastrojo de Maíz (*Zea mays*)
- Viruta de madera (*Eucalyptus globulus*)
- Rastrojo de avena (*Avena sativa*)
- Rastrojo de Cebada (*Hordeum vulgare*)
- Rastrojo de yacón (*Smallanthus sonchifolius*).
- Parantes de madera
- Fluorescentes
- Bolsas de polipropileno 13x20
- Estante
- Indumentaria de laboratorio

### **5.4.2. Herramientas**

- Esterilizador de sustrato (cilindro esterilizador 50 galones)
- Termo higrómetro
- Balanza de precisión ordinaria 5g
- Asperjador y navaja

### **5.4.3. Equipos**

- Celular (registro fotográfico).
- Computadora personal e impresora

### **5.4.4. Material biológico**

El material biológico utilizado fue una cepa comercial del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fr.) Kummer proveniente del laboratorio de cultivo de la Empresa Bio Setas Perú ubicado en el centro poblado de Cconchacalla, distrito y provincia de Anta, Cusco.

## **5.5. Métodos**

### **5.5.1. Diseño experimental**

El diseño utilizado en el trabajo de investigación fue Diseño Completamente al Azar, con 5 tratamientos y 5 repeticiones, con 25 unidades experimentales. Los

tratamientos fueron distribuidos en forma aleatoria utilizando el método del balotario sin reposición, los resultados fueron procesados en el programa Excel y Minitab, se determinó el análisis de varianza y la prueba de Tukey al 95% de probabilidad.

## 5.5.2. Tratamientos

Tabla 10: Tratamientos

Nº de orden	Clave	Descripción
1	M	Rastrojo de maíz
2	V	Viruta de madera de eucalipto
3	A	Rastrojo de avena
4	C	Rastrojo de cebada
5	Y	Rastrojo de yacón

## 5.5.3. Características del área experimental

### 5.5.3.1. Área experimental

— Largo:	6.0 m
— Ancho:	5.0 m
— Área total:	30.0 m <sup>2</sup>

### 5.5.3.2. Unidad experimental

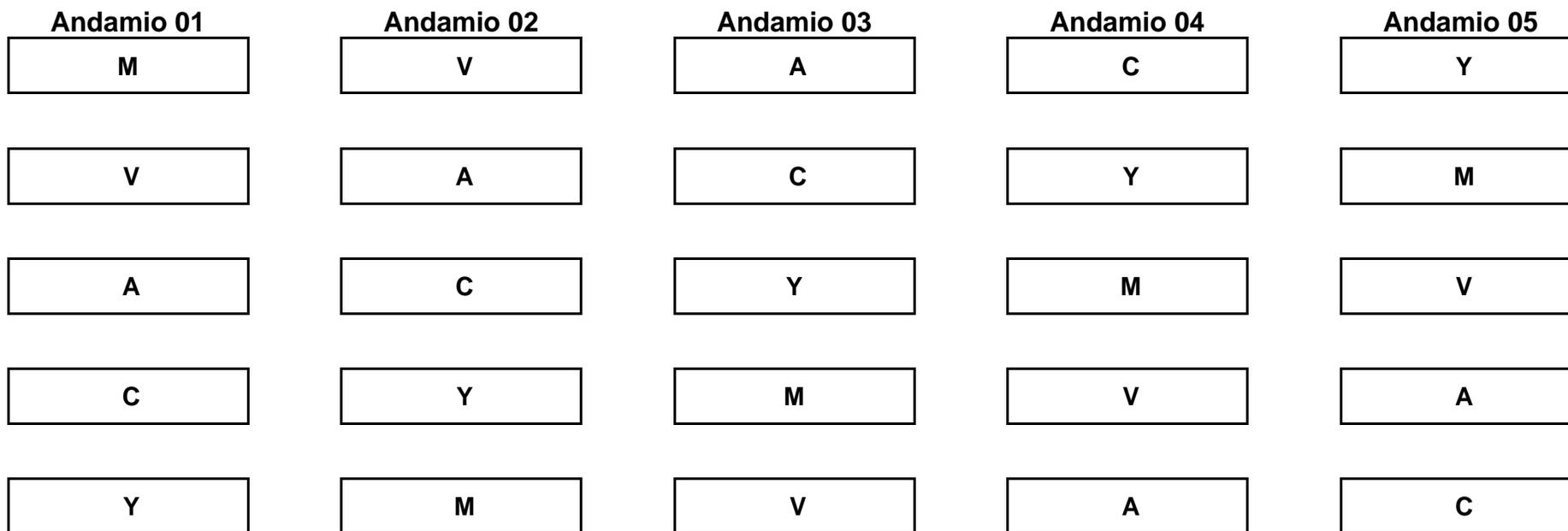
— Total, de unidad experimental:	25
— Peso de unidad experimental:	3.0 kg

## 5.5.4. Conducción del experimento

### 5.5.4.1. Acondicionamiento del ambiente

El ambiente en el cual se realizó el experimento pertenece al Centro Regional de Investigación en Biodiversidad Andina (CRIBA) de la Escuela Profesional de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, las paredes del ambiente fueron recubiertos con plástico negro para crear un ambiente oscuro que favorezca el crecimiento de los hongos. Dentro del ambiente se instalaron cinco andamios metálicos que fueron forrados con plástico para evitar daños al material por la alta humedad existente en el ambiente, los andamios se acomodaron de tal manera que se dejaron calles para poder circular con comodidad, sobre los andamios y según el croquis de ubicación se acomodaron las bolsas con sustratos, los cuales fueron las unidades experimentales. Esta labor fue realizada el 15 de febrero del 2020.

Figura 2: Croquis del campo experimental



**Leyenda**

**M** = Rastrojo de Maíz  
**V** = Viruta de madera de eucalipto  
**A** = Rastrojo de avena  
**C** = Rastrojo de cebada  
**Y** = Rastrojo de yacón

**Distribución de parcelas**

**Laboratorio:** CRIBA      Lugar: Centro Agronómico K'ayra  
**Distrito:** San Jerónimo      Provincia: Cusco  
**Departamento:** Cusco      Región: Cusco

#### *5.5.4.2. Recolección de sustratos*

Los rastrojos fueron recolectados de los campos de cultivo de la facultad y de productores locales, el rastrojo de maíz correspondió a la chala sin mazorcas, el rastrojo de avena y cebada procedieron de la trilla de estos cultivos y el rastrojo de yacón correspondió a los tallos y hojas de la planta, este último material se obtuvo del campo de cultivo de la facultad, la viruta de madera de eucalipto se obtuvo de una carpintería del distrito de San Jerónimo. Esta labor fue realizada del 17 a 25 de febrero del 2020.

#### *5.5.4.3. Picado y remojo de sustratos*

Los rastrojos de maíz, avena, cebada y yacón fueron picados en trozos menores a 5 cm con la finalidad de facilitar la acción enzimática de los hongos, en el caso de viruta fue necesaria desmenuzar los trozos más largos, los sustratos picados fueron remojados en agua durante dos días para facilitar la degradación del material. Finalizado el plazo de remojo fue necesario orear a la sombra durante 6 horas. Esta labor se realizó el 1 y 3 de marzo del 2020.

Fotografía 1: Rastrojo de avena picado



Fotografía 2: Rastrojo de cebada picado



#### *5.5.4.4. Pesado y embolsado de sustrato*

Una vez oreado los sustratos fueron pesados y embolsados, en cada bolsa se acomodó 3.0 kg de sustrato, las bolsas para evitar confusiones fueron identificadas con etiquetas de papela cubiertas con cinta de embalaje. Esta labor se realizó el 04 de marzo del 2020.

#### *5.5.4.5. Pasteurización de sustratos*

Las bolsas con sustratos fueron trasladados a un cilindro, las bolsas se acomodaron en su interior y se llenó de agua hasta la mitad, luego se procedió al sellado con plástico para evitar que escape vapor de agua, una vez sellado el cilindro se comenzó a calentar el agua hasta su ebullición completa, en este estado se mantuvo por 6 horas, el objetivo fue eliminar los microorganismos existentes en los rastrojos y que pueden competir por el sustrato con el hongo. Una vez concluida la labor las bolsas fueron trasladados a los andamios y fueron acomodados según el gráfico de distribución de unidades experimentales mostrado anteriormente Esta labor se realizó el 04 de marzo del 2020.

