

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



Presentado por  
**DEMETRIO LIZUNDE RIVAS**

**INFLUENCIA DEL SUSTRATO FORMULADO A BASE  
DE RESIDUOS AGRÍCOLAS Y AGROINDUSTRIALES  
EN LA PRODUCCIÓN DE SETAS COMESTIBLES  
(*Pleurotus ostreatus*)**

Asesor:  
**Ing. MSc. David Juan RAMOS HUALLPARTUPA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
AGROINDUSTRIAL**

**ANDAHUAYLAS – APURIMAC - PERÚ**

2022



Universidad Nacional José María Arguedas

Identidad y Excelencia para el Trabajo Productivo y el Desarrollo



FACULTAD DE INGENIERIA

## APROBACIÓN DEL ASESOR

Quién suscribe:

**Ing. MSc. David Juan Ramos Huallpartupa**, identificado con **CIP 81486**, Profesor Asociado a Tiempo Completo, adscrito al Departamento Académico de Ingeniería Agroindustrial, por la presente:

**CERTIFICA,**

Que, el Egresado de la (*Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial*) **DEMETRIO LIZUNDE RIVAS**, ha iniciado el proceso de asesoramiento y firmamos el compromiso hasta la culminación satisfactoria del informe final del trabajo de investigación intitulado:

**“Influencia del sustrato formulado a base de residuos agrícolas y agroindustriales en la producción de setas comestibles (*pleurotus ostreatus*)”** para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Andahuaylas, 07 de febrero del 2022

Ing. M.Sc. David Juan Ramos Huallpartupa  
Asesor

Demetrio Lizunde Rivas  
Tesista



Universidad Nacional José María Arguedas

Identidad y Excelencia para el Trabajo Productivo y el Desarrollo



FACULTAD DE INGENIERIA

### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, **Demetrio Lizunde Rivas**, identificado con DNI N° **31192043**, Egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Declaro bajo juramento que el informe final intitulado: **Influencia del sustrato formulado a base de residuos agrícolas y agroindustriales en la producción de setas comestibles (*pleurotus ostreatus*)**.

Es auténtico y no vulnera los derechos de autor. Además, su contenido es de entera responsabilidad del autor del informe final, quedando la UNAJMA exenta de toda responsabilidad en caso de atentar contra la Ley de propiedad intelectual y derechos de autor.

**Andahuaylas, 07 de febrero de 2022**

.....  
N° DNI:31192043

E-mail: lizunderivasd@gmail.com

N° Celular: 983122394



# Universidad Nacional José María Arguedas

Identidad y Excelencia para el Trabajo Productivo y el Desarrollo



## FACULTAD DE INGENIERIA

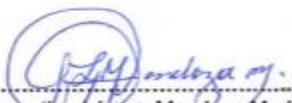
### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la AV. 28 de julio N° 1103 del Local Académico SL02 (Santa Rosa) en el Salón de Grados de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas ubicado en el distrito de Talavera de la Reyna de la Provincia de Andahuaylas, siendo las 16:00 horas del día viernes 13 de diciembre del año 2019, se reunieron los docentes: Dr. Florentino Lázaro Mendoza Marín, MSc. Fidelia Tapia Tadeo, Mg. Denis Hernán Gutiérrez Martínez, en conducción de integrantes del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis intitulado: “INFLUENCIA DEL SUSTRATO FORMULADO A BASE DE RESIDUOS AGRÍCOLAS Y AGROINDUSTRIALES EN LA PRODUCCIÓN DE SETAS COMESTIBLES (*Pleurotus ostreatus*)”, cuyo autor es el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **DEMETRIO LIZUNDE RIVAS**, el asesor MSc. David Juan Ramos Huallpartupa con el propósito de proceder a la sustentación y defensa de dicha tesis.

Luego de la sustentación y defensa de la tesis, el Jurado Evaluador **ACORDÓ APROBAR** por **UNANIMIDAD** al bachiller en Ingeniería Agroindustrial **DEMETRIO LIZUNDE RIVAS**, obteniendo la siguiente calificación y mención:

Nota escala vigesimal		Mención
Números	Letras	
16	DIECISEIS	MUY BUENO

En señal de conformidad, se procedió a la firma de la presente acta en 03 ejemplares.

  
 Dr. Florentino Lázaro Mendoza Marín  
 Presidente del Jurado Evaluador

  
 MSc. Fidelia Tapia Tadeo  
 Primer Miembro del Jurado Evaluador

  
 Mg. Denis Hernán Gutiérrez Martínez  
 Segundo Miembro del Jurado Evaluador

## **DEDICATORIA**

A Dios, por concederme la fe, salud, fortaleza y sabiduría, además por alcanzar las metas y objetivos trazados y una excelente familia que me apoyó obtener esta meta.

A mis padres, por haberme brindado sugerencias, enseñarme valores y por la motivación firme que me ha reconocido ser de bien, enfrentar las dificultades y salir adelante. A mis hermanas y hermanos, por facilitarme la muestra que en la existencia jamás hay que permanecer rendido, aunque suceden las peores cosas.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi eterna gratitud a mi alma mater, la Universidad Nacional José María Arguedas, en cuyos recintos guardo mis más recónditos recuerdos y fue testigo de mi formación profesional.

Al Ing. MSc. David Juan Ramos Hualpartupa por su interés y dedicación para la ejecución de este trabajo.

A los miembros del jurado evaluador de esta tesis PhD. Florentino Lázaro Mendoza Marin, Ing MSc. Fidelia Tapia Tadeo e Ing Mg. Denis Hernán Gutiérrez Martínez por las sugerencias, que contribuyeron al mejoramiento del presente trabajo.

A mis amigos Fraido y MSc. María E. por facilitarme la adquisición de la semilla del hongo.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE .....	iv
RESUMEN .....	x
ABSTRAC .....	xi
INTRODUCCION .....	1
CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
CAPITULO II: ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
2.1. Antecedentes Internacionales .....	5
2.2. Antecedentes Nacionales.....	6
3.1. Antecedente Regional .....	7
CAPITULO III: MARCO TEÓRICO .....	9
3.1. Setas ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ) .....	9
3.2.1. Clasificación taxonómica de setas comestibles ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ) .....	10
3.2.2. Características fisiológicas de setas comestibles ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).....	10
3.2.3. Características morfológicas de setas comestibles ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).....	11
3.2.4. El ciclo reproductivo de setas comestibles ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).....	12
3.2.5. Propiedades nutricionales .....	13
3.2.6. Propiedades medicinales.....	13
3.3. Residuos utilizados para producir setas ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).....	14

3.3.1. Paja de trigo .....	14
3.3.2. Posos de café .....	16
3.3.3. Afrecho de trigo .....	16
3.3.4. Factores ambientales para el desarrollo de setas comestibles ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).....	17
3.4. Marco conceptual.....	17
3.4.1. Setas.....	17
3.4.2. Hongos.....	17
3.4.3. Carpóforo .....	18
3.4.4. Rendimiento .....	18
3.4.5. Eficiencia biológica .....	18
3.4.6. Biodegradación del sustrato .....	18
3.4.7. Sustrato Orgánico .....	18
3.4.8. Extractivos.....	18
3.4.9. Pasteurización.....	18
3.4.10. Oleadas.....	18
3.4.11. Residuos orgánicos .....	19
3.4.12. Suculento .....	19
3.4.13. Ecotipo .....	19
3.4.14. Estatinas .....	19
3.4.15. Sustrato.....	19
3.4.16. Lixiviado .....	19
3.4.17. Hifa.....	19
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	20
4.1. lugar de ejecución .....	20

4.2. equipos, instrumentos, materiales e insumos .....	20
4.3. material de estudio. ....	21
4.4. población y muestra .....	21
4.5. muestra .....	21
4.6. Tipo de investigación.....	21
4.7. Factor de estudio.....	22
4.8. Descripción de los tratamientos.....	22
4.9. Diseño experimental.....	22
4.10. Modelo estadístico .....	22
4.11. Unidad experimental.....	22
4.12. Metodología experimental .....	23
4.12.1. Determinar el rendimiento de la producción de setas comestibles ( <i>pleurotus ostreatus</i> ) .....	23
4.12.1.1. Elaboración del sustrato para la producción de setas comestibles ( <i>pleurotus ostreatus</i> ).....	23
4.12.1.2. Calculo del rendimiento .....	24
4.12.2. Metodología para el procedimiento del conteo de setas comestibles ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).....	25
4.12.3. Procedimiento para determinar la eficiencia biológica de setas comestibles ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ) .....	25
4.12.4. Procedimiento para determinar la biodegradación del sustrato por el hongo ( <i>pleurotus ostreatus</i> ) .....	27
4.13. Metodología para el análisis estadístico .....	28
4.13.1. Prueba t de student para la producción de setas comestibles ( <i>pleurotus ostreatus</i> ) en los sustratos T1 yT2. ....	28
CAPÍTULO V: RESULTADOS.....	30

5.1. Determinación del rendimiento de la producción de setas comestibles ( <i>pleurotus ostreatus</i> ) en los sustratos formulados .....	30
5.2. Número de carpóforos (sombreros) de setas comestibles ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ) para los sustratos fomulados .....	31
5.3. Eficiencia biológica de seta comestible ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ) para los sustratos fomulados .....	33
5.4. Biodegradación del sustrato de hongos ( <i>pleurotus ostreatus</i> ) para los sustratos fomulados .....	34
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN .....	37
CONCLUSIONES .....	39
RECOMENDACIONES .....	40
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43
ANEXOS .....	48