Fotografía 3: Pasteurizado de sustratos



#### 5.5.4.6. Inoculación

El objetivo de esta labor fue sembrar la semilla de inóculo adquirido de cepa comercial del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fr.) Kummer proveniente del laboratorio de cultivo de la Empresa Bio Setas Perú, la siembra se realizó mezclando con el sustrato 100 g de micelio por bolsa, esta mezcla fue realizado con todos los cuidados sanitarios recomendados para esta labor, se utilizó indumentaria adecuada y guantes estériles para manipular el material. La labor se realizó dentro del ambiente de crecimiento. Esta labor fue realizada el 05 de marzo del 2020.

#### 5.5.4.7. Incubación

Las bolsas inoculadas fueron mantenidas bajo condiciones de oscuridad y con ambiente cerrado, fue necesario asegurar una humedad elevada de hasta el 100%, lo cual se hizo con riegos constantes, debido a que el ambiente estaba cubierto la temperatura se mantuvo en el rango de 26 a 28°C. El objetivo de la incubación fue favorecer el desarrollo del micelio del hongo en el sustrato, esta etapa concluyo cuando el hongo se estableció completamente en el material, esto ocurrió a los 20 días. Esta labor concluyó el 25 de marzo del 2020.

#### 5.5.4.8. Mantenimiento de bolsas y revisión periódica

Se realizaron visitas cada tres días. Una vez que el hongo colonizó todo el sustrato fue necesario realizar pequeños cortes en las bolsas para facilitar la formación de los cuerpos fructíferos o basidiocarpos, el Cutter utilizado fue desinfectado en lejía antes de realizar los cortes. Cuando los basidiocarpos se mostraron fue necesario regar con pulverizadora para mantener la humedad óptima de crecimiento. Esta labor se realizó del 25 de marzo hasta el final de la cosecha, es decir hasta el 25 de julio del 2020.

#### 5.5.4.9. Cosecha

La cosecha de basidiocarpos fue gradual y conforme alcanzaron el tamaño óptimo con un diámetro de 4 a 6 cm, así tenemos:

- *Rastrojo de yacón*: la cosecha de los basidiocarpos comenzó el 06 de mayo del 2020, en tres repeticiones se cosecho cinco veces, en una repetición se cosecho cuatro veces y en una repetición se cosecho seis veces, la última cosecha se realizó el 25 de julio del 2020.
- *Rastrojo de maíz*: la cosecha de basidiocarpo comenzó el 3 de mayo del 2020, en cuatro repeticiones se cosecho seis veces y en una repetición se cosecho cinco veces, la última cosecha se realizó el 25 de julio del 2020.
- *Rastrojo de cebada*: la cosecha de basidiocarpo para este sustrato comenzó el 3 de mayo del 2020, en las cinco repeticiones se cosecharon cuatro veces, la última cosecha se realizó el 23 de julio del 2020.
- *Rastrojo de avena*: la cosecha de basidiocarpos para este sustrato comenzó el 22 de mayo del 2020, en cuatro repeticiones se cosecharon cuatro veces y en una repetición se cosechó cinco veces, la última cosecha se realizó el 25 de julio del 2020.
- *Viruta de madera de eucalipto*: la cosecha de basidiocarpos para este sustrato comenzó el 27 de mayo del 2020, en tres repeticiones se cosecharon tres veces y en dos repeticiones se cosecharon solamente dos veces, la última cosecha fue realizado el 27 de julio del 2020.

Las veces en los cuales se realizó la cosecha fue diferente en los sustratos evaluados, observándose que con el sustrato de viruta de madera de eucalipto la cantidad de cosechas fue inferior, de dos a tres veces, mientras que, en el sustrato

de yacón la cantidad de cosechas fue la máxima de hasta seis veces, la explicación posible es debido a la calidad nutricional de cada sustrato.

### 5.5.5. Método de cálculo por objetivo específico

5.5.5.1. Objetivo específico 1: Establecer cuál de los sustratos permite obtener la mayor eficiencia biológica y la mejor tasa de productividad del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fr.) Kummer.

#### a) Eficiencia biológica

La eficiencia biológica (EB) fue calculada con la siguiente expresión:

$$EB = \frac{\text{Peso total de basidiocarpo (kg)}}{\text{Peso de sustrato de la unidad experimental (kg)}} \times 100$$

#### Ejemplo

La repetición Y-1 correspondiente al sustrato rastrojo de yacón tuvo una producción total de 823.45 g, equivalente a 0.82345 kg, este total se obtuvo de **cinco cosechas** entre el 06 de mayo y 11 de julio del 2020. El peso de la bolsa para todas las repeticiones y tratamientos fue de 3 kg. Reemplazando los valores anteriores en la expresión se tiene:

$$EB = \frac{0.82345}{3.0} \times 100 \quad EB = 27.45\% \text{ de eficiencia biológica}$$

Esto significa que por cada 100 kg de rastrojo de yacón se produjo un total de 27.45 kg de basidiocarpos, considerando todo el proceso de producción, que duro en total 128 días, contados desde la siembra de las esporas del hongo, realizada el 05 de marzo del 2020 y la última cosecha de basidiocarpos ocurrida el 11 de julio del 2020.

El mismo procedimiento se realizó en las 25 unidades experimentales, la eficiencia biológica se expresa en %. Los resultados de producción total de basidiocarpos por unidad experimental se presentan en anexos.

#### b) Tasa de productividad

La tasa de productividad (TP) fue calculada con la siguiente expresión:

$$TP = \frac{\text{Eficiencia biológica (\%)}}{\text{N}^\circ \text{ de días desde inoculación} - \text{ultima cosecha (días)}}$$

Ejemplo:

La repetición Y-1 correspondiente al sustrato rastrojo de yacón, la eficiencia biológica calculada anteriormente fue de 27.45%, la inoculación de todas las unidades experimentales se realizó el 05 de marzo del 2020 y la última cosecha para la repetición Y-1 fue el día 11 de julio del 2020, por tanto, el número de días desde la inoculación hasta la última cosecha fue de 128 días. Reemplazando los valores en la expresión se tiene:

$$TP = \frac{27.45 \%}{128 \text{ días}} \qquad TP = 0.21445 \frac{\%}{\text{día}} \text{ de tasa de productividad}$$

Esto significa que por cada 100 kg de rastrojo de yacón se produjo en promedio 0.21445 kg (214.45 g) de basidiocarpos por cada día (productividad diaria del hongo por cada 100 kg de rastrojo de yacón).

El mismo procedimiento se realizó en las 25 unidades experimentales, la tasa de productividad se expresa en %/días debido a que, es la productividad diaria del hongo. Los resultados de la cantidad de días desde la inoculación hasta la última cosecha por cada unidad experimental se presentan en anexos.

5.5.5.2. Objetivo específico 2: Especificar cuál de los sustratos permite obtener mejor peso y mayor número de basidiocarpos por bolsa del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fr.) Kummer.

a) *Peso de basidiocarpos por bolsa*

El peso de basidiocarpos por unidad experimental o bolsa fue determinado en una balanza de precisión, el registró se realizó en cada cosecha y se totalizó al final de la última cosecha. El registro detallado de las cosechas parciales y la producción total se presenta en anexos.

Fotografía 4: Registro de peso repetición Y-1 – Rastrojo de yacón



Fotografía 5: Registro de peso repetición V-2 – Viruta de madera



*b) Cantidad de basidiocarpos por bolsa*

La cantidad de basidiocarpo por unidad experimental o bolsa se determinó por conteo manual, el registró se realizó en cada cosecha y se totalizó al final de la última cosecha.

Fotografía 6: Basidiocarpos en estado de cosecha – rastrojo de cebada



Fotografía 7: Basidiocarpos en estado de cosecha – rastrojo de yacón



## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Eficiencia biológica

**Tabla 11:** Eficiencia biológica (%)

Tratamiento	Repeticiones					Promedio
	1	2	3	4	5	
Rastrojo de Yacón	27.45	30.61	32.11	29.16	30.91	30.05
Rastrojo de Maíz	25.09	25.19	25.86	32.02	27.98	27.23
Rastrojo de Cebada	21.99	19.02	18.08	15.33	14.93	17.87
Rastrojo de Avena	27.72	23.97	24.62	23.53	26.40	25.25
Viruta de Madera	2.40	3.32	2.49	3.25	2.59	2.81

**Tabla 12:** Estadísticos descriptivos para eficiencia biológica

Tratamiento	Promedio	Máximo	Mínimo	Rango	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Rastrojo de Yacón	30.05	32.11	27.45	4.66	1.79	5.96%
Rastrojo de Maíz	27.23	32.02	25.09	6.93	2.92	10.73%
Rastrojo de Cebada	17.87	21.99	14.93	7.06	2.89	16.18%
Rastrojo de Avena	25.25	27.72	23.53	4.19	1.76	6.98%
Viruta de Madera	2.81	3.32	2.40	0.92	0.44	15.64%
$\bar{X}$ de promedio	20.64	32.11	2.40	29.71	1.96	9.50%

La eficiencia biológica promedio del hongo *Pleurotus ostreatus* fue de 20.64%, es decir por cada 100 kg de rastrojo se produjo en promedio 20.64 kg de basidiocarpos. El promedio determinado en la presente investigación se encuentra muy alejado al resultado de **Valera, A., (2019)** quien en la tesis “Rendimiento del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* cultivado en diferentes sustratos a base de residuos agroindustriales de la ciudad de Tacna” evaluando orujo de uva, orujo de aceituna, coronta y paja de maíz determinó una eficiencia biológica promedio del 70.75%, igualmente es inferior al mencionado por **Ramos, N.I., (2018)** en la tesis “Producción de tres especies de *Pleurotus* spp (*P. ostreatus*, *P. djamor* y *P. eryngii*) utilizando diferentes sustratos, en el Centro Agronómico K’ayra – San Jerónimo – Cusco, tesis ejecutada en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco quien reportó un valor promedio de 22.38% comparado como sustrato alimenticio rastrojo de papa, avena y maíz. El resultado de la presente investigación es inferior, posiblemente a varias razones, el primero de ellos son las características propias de los sustratos utilizados para el cultivo del hongo, puesto que, no se ha utilizado exactamente los mismos sustratos, en el primer caso ha utilizado orujo de uva y orujo de aceituna, con un contenido de celulosa distinto.

El rango de variación de la información registrada fue de 29.71% de eficiencia biológica, el valor máximo de eficiencia biológica fue de 32.1% y se observó en el sustrato de crecimiento rastrojo de yacón, mientras que, la eficiencia biológica mínima fue de 2.4% y se observó en el sustrato de crecimiento rastrojo de viruta de madera de eucalipto. La desviación estándar total fue de 1.96% y el coeficiente de variación promedio fue 9.5%.

**Tabla 13:** *Análisis de varianza para eficiencia biológica al 95% de significancia*

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Valor p	Sig .
Tratamientos	4	2393.73	598.432	127.88	0.000	Sig
Error	20	93.59	4.680			
Total	24	2487.32				

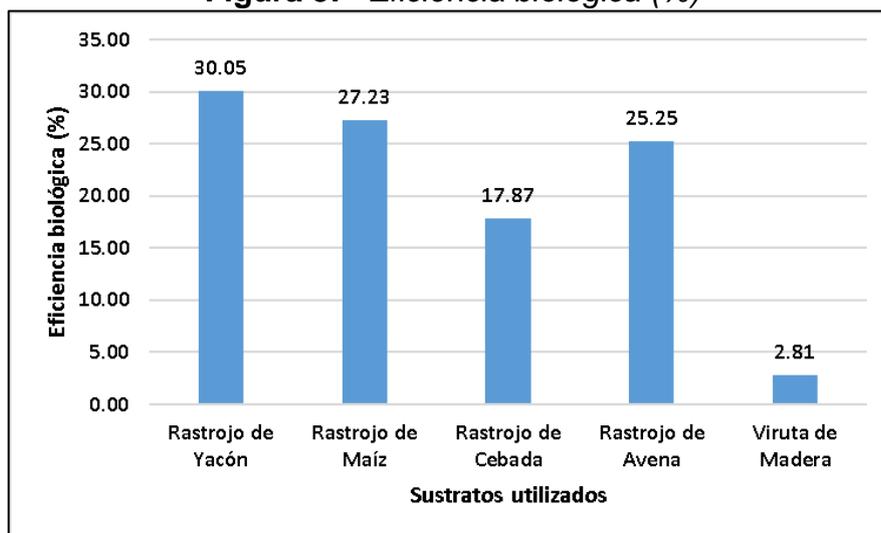
El análisis de varianza indica que al 95% de probabilidad se presentaron diferencias significativas entre los sustratos evaluados, ya que, el valor de la probabilidad p es inferior al valor de significancia 0.05. Este resultado es igual al reportado por **Valera, A., (2019)**, en su trabajo de investigación realizado en Tacna quien evaluando los sustratos: orujo de uva + coronta de maíz, orujo de aceituna + coronta de maíz, orujo de uva + orujo de aceituna y paja de maíz encontró diferencias significativas entre los sustratos, igualmente confirma el resultado encontrado por **Muñoz, E.N., (2017)**, quien comparando dos sustratos rastrojo de maíz y paja de arroz en la Universidad Nacional Agraria La Molina en la tesis “Comparativo de dos sustratos y cuatro paquetes tecnológicos utilizados en la producción comercial de *Pleurotus ostreatus*” encontró diferencias significativas entre los tratamientos. Los siguientes investigadores encontraron también diferencias significativas entre los tratamientos evaluados: **Ramos, N.I., (2018)** evaluando los sustratos: rastrojo de avena, papa, maíz, maíz + papa, avena + papa y avena + maíz en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, **Quispe, R., (2021)**, evaluando 10 sustratos entre ellos: rastrojo de papa, pino, cebada y aserrín, en la tesis “Producción del hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*) utilizando diferentes tipos de sustratos en el Centro Agronómico K’ayra – San Jerónimo – Cusco” y **Romero, et al., (2010)** evaluando como sustrato de alimentación hojas de plátano, paja de trigo, paja de cebada, pajilla de frejol y rastrojo de maíz, trabajo realizado en México.

**Tabla 14:** Prueba de Tukey para eficiencia biológica

Tratamientos	Media	Agrupación		
Rastrojo de yacón	30.05	A		
Rastrojo de maíz	27.23	A	B	
Rastrojo de avena	25.25		B	
Rastrojo de cebada	17.87			C
Viruta de madera	2.81			D

La prueba de Tukey realizado al 95% de probabilidad indica que los sustratos rastrojo de yacón con un promedio de 30.0% de eficiencia biológica y el sustrato rastrojo de maíz con un promedio de 27.23% de eficiencia biológica, fueron estadísticamente iguales pero superiores a los sustratos rastrojo de cebada y viruta de madera de eucalipto. La misma tendencia se observa en figura mostrada a continuación. Los resultados anteriores difieren largamente en los porcentajes a los reportados por los siguientes investigadores: **Valera, A., (2019)**, encontró que el valor más alto se presentó en paja de maíz con 87.6%, de eficiencia biológica, **Muñoz, E.N., (2017)**, encontró que la panca de maíz mostró la eficiencia más elevada con 81.1% frente al 73.3% de la paja de arroz, **Holgado, M.E., (2018)** reportó que la eficiencia biológica de la época de lluvia con un promedio de 94% fue superior a la eficiencia biológica en época de secas con 60%, este autor utilizó como sustrato rastrojo de avena y **Ramos, N.I., (2018)** menciona que el rastrojo de papa presentó la eficiencia biológica más alta con 29.18%.

**Figura 3:** Eficiencia biológica (%)



La eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus* depende básicamente de las condiciones ambientales de crecimiento y del sustrato utilizado para su cultivo, en

la presente investigación las condiciones ambientales de crecimiento fueron iguales para todos los tratamientos, por tanto, el resultado encontrado demuestra que la eficiencia biológica, bajo esas condiciones depende del tipo de sustrato utilizado, en este caso, el mejor sustrato fue el rastrojo de yacón, con 30.05% de eficiencia, en comparación con los demás sustratos, la explicación de este hecho posiblemente es el contenido diferencial de celulosa y otros componentes, sin embargo, para estar seguro de la afirmación sería necesario, realizar un análisis bromatológico de todos los residuos de cosecha utilizados y determinar la correlación entre el contenido de nutrientes y la eficiencia biológica, el cual es tema de otra investigación.