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Componentes que contiene setas comestibles ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).....	13
<b>Tabla 2.</b> Valores óptimos de los factores ambientales que influyeron en el crecimiento de setas comestibles ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).....	17
<b>Tabla 3.</b> Equipos e instrumentos para la producción de seta ( <i>pleurotus ostreatus</i> ) ....	20
<b>Tabla 4.</b> Material para la producción de seta ( <i>pleurotus ostreatus</i> ) .....	20
<b>Tabla 5.</b> Insumos para elaboración del sustrato .....	21
<b>Tabla 6.</b> Cantidad de residuos agrícolas y agroindustriales .....	21
<b>Tabla 7.</b> Descripción de los tratamientos evaluados para la producción de setas ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ). .....	22
<b>Tabla 8.</b> Cálculo de rendimiento.....	30
<b>Tabla 9.</b> Prueba de t para rendimiento de setas ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).....	31
<b>Tabla 10.</b> Conteo total de setas comestibles ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ) .....	32
<b>Tabla 11.</b> Prueba de t para número de setas ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ) .....	33
<b>Tabla 12.</b> Cálculo de eficiencia biológica de setas ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ) .....	33
<b>Tabla 13.</b> Prueba de t para eficiencia biológica de setas comestibles ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).....	34
<b>Tabla 14.</b> Cálculo de biodegradación de setas ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ) .....	35
<b>Tabla 15.</b> Prueba de t para biodegradación del sustrato .....	36
<b>Tabla 16.</b> Matriz de consistencia.....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Características morfológicas de setas comestibles ( <i>Pleurotus ostreatus</i> )....	11
<b>Figura 2.</b> Ciclo reproductivo de seta comestibles ( <i>pleurotus ostreatus</i> ) .....	12
<b>Figura 3.</b> Proceso de producción de setas comestibles en el sustrato formulado para el cálculo de rendimiento .....	24
<b>Figura 4.</b> Proceso de determinación del número de carpóforos (sombreros) de setas comestibles ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ) .....	25
<b>Figura 5.</b> Proceso para la eficiencia biológica de setas comestibles ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ). .....	26
<b>Figura 6.</b> Procedimiento para determinar la biodegradación del sustrato de hongos ( <i>pleurotus ostreatus</i> ). .....	27
<b>Figura 7.</b> Rendimiento promedio de setas en el sustrato T1 y T2. ....	31
<b>Figura 8.</b> Número de setas promedio del sustrato T1 y T2. ....	32
<b>Figura 9.</b> Eficiencia biológica del sustrato T1 y T2. ....	34
<b>Figura 10.</b> Biodegradación del sustrato T1 y T2. ....	35

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar la influencia del sustrato formulado a base de residuos agrícolas y agroindustriales en la producción de setas comestibles (***Pleurotus ostreatus***) para ello sea formulado dos sustratos: sustrato T1 (paja y cal) y sustrato T2 (paja de trigo, posos de café, afrecho y cal) si utilizó un diseño experimental completamente al azar, con dos tratamientos y cuatro repeticiones, para hacer un total de 8 unidades experimentales. Las variables de respuesta fueron: rendimiento de la producción en (%), número de setas en unidades, eficiencia biológica (%) y la biodegradación (%). Se concluye que con la utilización del sustrato T2 se obtienen los buenos resultados en el rendimiento (35.12%) de promedio, número de setas (105.5 unidades) de promedio, eficiencia biológica (130.68%) de promedio y la biodegradación (36.38%) de promedio. Aunque se puede considerar también como alternativa al sustrato T1 por que se han obtenido resultados positivos en los objetivos planteados.

**Palabras claves:** setas, sustrato, residuo y (*Pleurotus ostreatus*).

## **ABSTRAC**

The objective of the investigation was to evaluate two substrates: T1 substrate (straw and lime) and T2 substrate (wheat straw, coffee grounds, bran and lime) for the production of edible mushrooms (*pleurotus ostreatus*). If you used a completely randomized experimental design, with two treatments and four repetitions, to make a total of 8 experimental units. The response variables were: production yield in (%), number of mushrooms in units, biological efficiency (%) and biodegradation (%). It is concluded that with the use of the T2 substrate the best results are obtained in the yield (35.12%) on average, number of mushrooms (105.5 units) on average, biological efficiency (130.68%) on average and biodegradation (36.38%) of average. Although it could also be considered as an alternative to the T1 substrate because positive results have been obtained in the proposed objectives.

Keywords: mushrooms, substrate, residue and (*Pleurotus ostreatus*).

## CHUMASQA

Kay llamkaymi taqwariyninpi maskaspa qawachinanpaq qatiparqa, chay qatiq sustratonisqa sutin'niy sumpa utaq hupa Agricola y agroindustrialnisqamanta, kay **(*Pleurotus ostreatus*)** mikuna kallampa ruruchinapaq. Chaypaqmi rurasqa karqa iskay sutin'niy: sustratu T1 karqa riwi sumpa hinallataq iskunisqan, chaymantaq sustratu T2 riwi sumpa, sultana, riwi hamchi hinallataq isku. Ichaqa chikanyaylla kutichikuy karqa: allin rurunin (%), kallampa sapankama yupay, eficiencia biológicanisqan, hinallataq biodegradación del sustratonisqa. Llapan tarispa huñospa willakuymi tupasqa karqa chay qatipay t de studentnisqa chuwpinta hinallataq niwanchik mayqin sustratuch allinman aypan chayta, kay 35.12% ruruynimpa aypasqan, 105.5 sapankama yupaynin, 130.68% eficiencia biológicanisqan hinallataq 36.38% biodegradaciónnisqa, qatinqin pim kachkan kay sustratu T1nisqa ichaqa amutachway chiqaq llusqiy nin kasqantq.

**Pisi rimayllapi riqsichiy simi:** kallampa, sustratu, sumpa hinallatqa (***Pleurotus ostreatus***).

## INTRODUCCIÓN

La seta (***Pleurotus ostreatus***) se desenvuelve bien en el ambiente, preferiblemente sobre restos de material leñoso o rico en fibra como troncos, brozas y cortezas. Para su producción se puede recurrir a otro tipo de materia prima que contenga una estructura similar a los restos que utiliza para crecer en su ambiente natural.

Para ello como la materia prima adecuada son los restos agrícolas, agroindustriales y forestales, por lo tanto, la totalidad de esta no son reciclados sino sencillamente son incendiados o arrojados a los vertederos, quebradas y riachuelos sin ningún tratamiento adecuado, lo que favorece el daño del medio ambiente (Oei, 2003).

Los desechos agrícolas, agroindustriales y forestales de nuestra provincia de Andahuaylas no se utilizan de manera recomendable, siendo los rastrojos de todo tipo de cultivos estacionales como gramíneas, legumbres, aserrín y virutas de madera, son quemados en la zona de origen desarrollando a la contaminación del ambiente. Observando toda esta característica y sumadas a las situaciones climáticas, se efectuó el actual trabajo de investigación en una instalación artesanal bajo condiciones controladas en el barrio de Pochccota – Andahuaylas, con el objetivo de evaluar el efecto del sustrato formulado a base de residuos agrícolas y agroindustriales en la producción de setas comestibles de (***Pleurotus ostreatus***), se utilizaron como materia prima paja de trigo, poso de café, afrecho de trigo y como insumo cal, los que debidamente tratados estuvieron evaluados como sustratos T1 y T2 en la producción de setas comestibles (***Pleurotus ostreatus***), posteriormente terminada la cosecha se determinaron. Rendimiento de la producción, Número de carpóforos, Eficiencia biológica y Biodegradación del sustrato. Con el propósito de establecer cual o cuales de los sustratos sería el mejor, los datos estuvieron tratados estadísticamente mediante un análisis de varianza t de student al 5%, todo esto con el propósito de implementar para la producción de setas comestibles (***Pleurotus ostreatus***) y manifestar que mediante esta actividad se podría incrementar la obtención de proteína para el consumo de los cultivadores ya que consta un déficit en las costumbres alimenticias, al mismo tiempo ofrecer para quienes se propongan a la producción de setas comestibles (***Pleurotus ostreatus***) (Simoni, 2008).

## **CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

En nuestra provincia la producción de seta comestible (*Pleurotus ostreatus*) no tiene un gran desarrollo debido a que la mayoría de personas se han dedicado a los cultivos tradicionales como: maíz, trigo, cebada, papa y otros. Es por eso se presenta como alternativa de producción de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*) pese a que hay un desconocimiento en cuanto a su producción y manejo en nuestro medio (Donoso, 2003).

Así como también la fácil disponibilidad de materias primas para elaborar el sustrato es por eso que con este estudio vamos a despertar el interés de los agricultores para el establecimiento del cultivo de setas (*Pleurotus ostreatus*) debido a que cuentan con la materia prima disponible. Uno de los inconvenientes que se evidencia en el campo, es el tratamiento inadecuado de los residuos de la cosecha debido a que el agricultor desconoce la forma de reutilizar los subproductos agrícolas. En Andahuaylas no se ha dado la debida importancia a la potencialidad ecológica y económica de muchos subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales. Que en la mayoría de los casos son quemados o arrojados a las carreteras, basureros, quebradas y ríos, sin ningún tratamiento previo y contribuyen de esta manera a la degradación del ecosistema (Donoso, 2003).

Esto se debe a que el campesino no considera los efectos secundarios que conlleva esta actividad y aun mas no conoce otra alternativa para aprovechar sus residuos. El (*Pleurotus ostreatus*) es conocido a nivel mundial por sus cualidades nutricionales organolépticas y económicas, además este producto es orgánico (Sosa, 2012).

### **1.1. Formulación del problema**

Una vez evidenciada las falencias, la población necesita otra fuente de alimento y sobre todo aprovechar mejor sus residuos agrícolas y agroindustriales, por la que se formula la pregunta que ayuda a identificar el problema: ¿Qué sustrato es el indicado para producir setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*) adaptados a nuestro medio de tal manera que se aproveche los subproductos agrícolas y agroindustriales mediante el sustrato?