## 6.2. Tasa de productividad

**Tabla 15:** Tasa de productividad (%/día)

Tratamiento	Repeticiones					Promedio
	1	2	3	4	5	
Rastrojo de Yacón	0.21	0.26	0.23	0.21	0.26	0.23
Rastrojo de Maíz	0.18	0.18	0.18	0.23	0.20	0.19
Rastrojo de Cebada	0.18	0.15	0.13	0.12	0.12	0.14
Rastrojo de Avena	0.20	0.17	0.18	0.17	0.19	0.18
Viruta de Madera	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02

**Tabla 16:** Estadísticos descriptivos para tasa de productividad

Tratamiento	Promedio	Máximo	Mínimo	Rango	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Rastrojo de Yacón	0.23	0.26	0.21	0.05	0.02	9.99%
Rastrojo de Maíz	0.19	0.23	0.18	0.05	0.02	10.93%
Rastrojo de Cebada	0.14	0.18	0.12	0.06	0.03	19.45%
Rastrojo de Avena	0.18	0.20	0.17	0.03	0.01	6.87%
Viruta de Madera	0.02	0.03	0.02	0.01	0.00	15.81%
$\bar{X}$ de promedio	0.15	0.26	0.02	0.24	0.02	11.38%

El promedio de la tasa de productividad del hongo *Pleurotus ostreatus* fue de 0.15%/día, es decir por cada 100 kg de rastrojo en promedio se produjo 0.15 kg (150 g) de basidiocarpo en forma diaria. El promedio de tasa de productividad encontrado en la presente investigación se ubica por debajo del reportado por **Valera, A., (2019)** quien evaluando sustratos agroindustriales en Tacna, investigación realizada en la Universidad Nacional Jorge Basadre Growthmann encontró una tasa de productividad promedio de 1.3%, inferior también al reportado por **Ramos, N.I., (2018)** quien evaluando rastrojo de avena, papa, maíz, maíz +

papa, avena + papa y avena + maíz, investigación realizada en el Centro Agronómico K'ayra- UNSAAC, encontró una tasa productiva promedio de 0.241%. El resultado de la presente investigación que en promedio es menor que las mencionadas anteriormente se debe posiblemente a los sustratos utilizados, ya que, es factor es el que más influye en la tasa de productividad del hongo de ostra.

EL rango de variación de la información registrada fue de 0.24%, la tasa de productividad más elevada fue de 0.26% y se observó en el sustrato de crecimiento rastrojo de yacón, mientras la tasa de productividad más baja fue de 0.02% y se presentó en el sustrato de crecimiento viruta de madera de eucalipto. La desviación estándar de la información registrada fue de 0.02% y el coeficiente de variación promedio fue de 11.38%

**Tabla 17:** *Análisis de varianza para tasa de productividad al 95% de significancia*

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Valor p	Sig.
Tratamientos	4	0.13050795	0.03262699	86.71	0.000000	Sig.
Error	20	0.00752568	0.00037628			
Total	24	0.13803363				

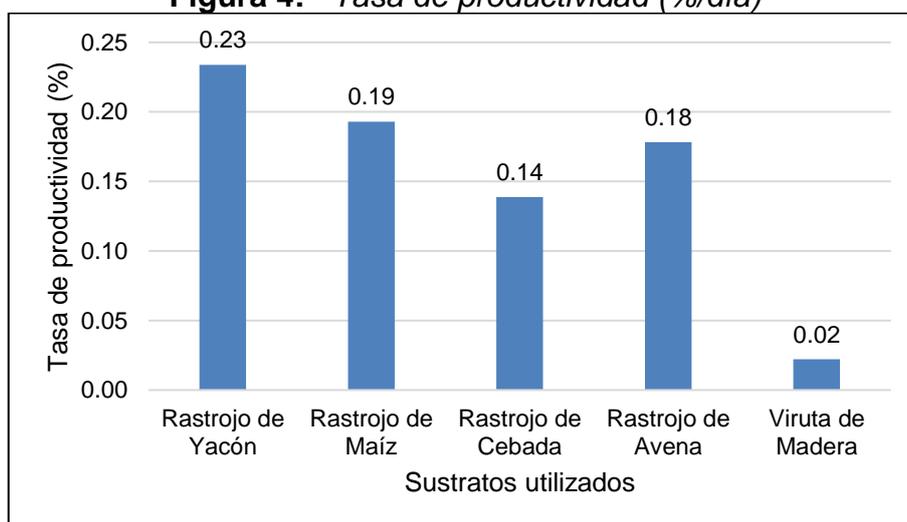
El análisis varianza para tasa de productividad indica que existen diferencias significativas al 95% de probabilidad entre los sustratos evaluados en la presente investigación, ya que, el valor de la probabilidad p es inferior al valor de significancia de 0.05. Este resultado coincide con lo reportado por los siguientes autores: **Valera, A., (2019)** reportó diferencias significativas entre los tratamientos orujo de uva + coronta de maíz, orujo de aceituna + coronta de maíz, orujo de uva + orujo de aceituna y paja de maíz, **Muñoz, E.N., (2017)** encontró diferencias significativas entre los tratamientos rastrojo de maíz y paja de arroz, **Ramos, N.I., (2018)** observó diferencias estadísticas entre los tratamientos rastrojo de avena, papa, maíz, maíz + papa, avena + papa y avena + maíz, **Quispe, R., (2021)**, encontró diferencias significativas entre los 10 tratamientos dentro de ellos rastrojo de papa, pino, cebada y aserrín y diferentes combinaciones entre ellos.

**Tabla 18:** Prueba de Tukey para tasa de productividad

Tratamientos	Media	Agrupación
Rastrojo de yacón	0.23	A
Rastrojo de maíz	0.19	B
Rastrojo de avena	0.18	B
Rastrojo de cebada	0.14	C
Viruta de madera	0.02	D

La prueba de Tukey para tasa de productividad y con 95% de probabilidad señala que los sustratos rastrojo de yacón con un promedio de 0.32% de tasa de productividad, el sustrato rastrojo de maíz con un promedio de 0.31% de tasa de productividad y el sustrato rastrojo de avena con un promedio de 0.29% son estadísticamente iguales pero superiores a los sustratos rastrojo de cebada y viruta de madera de eucalipto. Esta tendencia se observa en la figura siguiente.

**Figura 4:** Tasa de productividad (%/día)



Esta tendencia se observó en otras investigaciones, pero con valores de tasa mayores, **Valera, A., (2019)** determinó que el tratamiento orujo de uva + coronta de maíz con 1.4% y el tratamiento orujo de uva + orujo de aceituna con 1.6% de tasa productiva fueron los mejores, **Muñoz, E.N., (2017)** estableció que el tratamiento panca de maíz obtuvo la tasa de productividad más elevada con 1.3% frente a la paja de arroz con 1.14%. **Holgado, M.E., (2018)** determinó que la tasa de productividad para época lluviosa el promedio de 1.44%/días fue mejor, **Ramos, N.I., (2018)** demostró que el rastrojo de papa presentó la tasa de productividad más elevada con 0.3138 %/día, **Quispe, R., (2021)** observó que el sustrato de cebada presentó la mejor tasa de productividad con 1.78 %/día, **Romero, et al., (2010)**

señala que la tasa de productividad más alta con un valor de 1.5% se presentó en hojas de plátano. En todas las investigaciones mencionadas anteriormente se ha utilizado sustratos diferentes a los utilizados en la presente investigación, es una de las posibles explicaciones del porqué, los valores obtenidos son inferiores.