### **Problema General**

- ¿Cuál de los sustratos formulados en base a residuos agrícolas y agroindustriales tendrá la mejor producción de setas comestibles (***Pleurotus ostreatus***)?

### **Problema específico**

- ¿Cuánto será el rendimiento de la producción de setas comestibles (***Pleurotus ostreatus***) en los sustratos formulados?
- ¿Cuántos carpóforos (sombros) tendrá las setas comestibles (***Pleurotus ostreatus***) para los sustratos formulados?
- ¿Cuánto será la eficiencia biológica de setas comestibles (***Pleurotus ostreatus***) para los sustratos formulados?
- ¿Cuánto será la biodegradación del hongo (***Pleurotus ostreatus***) en los sustratos formulados?

### **Objetivo General**

- Determinar el sustrato formulado en base a residuos agrícolas y agroindustriales que ayudara la mejor producción de setas comestibles (***Pleurotus ostreatus***).

### **Objetivos específicos**

- Determinar el rendimiento de la producción de setas comestibles (***Pleurotus ostreatus***) en los sustratos formulados.
- Determinar el número de carpóforos de setas comestibles (***Pleurotus ostreatus***) para los sustratos formulados.
- Determinar la eficiencia biológica de setas comestibles (***Pleurotus ostreatus***) para los sustratos formulados.
- Determinar la biodegradación del hongo (***Pleurotus ostreatus***) en los sustratos formulados.

Para ello también nos planteamos la siguiente hipótesis:

### **Hipótesis general**

- El sustrato formulado en base a residuos agrícolas y agroindustriales, influye en la producción de setas comestibles (***Pleurotus ostreatus***).

### **Hipótesis específicos**

- El sustrato utilizado influye en el rendimiento de la producción de setas comestibles (***Pleurotus ostreatus***).
- El número de carpóforos de setas comestibles (***Pleurotus ostreatus***) es influenciado por el sustrato formulado.
- El sustrato formulado en base a residuos agrícolas y agroindustriales influye en la eficiencia biológica de setas comestibles (***Pleurotus ostreatus***).
- El sustrato formulado influye en la biodegradación del sustrato de hongos (***Pleurotus ostreatus***).

## CAPITULO II: ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.1. Antecedentes Internacionales

Romero (2013), evaluó la producción de la cepa CP-50 de (*Pleurotus ostreatus*) en residuos de bagazo de café deshidratado (*Coffea arabica*) en contraste con otros sustratos agrícolas del Municipio de Tetela de Ocampo- Puebla. El bagazo de café fue colectado en la zona de Cuahutempan, Puebla-México, y los demás sustratos agrícolas como paja de trigo (*Triticum aestivum*), paja de cebada (*Hordeum vulgare*), pajilla de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y rastrojo de maíz (*Zea mays*) se adquirieron en la región de Tetela de Ocampo, Puebla, México, para la obtención de fructificaciones en condiciones rurales. La cepa CP-50 demostró un adecuado crecimiento de aéreas miceliales sobre el sustrato de bagazo de café deshidratado con una tasa de producción de 1,5%. La mayor eficiencia biológica (EB) se obtuvo en el sustrato paja de trigo, con 119,24%, el sustrato de bagazo de café deshidratado con 109% y el rastrojo de maíz obtuvo la EB más baja de 77,47%.

Rodríguez (2014), investigó sobre hongos comestibles para mejorar su alimentación, titulándolo Evaluación de cuatro sustratos para la producción de hongos (*Pleurotus Ostreatus*) (Cepa ECS-152), con una dosis de 4 ml de solución de microorganismos eficientes, en la comunidad Linda Vista Tacaná, departamento de San Marcos. Los cuatro sustratos evaluados fueron: olote, doblador, paja de trigo, pulpa de café, en tres diferentes tratamientos: esterilizado, agua alcalina y 4 ml de solución de microorganismos eficientes. De los cuatro sustratos utilizados para la producción de (*Pleurotus Ostreatus*), el mejor rendimiento presentó fue el olote con un 60.40% de eficiencia biológica, seguido de la pulpa de café con un 50.41%. De los tratamientos que se utilizaron el que mejor crecimiento de cuerpos fructíferos produjo, fue el de esterilización con un 65.76% de la eficiencia mencionada. De los cuatro sustratos evaluados con los tres tratamientos, los que dieron mejores resultados fueron: la pulpa de café (77.39%) mediante el tratamiento de esterilización y el olote (73.41%) mediante el tratamiento por inmersión alcalina. Tomando en cuenta el análisis financiero se determinó que el tratamiento más rentable es el de inmersión alcalina, utilizando como sustrato el olote, por el bajo costo y la facilidad de conseguir el material. Para poder contribuir a minimizar el deterioro de los recursos naturales se realizaron siete servicios enfocados en la ejecución de los planes de manejo, siguiendo las líneas de acción establecidas para

la conservación de los recursos naturales, incentivando a los pobladores a ser auto-sostenibles en los proyectos pilotos de UICN.

Ortega (2005), estudió microorganismos capaces de degradar los componentes de las maderas, considerándose como agentes degradadores de la lignina en la naturaleza. Los hongos del grupo de *Phanerochaete chrysosporium* y otros basidiomicetos, que incluso pueden ser cultivados a escala comercial, como son los *Agaricus bisporus* y *Pleurotus*, ambos comestibles, metabolizan con cierta selectividad la fracción de lignina del complejo lignocelulósico dejando un residuo de pudrición blanca. En el presente trabajo se realiza la caracterización de residuos cañeros de centros de acopio y de limpieza de Cuba, empleados como sustratos en la fermentación en fase sólida con hongos *Pleurotus*, así como los mismos una vez transformados y se estudia la producción de carpóforos. En la composición promedio nacional de los residuos cañeros, se evidenciaron diferencias significativas en las cenizas, fibra neutro detergente y hemicelulosa, así como presencia de carbohidratos estructurales, lignina, escaso contenido proteico y alto contenido de fibra bruta. En el residuo fermentado se detectó una disminución en el pH del sustrato con respecto al residuo no transformado, como resultado del crecimiento del hongo y una directa correlación con la actividad degradativa del microorganismo, así como un incremento en el contenido de cenizas; proteína; en el valor de solubilidad y de biodegradabilidad enzimática. Las mayores degradaciones para el sustrato a los 60 días de cultivo resultaron en la hemicelulosa (77%) y lignina (75%), correspondiendo para la celulosa un 53% y así como un 47%. para el balance total de bioconversión del proceso. Se colectaron tres cosechas de carpóforos entre 30 y 60 días de cultivo, correspondiendo al primer fructificación el mayor rendimiento (7 %); para un 41% del peso total de hongos cosechados, así como la mayor eficiencia biológica (34 %). La biodegradación de residuos lignocelulósicos mediante cultivo de hongos (***Pleurotus Ostreatus***) constituye una fuente potencial de sustratos mejorados para su empleo como forrajes en alimento animal y de producción de carpóforos.

## 2.2. Antecedentes nacionales

Huamán 2015, estudió en dos etapas: la primera etapa involucró el cultivo y producción de (***Pleurotus ostreatus***) utilizando mazorcas de cacao como sustrato; y la segunda, la caracterización sensorial de la salsa mediante la técnica Perfil Flash (PF). En la primera etapa se cultivó (***Pleurotus ostreatus***) (hongo ostra)

mediante ocho pasos: 1º Obtención de la cepa madre, 2º Multiplicación del micelio, 3º Elaboración de inóculo primario y secundario, 4º Obtención y preparación del sustrato, 5º Tratamiento térmico del sustrato, 6º Inoculación e incubación del sustrato, 7º Fructificación y 8º Cosecha; donde se evaluó el efecto que tiene el tiempo de fermentación (1, 3 y 7 días) y el tratamiento térmico del sustrato (pasteurización y esterilización) sobre la producción de (*Pleurotus ostreatus*) determinando el peso de carpóforos, % Eficiencia biológica y % Rendimiento, para un total de 6 tratamientos con cinco repeticiones. En el experimento se utilizó un diseño completamente al azar (DCA). El tratamiento que resultó significativamente diferente fue el de 3 días de fermentación tratado por esterilización (T5), que obtuvo una producción de 283.00g de hongos ostra recolectados en dos cosechas, 31.22% de eficiencia biológica y 28.30% de rendimiento.

Lopez (2015), investigó la combinación de sustratos a base de aserrín de cumala, de bolaina y bagazo de caña de azúcar, en estado frescos y descompuestos, agregando a todas las combinaciones 100 g de trigo precocido, embolsados y esterilizados, para luego ser inoculados con una cepa de *Pleurotus* respectivamente, concluyendo que el uso de la combinación de aserrín de bolaina fresca, más aserrín de cumala fresca, mas bagazo de caña de azúcar fresco, presento mayor precocidad al momento de la emisión de los carpóforos, mayor longitud de pie del carpóforo y mayor diámetro de la repisa del carpóforo y un mayor rendimiento en comparación con los demás tratamientos. Además, el mayor número de setas por bolsa fue logrado utilizando como sustrato la combinación de aserrín de bolaina descompuesta más aserrín de cumala descompuesta y bagazo de caña de azúcar descompuesta y la mejor eficiencia biológica fue logrado utilizando aserrín de bolaina descompuesta.

### **2.3. Antecedente regional**

Ancco (2012), evaluó el crecimiento y producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en tres residuos agroindustriales: bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), cáscara de papa (*Solanum tuberosum*) y aserrín común; provenientes del Provincia de Abancay; para lo cual se utilizó una investigación científica de carácter descriptivo y experimental comparativo; un diseño experimental basado en la combinación factorial de tres sustratos y un micelio (3x1) con cuatro repeticiones. Los sustratos evaluados fueron empacados en bolsas de 1 kg. de sustrato, en una composición de 78 % de residuo agroindustrial,

20 % de salvado de trigo, 1 % de azúcar y 1 % cal, los que fueron esterilizados y luego inoculados con 30 g. de semillas de (*Pleurotus ostreatus*), estos fueron llevados al área de incubación a una temperatura de 24°C con un humedad de 80 % y sin iluminación por un tiempo promedio de 23 días, luego el área fue acondicionado para la etapa de fructificación a una temperaturas de 18°C, con una humedad de 90 % y con iluminación por un tiempo promedio de 24 días. En este proceso se evaluó el tiempo de corrida del micelio, diámetro de los carpóforos, número de hongos producidos por bolsa, peso fresco, rendimiento y la eficiencia biológica en cada uno de los sustratos trabajados. Donde el mejor sustrato para el hongo (*Pleurotus ostreatus*) fue el aserrín común, con una eficiencia biológica del 79,65 %, un tiempo de corrida de micelio de 20,5 días y un tiempo de producción de 42 días en las tres cosechas, con un peso promedio de 796,475 g. y un rendimiento de 6,625 kg. por m<sup>2</sup> de sustrato; seguido del sustrato de bagazo de caña de azúcar con una eficiencia biológica de 35,175 %, un tiempo de corrida de micelio de 28,25 días y un tiempo de producción de 52 días en las tres cosechas, con un peso promedio de 381,55g y un rendimiento de 3,2 kg por m<sup>2</sup> de sustrato por último en la cascara de papa no se obtuvo resultados. Se concluye que (*Pleurotus ostreatus*) al ser propago en aserrín común, bagazo de caña y cáscara de papa; solo logro desarrollarse en aserrín común y bagazo de caña de azúcar en un tiempo de 42 y 52 días respectivamente hasta realizar las tres cosechas; considerándose así al aserrín un sustrato adecuado y eficiente para el cultivo de este hongo.

## **CAPITULO III: MARCO TEÓRICO**

### **3.1. Setas (*Pleurotus ostreatus*)**

En el cultivo de setas existen dos partes fundamentales las cuales son el cuerpo vegetativo y el cuerpo reproductor. El organismo vegetativo que se encuentra bajo el suelo, está constituido por unos filamentos llamados hifas que son organismos de una sola célula. Al grupo de todas las hifas es a lo que se le denomina micelio. El micelio es el que se encarga de absorber las sustancias minerales del suelo para alimento de setas. El micelio en realidad es el hongo, ya que la seta, es su aparato reproductor. Por lo tanto, la seta es parte del hongo que sale al exterior, y constituye el aparato reproductor de los hongos superiores. El sombrero (pileo) es la parte superior, generalmente tiene forma de paraguas. Bajo el sombrero se encuentra las laminillas (himenio) que es una membrana que cubre a los elementos fértiles, es por eso que se le denomina a la seta como cuerpo reproductor (Cardona, 2001).

Si caminamos a través del bosque, observamos algunos grupos de hongos esparcidos aquí y allá debajo de los altos árboles. Los hongos parecen mucho más pequeños que los árboles, pero por extraña que parezca, en realidad esto no es así. Los hongos que vemos son solo una pequeña porción de un único y enorme hongo que se asoma por encima del suelo. Su red subterránea de filamentos se esparce a través de 890 hectáreas (8.9 km<sup>2</sup>) del bosque. Basándose en su velocidad de crecimiento actual, los científicos estiman que este hongo, que pesa cientos de toneladas, existe desde hace 2600 años (Campbell, 2007).

Los hongos son muy diversos y están dispersos, además son esenciales para el buen funcionamiento de la mayoría de los ecosistemas terrestres. Descomponen las sustancias orgánicas y reciclan nutrientes, lo que permite que otros organismos puedan asimilar los elementos químicos esenciales. Casi todas las plantas dependen de una relación simbiótica con los hongos, que ayude que sus raíces puedan absorber minerales del suelo. También los seres humanos obtenemos beneficios de la acción de los hongos en la agricultura y en la forestación (Campbell, 2007).

Un filamento fúngico se llama hifa y todas las hifas de un solo organismo se llaman colectivamente micelio. Las paredes de las hifas están compuestas fundamentalmente por quitina, un polisacárido que no se encuentra en las plantas.

Sin embargo, la quitina es el componente principal del exoesqueleto de los insectos y de otros artrópodos. Además, los hongos son heterótrofos y pueden tener como sustancia de reserva al glucógeno y no al almidón. Así paradójicamente, los hongos se asemejan más a los animales que a las plantas. Las estructuras visibles de la mayoría de los hongos solo una pequeña porción del organismo; estas estructuras, en algunos grupos son llamadas cuerpo fructíferos o fructificaciones y son hifas fuertemente compactadas, especializadas en la producción de esporas (Curtis, 2008).

Los hongos se dividen en tres grandes grupos. El hongo saprobio descompone y absorben los nutrientes de materia orgánica no viviente, como troncos caídos y cadáveres de animales. Los hongos parásitos absorben los nutrientes de las células de huéspedes vivos. Los hongos mutualistas o simbiotes también absorben los nutrientes de organismos huéspedes, pero cumplen funciones que benefician al huésped de alguna manera, como los hongos que ayudan a las plantas a captar minerales del suelo (Campbell, 2007).

Los fructificaciones aparecen en círculos y, a medida que el micelio crece, el diámetro de los círculos va haciéndose cada vez mayor. Los basidiomicetos más populares pertenecen al grupo de los “hongos de sombrero” o Agaricales, que se caracteriza por tener forma de sombrilla con un pie generalmente central y lateral. Las esporas de estos hongos se encuentran en los surcos o laminillas situadas debajo del sombrero (pileo) (Curtis, 2008).

### 3.2.1. Clasificación taxonómica de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*)

Reino	Fungi
Filo	Basidiomycota
Clase	Homobasidiomycetes
Orden	Agaricales
Familia	pleurotaceae
Género	pleurotus
Especie	Pleurotus (Santos, 2008)

### 3.2.2. Características fisiológicas de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*)

Las setas basidiomicetas, son descomponedores importantes de la madera y

de otras sustancias vegetales. Los basidiomicetos saprobios son los mejores descomponedores de la lignina y celulosa, un polímero complejo que abunda en la madera mucho de estas setas descomponen la madera de árboles débiles o dañados y continúan la descomposición después de la muerte de las plantas. Los hongos están bien adaptados para descomponer las sustancias orgánicas, entre ellas la celulosa y la lignina de las paredes de las células vegetales. Los hongos y las bacterias son los principales responsables de mantener en el ecosistema abastecido de los nutrientes inorgánicos necesarios para el crecimiento vegetal. Si no fuera por la acción de estos descomponedores, el carbono, el nitrógeno y otros elementos quedarían atrapados en las sustancias orgánicas y no volverían al suelo (Campbell, 2007).

### 3.2.3. Características morfológicas de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*)

Etapa del desarrollo de una seta a partir del micelio, la masa de filamentos blancos y ramificados que se encuentra debajo de la superficie. Aparece una masa compacta denominada "Yema", que se transforma en el aparato reproductor, "seta" propiamente dicho, en la parte inferior del cuerpo reproductor se encuentran las "laminillas", laminas finas perpendiculares, que se extiende radialmente a partir del tallo. Los basidios crecen sobre la superficie de estas laminas y producen basidiosporas que se desprenden y si encuentran ambiente favorable origina nuevos micelios. El cuerpo de las setas se constituye principalmente de: Sombrero (Pileo), pie reducido (Estípite) y láminas (Himenio) (Villem, 2002).



**Figura 1.** Características morfológicas de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*)

**Fuente:** Martínez (2013).

### 3.2.4. El ciclo reproductivo de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*)

Los basidiosporas germinan y producen micelios monocarióticos primarios (n) los micelios dicarióticos secundarios (n + n) se forman por la fisión de las hifas monocarióticas compatibles. Los micelios secundarios crecen, se diferencian y forman las estructuras reproductivas (basidios). En un agarico, los basidios se forman en el himenio en una estructura laminar denominada laminilla. Después de que el basidio aumenta de tamaño, los dos núcleos, una de cada cepa de apareamiento, se fusionan el estadio 2n es muy breve, así de inmediato ocurre la meiosis, que da por resultado la formación de cuatro núcleos, de cada una de ellas se desarrolla una basidiospora (n). Después de que las basidiosporas se liberan, el basidiocarpo se desintegra (Curtis, 2008).

- **Reproducción sexual**

Las setas se reproducen por esporas, estas son lanzadas al exterior al abrirse el píleo para la propagación de la especie. La espora es transportada por el viento y depositada en un lugar favorable con condiciones adecuadas permitiendo que la espora germine formando un largo filamento de células vivas denominado hifa (Campbell, 2007).

- **Reproducción asexual**

La reproducción asexual ocurre por la fragmentación de las hifas (por la que cada fragmento se transforma en un nuevo individuo) (Curtis, 2008).



**Figura 2.** Ciclo reproductivo de seta comestibles (*Pleurotus ostreatus*)

**Fuente:** Martinez (2013).

### 3.2.5. Propiedades nutricionales

El valor nutritivo de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*). Ha sido reconocido desde hace mucho tiempo (tabla N°2). Sus proteínas, las cuales contienen todos los ácidos aminoácidos (alanina, el ácido glutámico y la glutamina), son de valor nutritivo más alto que las proteínas de plantas, con una calidad muy cercana a la proteína animal (Sanchez, 2001).