### 6.3. Peso de basidiocarpos

**Tabla 19:** *Peso de basidiocarpos (g)*

Tratamiento	Repeticiones					Promedio
	1	2	3	4	5	
Rastrojo de Yacón	823.45	918.36	963.42	874.88	927.28	901.48
Rastrojo de Maíz	752.79	755.63	775.71	960.52	839.29	816.79
Rastrojo de Cebada	659.71	570.70	542.41	459.98	448.01	536.16
Rastrojo de Avena	831.52	719.10	738.56	705.80	792.13	757.42
Viruta de Madera	71.90	99.70	74.55	97.58	77.62	84.27

**Tabla 20:** *Estadísticos descriptivos para peso de basidiocarpos*

Tratamiento	Promedio	Máximo	Mínimo	Rango	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Rastrojo de Yacón	901.48	963.42	823.45	139.97	53.81	5.97%
Rastrojo de Maíz	816.79	960.52	752.79	207.73	87.59	10.72%
Rastrojo de Cebada	536.16	659.71	448.01	211.70	86.70	16.17%
Rastrojo de Avena	757.42	831.52	705.80	125.72	52.88	6.98%
Viruta de Madera	84.27	99.70	71.90	27.80	13.29	15.78%
̄ de promedio	619.22	963.42	71.90	891.52	58.86	9.50%

El peso promedio de basidiocarpos fue de 619.22 g, el rango de variación fue de 891.52 g con un valor máximo de 963.42 g correspondiente al sustrato de crecimiento rastrojo de yacón, y un valor mínimo con 71.90 g observado en el sustrato viruta de madera de eucalipto, la desviación estándar de la información registrada fue de 58.86 g y el coeficiente de variación 9.5%:

**Tabla 21:** *Análisis de varianza para peso de basidiocarpos al 95% de significancia*

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Valor p	Sig.
Tratamientos	4	2154356	538589	127.88	0.000000	Sig.
Error	20	84231	4212			
Total	24	2238587				

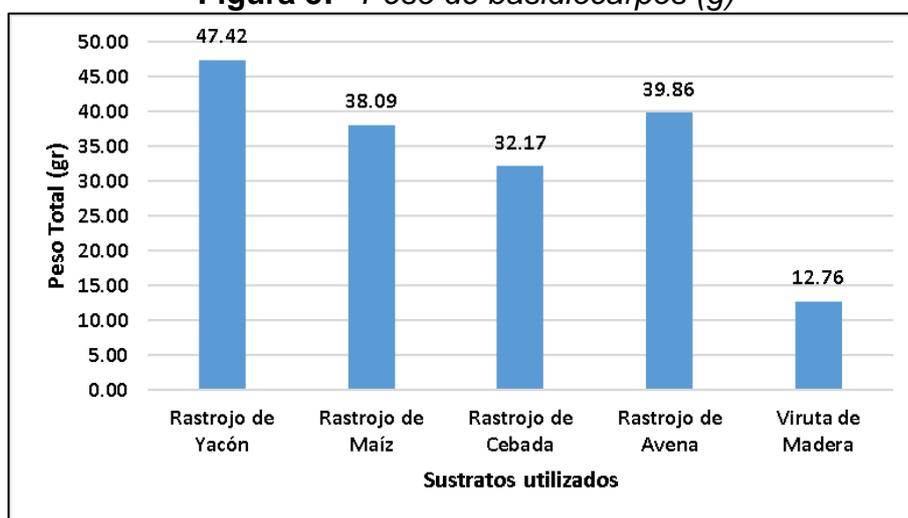
El análisis de variancia indica que al 95% de confianza existen diferencias significativas entre los sustratos evaluados, puesto que, el valor de la probabilidad p es inferior al nivel de significancia de 0.05.

**Tabla 22:** Prueba de Tukey para peso de basidiocarpos

Tratamientos	Media	Agrupación	
Rastrojo de yacón	901.50	A	
Rastrojo de maíz	816.80	A	B
Rastrojo de avena	757.40		B
Rastrojo de cebada	536.20		C
Viruta de madera	84.27		D

Según la prueba de Tukey los sustratos de crecimiento rastrojo de yacón con un promedio de 901.5 g y el sustrato de crecimiento rastrojo de maíz con un promedio de 816.8 g son estadísticamente iguales pero superiores al rastrojo de cebada y viruta de madera de eucalipto.

**Figura 5:** Peso de basidiocarpos (g)



#### 6.4. Cantidad de basidiocarpos por bolsa

**Tabla 23:** Cantidad de basidiocarpo por bolsa

Tratamiento	Repeticiones					Promedio
	1	2	3	4	5	
Rastrojo de Yacón	18	19	20	19	19	19.00
Rastrojo de Maíz	20	20	21	23	22	21.20
Rastrojo de Cebada	18	17	16	16	16	16.60
Rastrojo de Avena	20	19	18	19	19	19.00
Viruta de Madera	7	7	6	7	6	6.60

**Tabla 24:** Estadísticos descriptivos para cantidad de basidiocarpo por bolsa

Tratamiento	Promedio	Máximo	Mínimo	Rango	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Rastrojo de Yacón	19.00	20.00	18.00	2.00	0.71	3.72%
Rastrojo de Maíz	21.20	23.00	20.00	3.00	1.30	6.15%
Rastrojo de Cebada	16.60	18.00	16.00	2.00	0.89	5.39%
Rastrojo de Avena	19.00	20.00	18.00	2.00	0.71	3.72%
Viruta de Madera	6.60	7.00	6.00	1.00	0.55	8.30%
$\bar{X}$ de promedio	16.48	23.00	6.00	17.00	0.83	5.05%

El promedio de basidiocarpos por bolsa fue de 16.48, este valor está por debajo de los reportados por **Valera, A., (2019)** en su trabajo de investigación realizado en Tacna y evaluando residuos agroindustriales de uva y aceituna encontró un promedio de 43.8 basidiocarpos por bolsa de 1.5 kg de sustrato, al reportado por **Ramos, N.I., (2018)** en la evaluación realizada a los rastrojos de papa, maíz y avena encontró un promedio de 20.03 basidiocarpos por bolsa.

El rango de variación de los valores registrados fue de 17.0, con un valor máximo de 23 basidiocarpos por bolsa observado en el sustrato rastrojo de maíz, y un valor mínimo de 6 basidiocarpos por bolsa correspondiente al sustrato viruta de madera de eucalipto, la desviación estándar fue de 0.83 basidiocarpos por bolsa y el coeficiente de variación promedio fue de 5.05%

**Tabla 25:** Análisis de varianza para cantidad de basidiocarpo por bolsa al 95% de significancia

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Valor p	Sig.
<b>Factor</b>	4	663.0400	165.7600	218.1053	0.0000	Sig.
<b>Error</b>	20	15.2000	0.7600			
<b>Total</b>	24	678.2400				

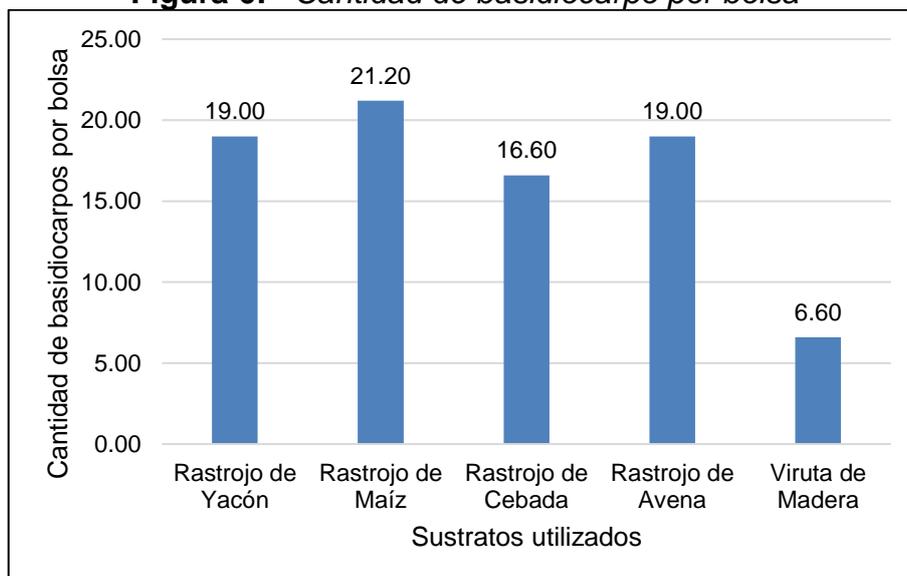
El análisis de varianza para cantidad de basidiocarpos por bolsa indica que al 95% de probabilidad existen diferencias significativas entre los sustratos evaluados, ya que el valor p es inferior al nivel de significancia de 0.05. Este resultado coincide con **Valera, A., (2019)** quien menciona diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, **Ramos, N.I., (2018)** reportó diferencias significativas entre los sustratos evaluados, **Quispe, R., (2021)** también reportó diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados.