**Tabla 1.** Componentes que contiene setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*)

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

**Fuente:** Romero (2000).

### 3.2.6. Propiedades medicinales

La seta comestible (*Pleurotus ostreatus*) se le considera como prebiótico, esto significa que ayuda al organismo a combatir las enfermedades, restaurando el

bienestar y el equilibrio natural, haciendo que nuestro sistema inmune funcione correctamente para eliminar a los agentes externos que pudieran desequilibrar nuestra salud (López, 2002)

Rodríguez (2007), con bajo contenido de grasa, sodio y potasio, hacen que este hongo además de su buen sabor y valor nutritivo, tenga también importancia para padecimientos cardiovasculares y estados de hipertensión, así como para combatir la obesidad.

Se ha demostrado que el consumo de setas (*Pleurotus ostreatus*), que contiene varios tipos de estatinas, previene el incremento de colesterol (Royse, 2001).

Estudios recientes en Europa y Asia muestran que (*Pleurotus ostreatus*) naturalmente produce una forma de lovastatina: una medicina aprobada por el FDA de los Estados Unidos en 1987, para tratar el exceso de colesterol en la sangre (Fernández, 2004)

Esto mejora el funcionamiento del sistema cardiovascular general. Produciendo una forma segura y no toxica de lovastatina, un reductor de colesterol potente (Gaitán, 2006).

### **3.3. Residuos utilizados para producir setas (*Pleurotus ostreatus*)**

#### **3.3.1. Paja de trigo**

La paja es el tallo seco de ciertas gramíneas como se muestra en (Anexo 1), especialmente los cereales llamados comúnmente (trigo, avena, cebada), una vez cortado y desechado, después de haber separado el grano o semilla mediante la trilla. La paja de cereales es un subproducto fibroso altamente disponible, aunque su utilización es limitada por su bajo valor nutritivo. La composición de la paja depende de la proporción de hojas/tallos, el diámetro del tallo y la altura de la planta, de modo que se presentan variaciones ligadas a la especie, el ecotipo o la climatología. Las pajas más abundantes en Andahuaylas, por la extensión de su área de cultivo y su facilidad de recolección son las de trigo y cebada. Ambas tienen una composición similar, siendo el valor energético algo superior en la cebada. La mayor parte de los componentes de las pajas de cereales (incluyendo proteína y minerales), están asociados a la pared celular. Pero su degradación se ve limitada por la estructura cristalina de la celulosa y por la existencia de enlaces covalentes con la lignina (Rojas, 2004).

El trigo (*Triticum aestivum*) continúa siendo el cultivo más importante en provincia de Andahuaylas, con aproximadamente 129 hectáreas sembradas actualmente; todavía seguirá siendo el cultivo con la mayor superficie sembrada anualmente (Ejecución y perspectivas de la información agrícola de Sub Región Agraria de Andahuaylas, 2017)

La cantidad de paja que queda en los rastrojos supera los 1500kg/ha luego de su cosecha presenta grandes dificultades para cualquier faena de labranza o siembra directa que se quiera realizar sobre ellos. Este problema es mayor en Andahuaylas luego de la cosecha vienen meses con bajas temperaturas que hacen muy lenta su descomposición en el mismo terreno de sembrío (Ejecución y perspectivas de la información agrícola de Sub Región Agraria de Andahuaylas, 2017).

El uso del fuego para eliminar la paja es todavía una práctica muy común, principalmente por su bajo costo, sin embargo, esta alternativa causa problemas ambientales y además graves accidentes, a causa de la escasa visibilidad generada por el humo. Las alternativas existentes a la quema de la paja de los rastrojos difieren en sus relaciones costo/beneficio, y se requiere en forma urgente encontrar soluciones atractivas para los productores de trigo (Rojas, 2004)

La biomasa a partir de las plantas vegetales es un producto de la fotosíntesis y puede ser considerado un carbón neutral en el ciclo de vida de esta (Kim, 2005)

Entre los residuos agrícolas particularmente atractivos por su bajo costo y alta disponibilidad se encuentran la paja de arroz, mazorca, rastrojo de maíz, bagazo, paja de trigo, cebada, avena, y heno etc. Entre muchos de los residuos agrícolas, la paja de trigo es el segundo material lignocelulósico más favorable, después de la paja de arroz en términos de su disponibilidad y abundancia (Kim, 2004).

Los tres principales componentes de la biomasa a partir de plantas son la celulosa, hemicelulosa y lignina. La celulosa es el principal componente de la pared celular en las plantas y es un polímero regular de alto peso molecular, formado por unidades de glucosa. Las hemicelulosas son un grupo de polisacáridos compuestos de pentosas y hexosas. El tercer más importante componente es la lignina (Ralph, 2004).

La biomasa lignocelulósica se encuentra químicamente compuesta de 35-55 % en celulosa, 20-40 % hemicelulosa y de 10-25 % en lignina. El tipo de la biomasa y sus propiedades intrínsecas determinan tanto la selección del proceso de conversión

como la subsecuente complejidad del proceso y también explica la cantidad de energía almacenada en ella (Mckendry, 2002).

### **3.3.2. Posos de café**

Hay dos fuentes de desechos derivados del café como se muestra en el (Anexo 1). El primero es la pulpa que procede de los cultivos; y el segundo es el poso que se genera cuando preparamos el café para ingerirlo. Desde que los granos salen del campo hasta que acaban molidos en los paquetes de café que consumimos, el 99,8% de la biomasa vegetal se desecha y solo se ingiere un 0,2%. Esta situación es grave problema medioambiental en lo relativo a la gestión de los residuos porque tienen componentes que reaccionan en el medio ambiente. Las setas crecen sobre ligno-celulosa, precisamente lo que se genera en gran volumen durante el proceso de obtención del café que bebemos. Desde el campo hasta el consumidor, el grano de café es un cultivo con un seguimiento exhaustivo, siendo difícil encontrar otro producto agrícola con proceso de calidad más riguroso. Para preparar café se hace pasar agua caliente o vapor a través del grano molido y tostado, lo que esteriliza el poso de café y simplifica las componentes del residuo generado (Mandiá, 2016).

Inca Aroma cafetería de nuestra provincia de Andahuaylas genera 1 – 1.2 kg/día de posos de café, acumulando un promedio de 396kg por año estos posos son desechados como desperdicio al basurero.

D' Marce cafetería genera 1 - 1.5kg/día posos de café acumulando un promedio de 450kg por año, estos posos no son reciclados en nuestra provincia de Andahuaylas.

Panadería Panchito genera 2 - 2.2kg/día de posos de café acumulando un promedio de 756kg por año tampoco esta entidad tiene el hábito de reciclar estos desperdicios.

En las tres cafeterías la producción de posos de café es 1602kg/año esta cantidad de desperdicio acaban en los basureros de nuestra ciudad de Andahuaylas.

### **3.3.3. Afrecho de trigo**

Desde el punto de vista nutricional el afrecho de trigo puede definirse como un alimento de tipo energético-proteico también se muestra en (Anexo 1), con valores intermedios tanto de energía como proteínas. Puesto que es un subproducto de la extracción de harina (almidón) el residuo que le confiere el valor energético deriva fundamentalmente de la "fibra" de la cubierta de los granos. El valor proteico, proviene tanto del germen de la semilla como de las cubiertas del grano, siendo el

germen el que contribuye con la mayor proporción de sustancias proteicas de calidad (Cocero, 2006).

### 3.3.4. Factores ambientales para el desarrollo de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*)

Sánchez (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. Para el caso de *pleurotus ostreatus*, los valores óptimos de estos parámetros se detallan en la tabla N° 03.

**Tabla 2.** Valores óptimos de los factores ambientales que influyeron en el crecimiento de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*)

Factor	Crecimiento micelial	Fructificación
Temperatura	25-33°C	28°C
Humedad relativa	Baja humedad	85%
Humedad de sustrato	60%	50%
Concentración de CO <sub>2</sub>	20-25%	Menor 0.6%
Luminosidad	Oscuridad	50-200 Lux

Fuente: Sánchez (1994).

## 3.4. Marco conceptual

### 3.4.1. Setas

Por lo tanto, la seta es la parte del hongo que sale al exterior, y constituye el aparato reproductor de los hongos superiores (Cardona, 2001)

### 3.4.2. Hongo

Al grupo de todas las hifas es a lo que se le denomina micelio. El micelio en realidad es el hongo (Cardona 2001).

### **3.4.3. Carpóforo**

Por lo tanto, el carpóforo es la parte que sale al exterior y constituye el tejido fúngico de los hongos superiores (Ardon, 2007).

### **3.4.4. Rendimiento**

Relación entre la cantidad de un producto y la de los factores utilizados para su producción. Es un indicador de productividad (Ardon, 2007).

### **3.4.5. Eficiencia biológica**

La capacidad de los hongos de convertir un sustrato en cuerpos fructíferos (Flores, 2007).

### **3.4.6. Biodegradación del sustrato**

Es la descomposición, a través de procesos biológicos realizados por la acción de la digestión efectuada por microorganismos (Flores, 2007).

### **3.4.7. Sustrato Orgánico**

Un sustrato es todo material sólido distinto al suelo natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocada en un contenedor, en forma pura u en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta desempeñando, un papel muy importante de soporte para la planta (Flores, 2007).

### **3.4.8. Extractivos**

Son aquellas sustancias que se encuentran presentes en las diferentes fibras vegetales, pero no son carbohidratos, tales como ácidos grasos, terpenos, fenoles y resinas. Muchos de estos compuestos son solubles en agua o disolventes orgánicos polares como metanol, etanol o acetona y algunos pueden llegar a ser utilizadas por los hongos (Atlas, 2002).

### **3.4.9. Pasteurización**

Es cuando el sustrato se somete en agua caliente a una temperatura de 70-80°C durante 1-2 horas (Gaitán, 2006).

### **3.4.10. Oleadas**

Se denomina así la primera, segunda y tercera cosecha

#### **3.4.11. Residuos orgánicos**

También conocidos como basura o desperdicios, son todos los materiales que el ser humano no considera necesarios y que cree deben ser eliminados, muchas veces sin dar chances al reciclaje de hacer algo al respecto (Stamets, 2003).

#### **3.4.12. Suculento**

Jugoso y nutritivo se refiere a los componentes que tiene la seta comestible (*pleurotus ostreatus*) (Velasco, 2004).

#### **3.4.13. Ecotipo**

Se refiere a los diferentes climas que existen (Atlas, 2002)

#### **3.4.14. Estatinas**

Estatinas son metabolitos fúngicos de gran interés no sólo por su efecto hipocolesterolemiantes sino por el número de efectos que presentan (1 de Enero 2012 Revista Colombiana de Biotecnología, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá).

#### **3.4.15. Sustrato**

Puede ser cualquier residuo agrícola y agroindustrial, siempre y cuando sea rico en lignina y celulosa. Contiene elementos orgánicos que sirvan de nutrientes para el hongo (*pleurotus ostreatus*) (Stamets, 2003).

#### **3.4.16. Lixiviado**

Se denomina lixiviado al líquido resultante de un proceso de percolación de un fluido a través de un sólido. El lixiviado generalmente arrastra gran cantidad de los compuestos presentes en el sólido que atraviesa (Saval S. , 2012).

#### **3.4.17. Hifa**

Denominada también filamento fúngico (del griego hyphis, "telaraña") y todas las hifas de un solo organismo se le llama colectivamente micelio (Curtis, 2008).

## CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

### 4.1. Lugar de ejecución

Las pruebas experimentales del crecimiento micelial y la producción de setas comestibles (*pleurotus ostreatus*) se realizaron en un módulo acondicionado bajo condiciones controladas tiempo, temperatura y humedad ubicado en el barrio de Pochccota de la provincia de Andahuaylas, Región Apurímac.

### 4.2. Equipos, instrumentos, materiales e insumos

**Tabla 3.** *Equipos e instrumentos para la producción de seta (pleurotus ostreatus)*

Cantidad	Equipos e instrumentos
01	Balanza digital, sensibilidad 0.1 g – 1000 g.
01	Mechero
01	Termómetro digital
01	Foco infrarrojo
01	Termo higrómetro digital

**Tabla 4.** *Material para la producción de seta (pleurotus ostreatus)*

Cantidad	Materiales
01	Olla100lt
02	Machete
01	Valón de gas
01	Tina
01	Paquete bolsa polipropileno 30x20
02	Balde 20 lt.
05	Costal de malla
01	Quemador
03	Pulverizador
01	Gorra
12	Mascarilla
24	Pares de guantes
02	Pares de botas
02	Guardapolvo
03	Marcador
01	Plástico 3x2mt

01	Estantería
01	Mesa 2x1.20mt

**Tabla 5.** *Insumos para elaboración del sustrato*

Unidad	Reactivos e insumos
04 kg.	cal
05lt	Alcohol
01gl	Cloro

**Tabla 6.** *Cantidad de residuos agrícolas, agroindustriales*

Residuos agrícolas		
Residuo agrícola	Paja de trigo	7.12kg
Residuo agroindustrial	Posos de café	0.4kg
Residuo agroindustrial	Afrecho de trigo	0.32kg

#### 4.3. Material de estudio

- Micelios activos de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*).
- Paja de trigo: colectadas del distrito de Pacucha.
- Posos de café: se ha recolectado de las cafeterías de Inca Aroma, D' Marce y Panchito de la provincia de Andahuaylas.
- Afrecho: adquiridas de la "Molinera sonda" de Andahuaylas.

#### 4.4. Población y muestra

- ❖ El sustrato T1 formulado con (paja de trigo 98% y cal 2%).
- ❖ El sustrato T2 formulado con (paja de trigo 80%, poso de café 10%, afrecho 8% y cal 2%).

#### 4.5. Muestra

Son las 8 unidades experimentales, cada unidad contiene 1Kg de sustrato.

#### 4.6. Tipo de investigación

Es experimental, porque las muestra en estudio se han controlado y manipulado para la obtención de datos hasta terminar el estudio realizado.

#### 4.7. Factor estudiado

Se evaluó un solo factor: Sustratos

#### 4.8. Descripción de los tratamientos

En la tabla 3 se presentan los tratamientos evaluados

**Tabla 7.** Descripción de los tratamientos evaluados para la producción de setas (*Pleurotus ostreatus*).

Tratamientos	Sustratos	N° de bolsas/ tratamiento
T1	Sustrato T1	4 Bolsa de 1 Kg c/u
T2	Sustrato T2	4 Bolsa de 1 Kg c/u

#### 4.9. Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar, con 2 tratamientos y 4 repeticiones.

#### 4.10. Modelo estadístico

El modelo estadístico para este diseño experimental fue:

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

Dónde:

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

$\mu$  = Media general

$\tau_i$  = Efecto asociado al i-ésimo sustrato

$\epsilon_{ij}$  = Error experimental asociado a la i-ésima unidad experimental (Pulido, 2012)

#### 4.11. Unidad experimental

Se evaluó 2 tratamientos y 4 repeticiones para un total de 8 unidades experimentales, distribuidas completamente al azar. Cada unidad experimental consistió en 1 bolsa conteniendo 1 kg de sustrato. Estas unidades se colocaron en una estantería como se observa en el anexo 3.

## **4.12. Metodología experimental**

### **4.12.1. Determinar el rendimiento de la producción de setas comestibles de (*Pleurotus ostreatus*)**

Se siguieron los siguientes pasos:

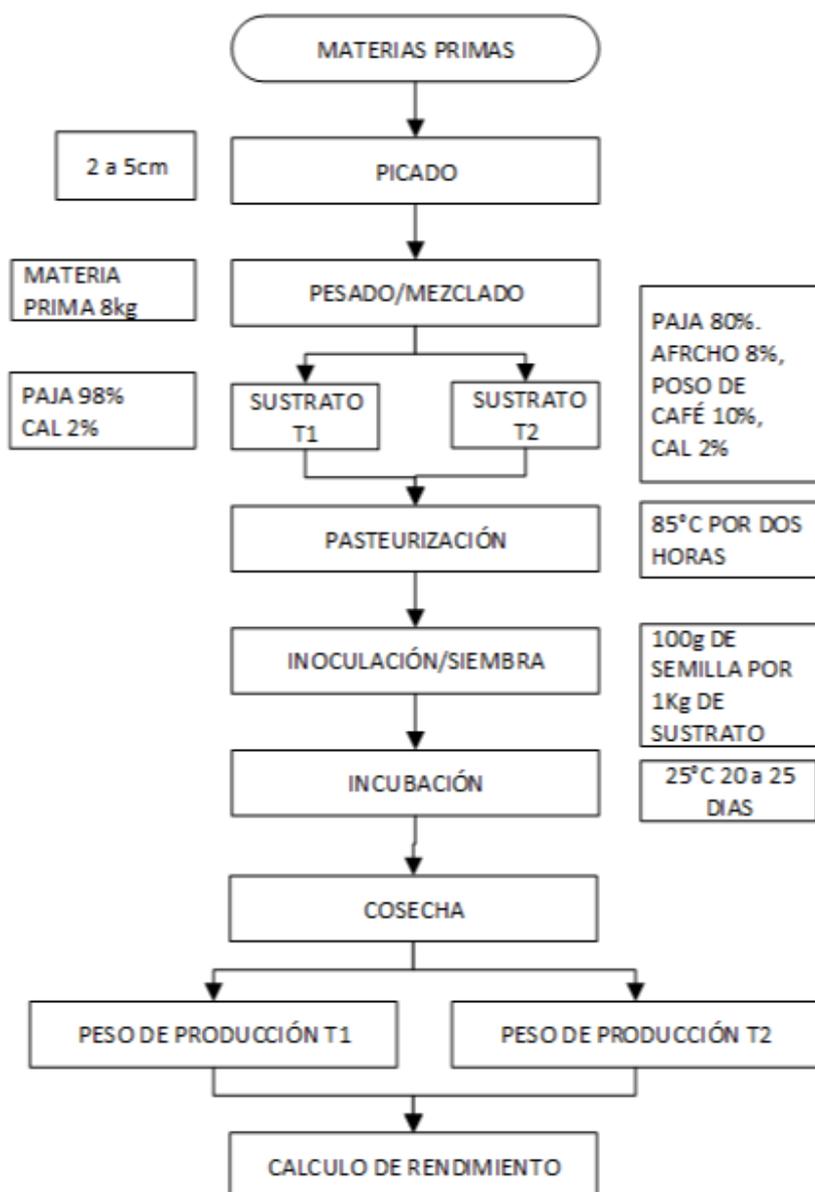
#### **3.12.1.1. Elaboración del sustrato para la producción de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*).**

Se trabajó con la metodología descrita en la Figura 03.

##### **Procedimiento:**

- Los residuos se recepciónó en envases adecuados para su conservación.
- Después recepcionado, las pajas fueron picadas en un tamaño de partículas de 2 a 5cm como se muestra en el (anexo 1).
- Se realizó el pesado de paja, posos de café, afrecho y cal para cada experimento por separado.
- Se procedió el mezclado para homogenizar los residuos para nuestro sustrato.
- Los residuos mezclados, llamado sustrato T1 y T2 se llenó en bolsas para pasteurizar.
- Se realizó la pasteurización por inmersión en agua caliente de 85°C durante dos horas para ambos sustratos.
- El sustrato pasteurizado se reservó por un tiempo de 25 a 30 minutos.
- Desinfección de sala de siembra y sala de incubación.
- Luego realice la siembra en ambiente acondicionado y desinfectado, rellene a las bolsas de polipropileno una capa de sustrato y otra capa de micelio o semilla para ello se muestra en el (Anexo 2).
- Terminada la siembra, las bolsas llenadas se trasladan a la sala de incubación acondicionado donde permaneció 24 días ambos experimentos entre ellos (Anexo 3).
- Después de este tiempo se trasladó a la sala de producción con los primeros primordios como se muestra (Anexo 4) hasta que alcance la maduración adecuada de setas (Anexo 5), tanto para sustrato T1 y T2.