**Tabla 26:** Prueba de Tukey para peso cantidad de basidiocarpo por bolsa

Tratamientos	Media	Agrupación
Rastrojo de Maíz	21.20	A
Rastrojo de Avena	19.00	B
Rastrojo de Yacón	19.00	B
Rastrojo de Cebada	16.60	C
Viruta de Madera	6.60	D

La prueba de Tukey elaborado al 95% de probabilidad indica que el sustrato rastrojo de maíz con un promedio de 21.2 basidiocarpos por bolsa es estadísticamente superior a los demás sustratos evaluados. Esta tendencia se mantiene en las investigaciones realizadas por **Valera, A., (2019)** quien reportó que la cantidad más baja de 27 basidiocarpos por bolsa se presentó en el tratamiento orujo de aceituna + coronta de maíz. **Ramos, N.I., (2018)** reportó que el sustrato rastrojo de papa presentó el mejor número de basidiocarpos por bolsa con un valor de 28.0, **Quispe, R., (2021)** encontró que el sustrato rastrojo de papa + rastrojo de cebada fue el mejor con 25.75 basidiocarpos por bolsa.

**Figura 6:** Cantidad de basidiocarpo por bolsa



## VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

### CONCLUSIONES

1. Los sustratos rastrojo de yacón y rastrojo de maíz presentaron mejor eficiencia biológica que los sustratos rastrojo de cebada, avena y viruta de madera de eucalipto, con 30.05 y 27.23% de eficiencia biológica respectivamente, promedio general fue 20.64% de eficiencia biológica. El sustrato rastrojo de yacón permitió obtener la mayor tasa productiva comparada con los demás sustratos con un promedio de 0.23%/día, el promedio general fue 0.15%/día de tasa productiva.
2. Los sustratos rastrojo de yacón y rastrojo de maíz presentaron la mayor producción de Basidiocarpos por bolsa que los sustratos rastrojo de cebada, avena y viruta de madera de eucalipto con 901.5 y 816.8 g de basidiocarpos por bolsa, el promedio general de producción fue 619.22 g. de basidiocarpos por bolsa. El sustrato rastrojo de maíz con un promedio de 21.2 basidiocarpos por bolsa fue el mejor comparado con los demás sustratos evaluados, el número promedio general de basidiocarpos por bolsa fue de 16.48.

El número de veces que fue cosechado los basidiocarpos fue variable, el sustrato de viruta de madera de eucalipto presentó la menor cantidad de veces de cosecha de dos a tres veces, mientras que, en el sustrato de yacón se cosecha hasta seis veces.

## SUGERENCIAS

1. Se sugiere continuar con la investigación sobre producción y productividad del hongo *Pleurotus ostreatus* evaluando tiempo de inoculación y condiciones ambientales de crecimiento.
2. Se sugiere evaluar tecnologías adecuadas a las condiciones locales, especialmente con materiales que el productor dispone en abundancia, como rastrojo de papa, maíz, trigo entre otros.
3. Se sugiere realizar investigaciones sobre la oferta y demanda y los mercados potenciales del hongo *Pleurotus ostreatus* en la región y el país, para recomendar a los productores épocas de cosecha y siembra del hongo.
4. Se sugiere investigar sobre la producción de inóculo y de las condiciones e infraestructura que requiere, para recomendar a los productores la forma como deben obtener el inóculo del hongo, investigar sobre los materiales que pueden utilizarse para producir las semillas infectivas.
5. Se sugiere realizar una investigación sobre la rentabilidad económica de la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* en la región Cusco y en condiciones de comunidades campesinas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Anrique, R. (2014). "*Composición de alimentos para el ganado bovino*". Universidad Austral de Chile. Santiago - Chile
2. Ardón, L. (2007). "*Producción de hongos comestibles*". Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala.
3. Atlas, R., & Bartha, R. (2002). "*Ecología microbiana y microbiología ambiental*". Editorial Adisson Wesley. Madrid - España.
4. Candía, C. N. (2009). "*Evaluación de sustratos lignocelulósicos para la producción de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Fr.) Kummer*". Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. Cusco - Perú.
5. Calderon, J. (2009). "*Determinación de la mejor etapa de aplicación de la fertilización nitrogenada en el sustrato caña de maíz (*Zea mays* L.) para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) Kumm (Cepa ECS-152)*". Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
6. Chang, S., & Miles, P. (2004). "*Hongos: Cultivo, Valor Alimenticio, Efecto Medicinal e Impacto ambiental*". CRC Press Washington - USA.
7. Cisterna, C. (2003). "*Clasificación eco fisiológica de los hongos comestibles*". Universidad de Talca. Santiago - Chile.
8. Córdova, B. (1971). "*Cereales*". Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila - México.
9. Coronado, A. (2013). "*Elaboración de la harina de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y su influencia en el crecimiento de dos bacterias probiótica*". Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima - Perú.
10. Cuamtzi, J., Nava, S., Esquivel, U., & Bibbins, M. (2017). "*La vida sexual de un hongo extraordinario llamado *Pleurotus**". Frontera Biotecnológica. México.
11. Fernández, F. (2004). "*Guía práctica de producción de setas (*Pleurotus* spp.)*". Fungitec Asesorías. Guadalajara - Jalisco - México.
12. FAO. (1993). "*El maíz en la nutrición humana*". Colección FAO. Alimentación y nutrición, N°25. Roma - Italia.
13. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal - FEDNA. (2023). "*Paja de cereales (trigo y cebada)*". Obtenido de

[http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/paja-de-cereales-trigo-y-cebada](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/paja-de-cereales-trigo-y-cebada)

14. Galindo, J. M. (1991). "*Cultivo moderno de champiñón*". Ediciones Mundi – Prensa. Madrid - España.
15. García, A. (2000.). "*Utilización de rastrojos de maíz (Zea mays) y cascarilla de arroz (Oriza sativa) como sustrato para el cultivo del hongo comestible Pleurotus spp.*" Tesis de pregrado. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
16. Grandez, N. (2018). "*Caracterización nutricional de once variedades de residuos de cosecha en la región Amazonas*". Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Chachapoyas - Perú.
17. Gutierrez, N., & Ruidiaz, M. (2005). "*Análisis del yacón Smallanthus sonchifolius y propuesta de extracción de inulina*". Universidad del Quindío, Quindío, Ecuador.
18. Hincapié, J. (1993). "*Fertilización mineral del hongo comestible Pleurotus spp*". Universidad Nacional de Colombia. Medellín - Colombia.
19. Holgado, M. (2018). "*Evaluación de la producción de Pleurotus ostreatus (Jacq.ex Fr.) Kumm (Basidiomycete) en residuos lignocelulósicos como alternativa agroecológica en la comunidad de Huayllay Ccorca, Cusco*". Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa - Perú.
20. Lazo, G. (2001). "*Determinación de la eficiencia del rastrojo de tomate (Lycopesicon sculentum Miller) y la corono del fruto de piña (Ananas comosus L.) Merrill) y sus mezclas en el cultivo de la Cepa ESC 0110 de Pleurotus (Pleurotus ostreatus)*". Tesis de pregrado. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
21. Leal, L., Juárez, V., & Terán, M. (2011). "*Composición química de la madera de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden procedente de Finca Las Maravillas, Departamento de Orán, Salta. Quebracho*" - Revista de Ciencias Forestales, 19(1).
22. Martin, A. (1981). "*Introducción a la microbiología del suelo*". AGT editores. México.
23. Martínez, D. (2000). "*Cultivo de Pleurotus spp. sobre desechos agrícolas*". Revista Biótica, 9.

24. Martínez, D., Curvetto, M., Sobal, P., & Morales, M. (2010). "*Hacia un desarrollo sostenible del sistema de producción – consumo de los hongos comestibles y medicinales en Latinoamérica: Avances y perspectivas en el siglo XXI*". Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales – COLPOS UNS-CONACYT-AMC-UAEM-MINAP. Puebla - México.
25. Martinez, J. (2012). "*Cultivo de pleurotus ostreatus en el valle del fuerte, Sinaloa: una alternativa de aprovechamiento de esquilmos agrícolas*". Tesis de doctorado, Univesidad Autonoma Indigena de México. Sinaloa - México.
26. Mata, G., & Martínez, D. (1998.). "*Estimación de la producción de residuos agroindustriales potencialmente utilizables para el cultivo de hongos comestibles en México*". *Revista Mexicana de Micología*, 4.
27. Monterroso, O. (2007). "*Efecto de la suplementación de la caña de maíz (Zea mays L.) con nitrato de amonio, nitrato de potasio y urea en el cultivo del hongo Pleurotus djamor (Cepa ECS- 152)*". USAC . Guatemala.
28. Muñoz, E. (2017). "*Comparativo de dos sustratos y cuatro paquetes tecnológicos utilizados en la producción comercial de Pleurotus ostreatus*". Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú.
29. OEI, P. (2003). "*El cultivo del hongo*". *Revista tecnológica*. Publisher Backhuys. Leiden, Holanda.
30. Pavlich, H. (2001). "*Cultivo de hongos comestibles del Perú en residuos lignocelulósicos*". *Revista Biota*(100).
31. Pinzón, J., & Lemus, J. (2017). "*Valoración nutricional y parámetros de fermentación del ensilaje de yacón y cáscara de naranja*". Tesis de pregrado, Universidad de la Salle. Bogota - Colombia .
32. Quimio, T. (2002). "*La biología y el cultivo de Pleurotus spp*". Editorial Limusa S. A. Chiapas - México.
33. Quispe, R. (2021). "*Producción del hongo comestible (Pleurotus ostreatus) utilizando diferentes tipos de sustratos en el Centro Agronómico K'ayra – San Jerónimo – Cusco*". Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco - Perú.
34. Ramos, D. (2022). "*Influencia del sustrato formulado a base de residuos agrícolas y agroindustriales en la producción de setas comestibles*

- (*Pleurotus ostreatus*)". Tesis de pregrado, Universidad Nacional Jose María Arguedas. Andahuaylas - Perú.
35. Ramos, N. (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 Jerónimo – Cusco*". Tesis de pregrado , Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco - Perú.
36. Reyes, J. I. (2013). "*Reacción asistida por microondas para la obtención de hidrocarburos a partir de aserrín de madera*". Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador- Quito -Ecuador.
37. Ríos, W., Valdez, R., & Jiménez, J. (2017). "*Aislamiento, propagación y crecimiento de hongos comestibles nativos en residuos agroindustriales*". *Scientia Agropecuaria*, 8(4). doi:10.17268/sci.agropecu.2017.04.04
38. Rodríguez, G., Martínez, D., Buglione, M., Filippi, M., & Agüero, M. (2018). "*Cultivo de Pleurotus ostreatus (Jacq.: Fr.) Kummer sobre orujo de pera: Evaluación de la productividad y composición química del sustrato biodegradado*". *Anales de Biología*, 40(21). doi:DOI: <http://dx.doi.org/10.6018/analesbio.40.03>
39. Rodríguez, N., & Gómez, F. (2001). "*Cultivo de hongos comestibles en pulpa de café*". *Avances Técnicos*. CENICAFE. Bogota - Colombia.
40. Rodriguez, R. (1996). "*Caracterización de cepas del hongo comestible Pleurotus spp. en medios de cultivo y su evaluación en sustratos lignocelulosicos forrajeros para la producción de carpóforos*". Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nueva León. México.
41. Romero, O., Huerta, M., Damián, M., & Macías, A. (2010). "*Evaluación de la capacidad productiva de Pleurotus ostreatus con el uso de hoja de plátano (Musa paradisiaca L., cv. Roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas*". *Agronomía Costarricense*, 34(1).
42. Sánchez, J. ( 1994). "*Producción de hongos comestibles*". Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. México.
43. Sánchez, J., & Royse, D. (2001). "*La biología y el cultivo de Pleurotus spp. Colegio la Frontera Sur (ECOSUR)*". Editorial Limusa. Chiapas - México.
44. SENAMHI. (2017). "*Atlas de zonas de vida del Perú, guía explicativa*". Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Lima - Perú.

45. Stamets, P. (2000). "Los hongos de gourmet Grooving y medicinales" . Aceleran Prensa. Berkeley -Toronto -Canada.
46. Talledo, R. (2004). "Posibles variantes que se pueden realizar en la producción de semilla de *Pleurotus ostreatus*". Revista Agro enfoqué, XVIII.
47. Valera, A. (2019). "Rendimiento del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* cultivado en diferentes sustratos a base de residuos agroindustriales de la ciudad de Tacna". Tesis de pregrado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann -Tacna- Tacna - Perú.
48. Vedder, P. (1996). "Cultivo moderno de Champiñón". Ediciones Mundi-Prensa. Madrid - España.
49. Vega, A., & Franco, H. (2013). "Productividad y calidad de los cuerpos fructíferos de los hongos comestibles *Pleurotus pulmonarius* RN2 y *P. djamor* RN81 y RN82 cultivados sobre sustratos lignocelulósicos". Información Tecnológica, 24(1). doi: 10.4067/S0718-07642013000100009

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 01: RESULTADOS DE EVALUACIONES

**Tabla 27:** *Días de inoculación a última cosecha de basidiocarpos*

Tratamiento	Repeticiones					Promedio
	1	2	3	4	5	
Rastrojo de Yacón	128	117	142	138	121	129.20
Rastrojo de Maíz	142	142	142	142	138	141.20
Rastrojo de Cebada	121	128	142	130	126	129.40
Rastrojo de Avena	142	142	140	142	142	141.60
Viruta de Madera	132	128	133	133	112	127.60

**Tabla 28:** *Peso de sustrato seco final (kg)*

Tratamiento	Repeticiones				
	1	2	3	4	5
Rastrojo de Yacón	1.55	1.62	1.61	1.69	1.61
Rastrojo de Maíz	1.49	1.51	1.45	1.56	1.50
Rastrojo de Cebada	1.70	1.71	1.77	1.70	1.74
Rastrojo de Avena	1.52	1.50	1.48	1.53	1.45
Viruta de Madera	1.49	1.52	1.46	1.52	1.47

**Tabla 29:** *Producción de basidiocarpos por cosecha (g) – Rastrojo de yacón*

N°	Fecha de recolección	Repeticiones				
		Y-1	Y-2	Y-3	Y-4	Y-5
1	06/05/2020	309.39	0.00	0.00	0.00	0.00
2	08/05/2020	0.00	0.00	354.55	386.34	0.00
3	14/05/2020	0.00	281.96	0.00	0.00	0.00
4	15/05/2020	0.00	0.00	0.00	0.00	194.82
5	22/05/2020	212.59	256.17	0.00	0.00	211.55
6	23/05/2020	0.00	0.00	0.00	0.00	145.42
7	25/05/2020	0.00	0.00	281.29	0.00	0.00
8	28/05/2020	0.00	0.00	0.00	202.64	0.00
9	04/06/2020	0.00	0.00	0.00	0.00	136.29
10	05/06/2020	140.15	0.00	0.00	0.00	0.00
11	08/06/2020	0.00	207.19	0.00	0.00	0.00
12	09/06/2020	0.00	0.00	98.72	0.00	0.00
13	15/06/2020	0.00	0.00	0.00	141.27	0.00
14	19/06/2020	0.00	0.00	0.00	0.00	155.93
15	22/06/2020	68.98	0.00	0.00	0.00	0.00
16	26/06/2020	0.00	65.76	0.00	0.00	0.00
17	01/07/2020	0.00	107.28	0.00	0.00	0.00
18	04/07/2020	0.00	0.00	0.00	0.00	83.27
19	05/07/2020	0.00	0.00	119.92	0.00	0.00
20	11/07/2020	92.34	0.00	0.00	0.00	0.00
21	21/07/2020	0.00	0.00	0.00	144.63	0.00
22	25/07/2020	0.00	0.00	108.94	0.00	0.00
<b>Total</b>		<b>823.45</b>	<b>918.36</b>	<b>963.42</b>	<b>874.88</b>	<b>927.28</b>