- La cosecha se realizó cuando los carpóforos (setas) se observan compactos (Anexo 6), con cuchillo filo y esterilizado al ras del sustrato.
- Luego se procedió a pesar los carpóforos (Anexo 7) anotando el peso en registro de datos para hallar el rendimiento de la producción.



**Figura 3.** Proceso de producción de setas comestibles en el sustrato formulado para el cálculo de rendimiento.

#### 4.12.1.2. Calculo del rendimiento

Se realizó el cálculo con la relación de (Romero, 2013) entre el peso fresco de setas (*pleurotus ostreatus*) (g) y el peso húmedo del sustrato (g), expresado en porcentaje. Se determinó con la siguiente ecuación:

$$R = \frac{PSF}{PSH} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

PSF: peso de setas frescas (g).

PSH: peso de sustrato húmedo (g).

#### 4.12.2. Metodología para el procedimiento del conteo de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*)

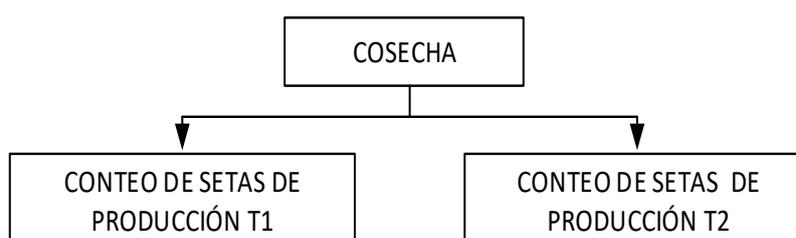
Se realizó el conteo manualmente, siguiendo el procedimiento detallados en la Figura 4.

##### Equipos y materiales

- Cuchillo
- Bandeja
- Registro de datos

##### Procedimiento:

- Primero se realizó el corte de los racimos de setas (Anexo 7), para luego proceder el conteo de carpóforos, anotando en los registros de datos de los sustratos producidos T1 y T2.
- Luego se realizó el cálculo de datos por separado, para conocer el número total de carpóforos producidos de los sustratos T1 y T2.



**Figura 4.** Proceso de determinación del número de carpóforos (sombreros) de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*)

#### 4.12.3. Procedimiento para determinar la eficiencia biológica de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*)

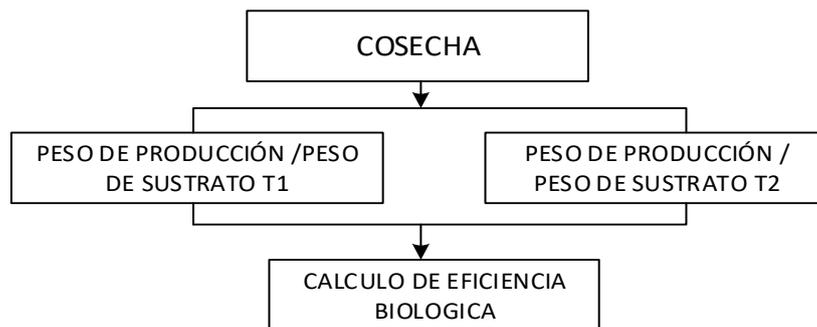
Para determinar la eficiencia biológica de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*) siguió lo indicado en la figura N° 5.

### Equipos y materiales

- Cuchillo
- Bandeja
- Balanza
- Registro de datos

### Procedimiento:

- Lo primero se realizó la cosecha de setas de los sustratos T1 y T2.
- Luego se procedió el pesado de setas ambos por separado (Anexo 7).
- Para ello también se ha pesado el sustrato T1 y T2.
- Después se realizó el cálculo para la eficiencia biológica, de sustratos T1 y T2.



**Figura 5.** Proceso para la eficiencia biológica de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*)

Se procedió calcular con la siguiente relación, que consiste en la producción de cuerpos fructíferos (setas), es decir, la bioconversión de la energía y biodegradación del sustrato, se expresa en porcentaje y es la relación entre el peso de la cosecha de hongos frescos y el peso seco del sustrato (Lazo, 2001).

$$EF = \frac{PSF}{PSSF} \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

PSF: peso de setas frescas (g).

PSSF: Peso del sustrato seco final (g).

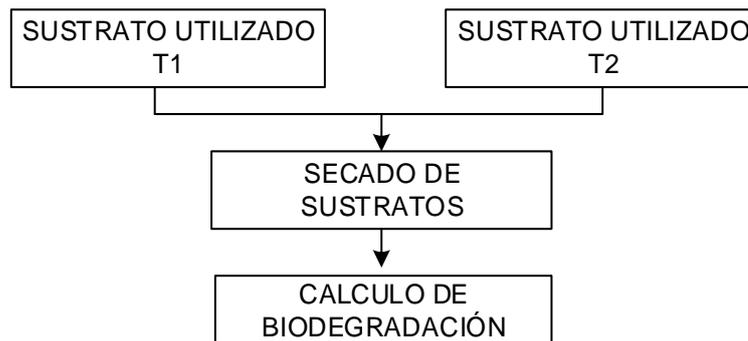
#### 4.12.4. Procedimiento para determinar la biodegradación del sustrato por el hongo (*pleurotus ostreatus*).

##### Equipos y materiales

- Plástico 2x3m
- Balanza
- Registro de datos

##### Procedimiento:

- Terminada la cosecha el sustrato T1 y T2 se trasladó para el secado.
- El secado se realizó al medio ambiente (Anexo 8).
- Luego del secado se realizó el pesado de sustratos T1 y T2.
- Anotando el peso en el registro de datos para realizar el cálculo de biodegradación del sustrato T1 y T2.



**Figura 6.** Procedimiento para determinar la biodegradación del sustrato de hongos (*pleurotus ostreatus*)

La biodegradación (BD) mide el porcentaje de pérdida de peso del sustrato en base seca. Se expresa de la siguiente fórmula (Monterroso, 2007).

$$BD = \frac{PSSi - PSSf}{PSSi} \times 100 \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

PSSi: Peso de sustrato seco inicial.

PSSf: Peso de sustrato seco final.

#### 4.13. Análisis estadístico

Análisis de varianza para el diseño completamente al azar para los sustratos T1 y T2.

##### 4.13.1. Prueba t de student para la producción de setas comestibles (*pleurotus ostreatus*) en los sustratos T1 y T2.

La hipótesis nula expresada que no hay diferencia en la producción de setas (*pleurotus ostreatus*) entre el sustrato T1 y T2.

La hipótesis alterna expresada hay diferencia en la producción de setas (*pleurotus ostreatus*) entre el sustrato T1 y T2.

$$H_0: \mu_{t1} = \mu_{t2}$$

$$H_a: \mu_{t1} \neq \mu_{t2}$$

La determinación de t de Student para las hipótesis planteadas en la producción de setas (*pleurotus ostreatus*) entre el sustrato T1 y T2. se efectuará en las siguientes ecuaciones.

##### Paso 1. Cálculo de variancias muestrales

$$S_1^2 = \frac{\Sigma x_1^2 - \frac{(\Sigma x_1)^2}{n_1}}{n_1 - 1} \dots \dots \dots (4)$$

$$S_2^2 = \frac{\Sigma x_2^2 - \frac{(\Sigma x_2)^2}{n_2}}{n_2 - 1} \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

$S_1^2$  es la variancia en la primera muestra.

$S_2^2$  es la variancia en la segunda muestra.

(Mason, 1998).

##### Paso 2. Cálculo de variancias

Se aplicará la siguiente fórmula

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \dots \dots \dots (6)$$

(Mason, 1998).

### Paso 3. El valor de t se determina

Utilizando la siguiente formula

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{S_p^2 \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \dots \dots \dots (7)$$

Donde:

$\bar{X}_1$  es la media de la primera muestra.

$\bar{X}_2$  es la media de la segunda muestra.

$n_1$  es el número de elementos en la primera muestra.

$n_2$  es el número de elementos en la segunda muestra.

$S_p^2$  es la estimación combinada de la variancia de población

(Mason, 1998).

Que el valor  $p \leq$  al nivel de significancia, se rechaza hipótesis nula.

Que el valor  $p >$  nivel de significancia, se acepta la hipótesis nula (Mason, 1998).

## CAPÍTULO V: RESULTADOS

### 5.1. Determinación del rendimiento de la producción de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*) en los sustratos formulados.

En Anexo 9 se muestran los pesos de setas frescas cosechadas y peso húmedo de sustratos con esos datos obtenido de cada unidad evaluada se determina utilizando la ecuación (1) el porcentaje de rendimiento que se muestra en la tabla 8.