**Tabla 30: Producción de basidiocarpos por cosecha (g) – Rastrojo de maíz**

N°	Fecha de recolección	Repetición				
		M-1	M-2	M-3	M-4	M-5
1	03/05/2020	385.68	0.00	0.00	0.00	0.00
2	05/05/2020	0.00	0.00	450.69	0.00	0.00
3	08/05/2020	0.00	168.80	0.00	0.00	351.13
4	17/05/2020	0.00	0.00	0.00	428.66	0.00
5	22/05/2020	0.00	0.00	154.07	0.00	0.00
6	23/05/2020	0.00	0.00	0.00	0.00	93.53
7	02/06/2020	0.00	171.08	0.00	0.00	0.00
8	04/06/2020	113.94	0.00	0.00	184.55	0.00
9	07/06/2020	16.47	0.00	61.39	0.00	129.65
10	15/06/2020	93.41	0.00	0.00	0.00	0.00
11	16/06/2020	0.00	85.61	0.00	0.00	0.00
12	19/06/2020	0.00	0.00	0.00	134.98	0.00
13	20/06/2020	0.00	0.00	0.00	0.00	84.03
14	04/07/2020	0.00	186.25	0.00	0.00	108.81
15	08/07/2020	0.00	0.00	0.00	176.65	0.00
16	09/07/2020	0.00	0.00	51.89	0.00	0.00
17	11/07/2020	93.45	0.00	0.00	0.00	0.00
18	13/07/2020	0.00	0.00	33.53	0.00	0.00
19	21/07/2020	0.00	79.25	0.00	0.00	72.14
20	25/07/2020	49.84	64.65	24.13	35.69	0.00
<b>Total</b>		<b>752.79</b>	<b>755.63</b>	<b>775.71</b>	<b>960.52</b>	<b>839.29</b>

**Tabla 31: Producción de basidiocarpos por cosecha (g) – Rastrojo de cebada**

N°	Fecha de recolección	Repeticiones				
		C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
1	03/05/2020	0.00	0.00	387.55	0.00	0.00
2	15/05/2020	0.00	367.29	0.00	279.60	209.49
3	22/05/2020	432.68	0.00	0.00	0.00	0.00
4	04/06/2020	0.00	0.00	0.00	0.00	135.07
5	05/06/2020	0.00	95.45	0.00	0.00	0.00
6	12/06/2020	0.00	0.00	0.00	67.99	0.00
7	15/06/2020	81.02	0.00	0.00	0.00	0.00
8	19/06/2020	0.00	33.31	0.00	0.00	38.86
9	26/06/2020	0.00	0.00	50.27	0.00	0.00
10	28/06/2020	54.23	0.00	0.00	73.12	0.00
11	04/07/2020	91.78	0.00	0.00	0.00	0.00
12	08/07/2020	0.00	0.00	40.86	0.00	0.00
13	09/07/2020	0.00	0.00	0.00	0.00	64.59
14	11/07/2020	0.00	74.65	0.00	0.00	0.00
15	13/07/2020	0.00	0.00	0.00	39.28	0.00
16	23/07/2020	0.00	0.00	63.74	0.00	0.00
<b>Total</b>		<b>659.71</b>	<b>570.70</b>	<b>542.41</b>	<b>459.98</b>	<b>448.01</b>

**Tabla 32: Producción de basidiocarpos por cosecha (g) – Rastrojo de avena**

N°	Fecha de recolección	Repeticiones				
		A-1	A-2	A-3	A-4	A-5
1	22/05/2020	0.00	0.00	491.49	0.00	0.00
2	23/05/2020	0.00	0.00	0.00	450.53	0.00
3	27/05/2020	481.37	0.00	0.00	0.00	0.00
4	28/05/2020	0.00	394.72	0.00	0.00	0.00
5	02/06/2020	0.00	0.00	0.00	0.00	364.53
6	10/06/2020	151.90	0.00	0.00	0.00	0.00
7	13/06/2020	0.00	0.00	80.59	0.00	0.00
8	15/06/2020	0.00	151.79	0.00	95.98	0.00
9	24/06/2020	0.00	0.00	0.00	0.00	203.60
10	05/07/2020	0.00	0.00	96.56	78.70	0.00
11	07/07/2020	113.63	0.00	0.00	11.50	0.00
12	11/07/2020	0.00	0.00	0.00	0.00	137.10
13	13/07/2020	0.00	77.30	0.00	0.00	0.00
14	23/07/2020	0.00	0.00	69.91	0.00	0.00
15	25/07/2020	84.63	95.29	0.00	69.10	86.91
<b>Total</b>		831.52	719.10	738.56	705.80	792.13

**Tabla 33: Producción de basidiocarpos por cosecha (g) – Viruta de madera de eucalipto**

N°	Fecha de recolección	Repeticiones				
		V-1	V-2	V-3	V-4	V-5
1	27/05/2020	0.00	39.94	0.00	0.00	0.00
2	07/06/2020	0.00	0.00	0.00	29.39	0.00
3	10/06/2020	24.42	0.00	0.00	0.00	0.00
4	16/06/2020	0.00	0.00	57.51	0.00	0.00
5	19/06/2020	29.34	0.00	0.00	0.00	0.00
6	24/06/2020	0.00	0.00	0.00	33.88	0.00
7	25/06/2020	0.00	29.55	0.00	0.00	45.67
8	11/07/2020	0.00	30.21	0.00	0.00	0.00
9	15/07/2020	18.14	0.00	0.00	0.00	0.00
10	16/07/2020	0.00	0.00	17.05	34.31	0.00
11	21/07/2020	0.00	0.00	0.00	0.00	31.95
<b>Total</b>		71.90	99.70	74.55	97.58	77.62

## ANEXO 02: PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 8: Esterilización de los sustratos



Fotografía 9: Preparación de sustratos



Fotografía 10: Bolsas de *P. Ostreatus* después de la siembra.



Fotografía 11: Crecimiento del micelio de *P. ostreatus* en rastrojo de yacón.



Fotografía 12: Crecimiento de micelio de *P. ostreatus* en rastrojo de Maíz y viruta de madera de eucalipto.



Fotografía 13: Primeros brotes de *P. ostreatus* en rastrojos de yacón.



Fotografía 14: Primeros Brotes de *P. ostreatus* en rastrojo de cebada.



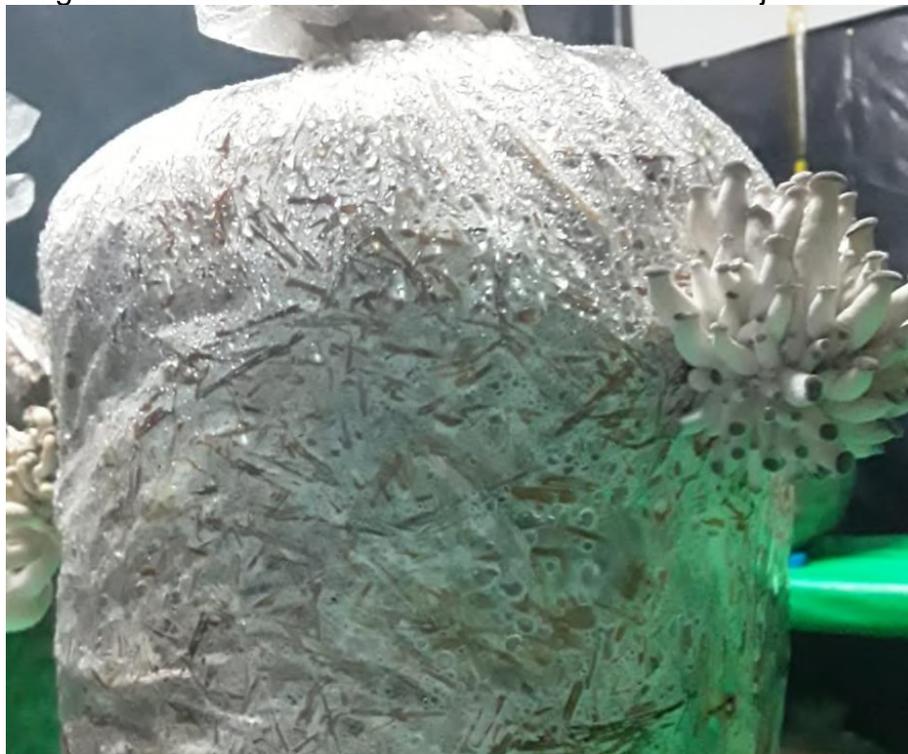
Fotografía 15: Colocación de trampas pega pega para la mosca para todo el ambiente.



Fotografía 16: Riego para *P. ostreatus* a todos los sustratos.



Fotografía 17: Brotes de *Pleurotus ostreatus* en rastrojo de avena.



Fotografía 18: Crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en rastrojo de yacón.



Fotografía 19: *Pleurotus ostreatus* en rastrojo de Avena en crecimiento previo a la cosecha.



Fotografía 20: *Pleurotus ostreatus* en rastrojo de maíz listo para la cosecha.



Fotografía 21: *Pleurotus ostreatus*: Evaluación de peso de basidiocarpos por unidad experimental.