**Tabla 8.** Cálculo de rendimiento de setas (*pleurotus ostreatus*).

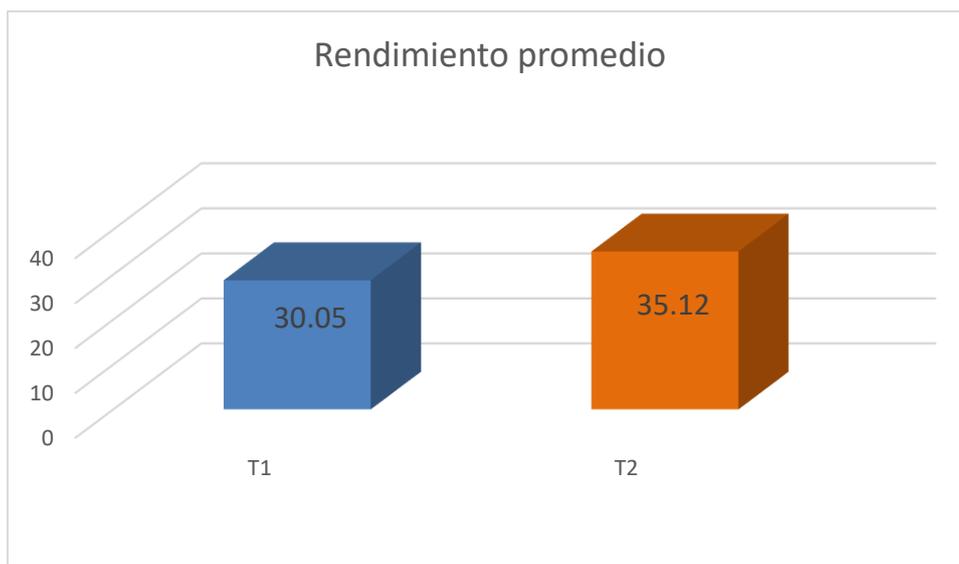
<b>T1</b>	R1	33.75	30.05
	R2	24.16	
	R3	28.64	
	R4	33.64	
<b>T2</b>	R1	32.15	35.12
	R2	39.18	
	R3	35.22	
	R4	33.92	

En la tabla 8 se muestran los promedios del rendimiento de setas producidos en el sustrato T1 que se observa con claridad en la figura 7.

De los resultados obtenidos podemos afirmar que existe bajo aprovechamiento del sustrato, por las setas (*pleurotus ostreatus*) en la formulación del sustrato T1 de (Paja y cal).

En la formulación del sustrato (T2) nos indica que existe un aprovechamiento adecuado de setas (*pleurotus ostreatus*), que en esta formulación puede influir los residuos como el afrecho y posos de café que dieron porcentajes con ligera ventaja sobre el sustrato T1 en el rendimiento de la producción de setas.

La evaluación promedio del rendimiento en la producción de setas tanto del sustrato (T1), así como del sustrato (T2) se observa en la figura 7.



**Figura 7.** Rendimiento Promedio de setas, en sustrato T1 y T2

Al analizar mediante la prueba t para la diferencia de varianzas nos da un P-valor = 0.062 es mayor que el nivel de significancia ( $\alpha=0.05$ ), por lo tanto, no existe diferencias significativas entre la media del rendimiento del sustrato T1 y la media del rendimiento del sustrato T2 entonces ( $T1 = T2$ ); estadísticamente.

**Tabla 9.** Prueba t para rendimiento de setas (*Pleurotus ostreatus*)

	Sustrato T1	Sustrato T2
Media	30.048	35.118
Varianza	21.086	8.918
Observaciones	4.000	4
Diferencia hipotética de las medias	0.000	
Grados de libertad	5.000	
Estadístico t	-1.851	
P(T<=t) una cola	0.062	
Valor crítico de t (una cola)	2.015	
P(T<=t) dos colas	0.123	
Valor crítico de t (dos colas)	2.571	

También se ha analizado para la igualdad de varianzas para comprobar el P-valor como se muestra en el anexo 10.

## 5.2. Número de carpóforos (sombreros) de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*) para los sustratos formulados

En Anexo 9 se muestran los resultados de los carpóforos obtenidos de los dos tratamientos planteados. El conteo se hace en cada oleada (cosecha), sumadas las

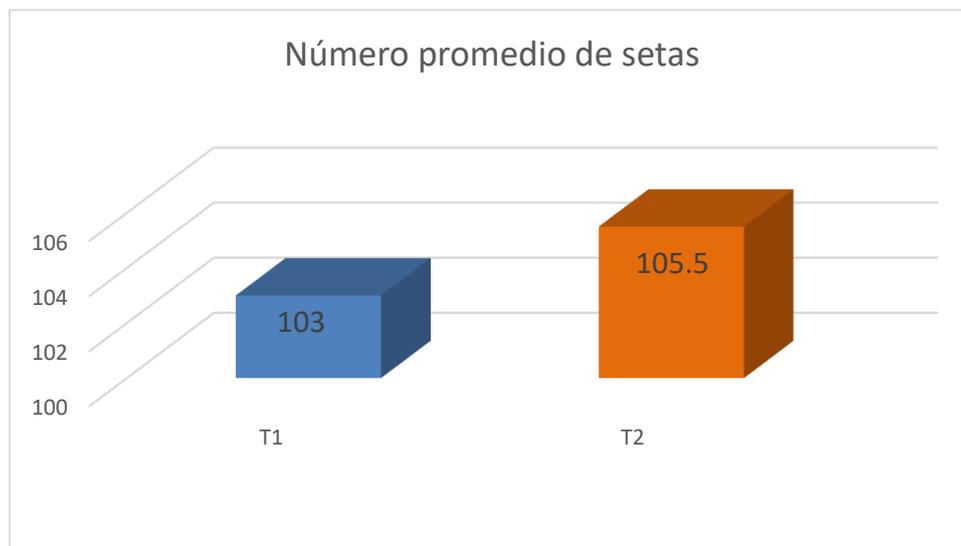
tres oleadas (cosechas) y los conteos dio número total de carpóforos (setas) en cada repetición como se muestra en la tabla 10.

**Tabla 10.** *Conteo total de setas comestibles (pleurotus ostreatus)*

Número de tratamientos	Número de repeticiones	Número total de setas	Número de setas promedio
<b>T1</b>	R1	98	<b>103</b>
	R2	61	
	R3	129	
	R4	124	
<b>T2</b>	R1	122	<b>105.5</b>
	R2	92	
	R3	114	
	R4	94	

En el sustrato T1 formulado de (Paja y cal), el número de setas de las repeticiones se registró para evaluar el número de (setas) promedio de (*Pleurotus Ostreatus*)

Para el sustrato T2 (formulado con paja trigo, posos de café, afrecho y cal), en las repeticiones se registró para evaluar el número de (setas) promedio donde se observa en la tabla 10, lo que podemos observar mejor la comparación promedio en la figura 08.



**Figura 8.** Número de setas promedio de sustrato T1 y T2

Al analizar mediante la prueba t el P-valor = 0.892 es mayor que el nivel de significancia ( $\alpha=0.05$ ), es decir, no existe diferencias significativas entre la media

del número de setas del sustrato T1 y la media del número de setas del sustrato T2 entonces ( $T1=T2$ ); estadísticamente.

**Tabla 11. Prueba de t para número de setas (*Pleurotus ostreatus*)**

	Sustrato T1	Sustrato T2
Media	103	105.5
Varianza	968.667	219.667
Observaciones	4	4
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-0.145	
P( $T \leq t$ ) una cola	0.446	
Valor crítico de t (una cola)	2.132	
P( $T \leq t$ ) dos colas	0.892	
Valor crítico de t (dos colas)	2.776	

También se ha analizado la prueba t para la igualdad de varianzas como se muestra en el anexo 10.

### 5.3. eficiencia biológica de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*) para los sustratos formulados

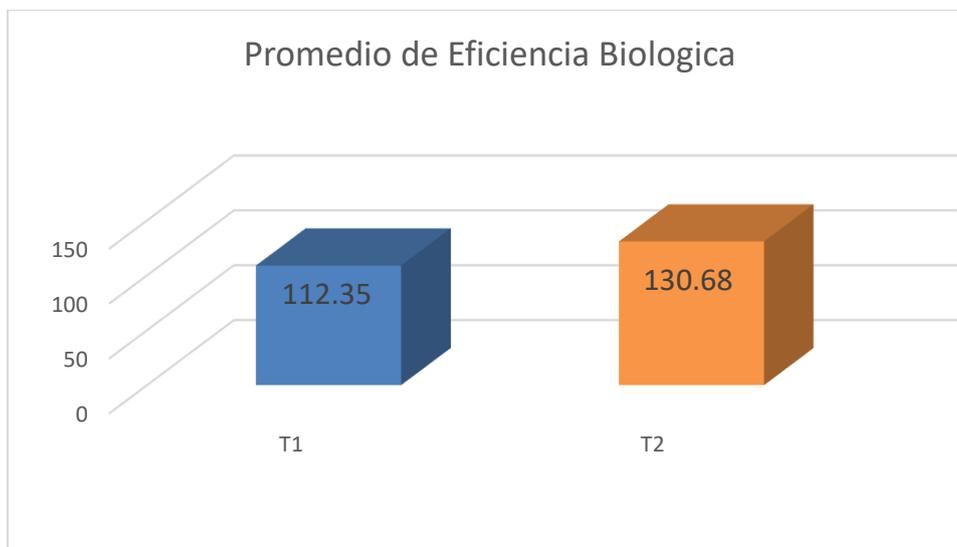
En la Tabla 12. Se muestran los resultados del porcentaje de la eficiencia biológica de las setas comestibles obtenidas en los sustratos T1 y T2, para ello sea utilizado peso fresco de setas y el peso seco de sustrato final (PSSF) utilizado (Anexo 9).

**Tabla 12. cálculo de eficiencia biológica de setas (*Pleurotus ostreatus*)**

Número de tratamientos	Número de repeticiones	% de Eficiencia Biológica	Eficiencia Biológica promedio
T1	R1	136.41	112.35
	R2	85.17	
	R3	103.38	
	R4	124.45	
T2	R1	129.92	130.68
	R2	134.27	
	R3	128.86	
	R4	129.67	

Al hacer la comparación de cada uno de los tratamientos llamados sustratos T1 y T2 para la eficiencia biológica, notamos claramente los resultados existentes en

cada uno de los sustratos, es así que la eficiencia biológica del sustrato T2 no tiene mayor diferencia al de sustrato T1 donde se puede mencionar que la capacidad de las seta (hongos) de convertir un sustrato en cuerpos fructíferos (setas) aceptables (Flores, 2007). Como se muestra en la tabla 12 y la eficiencia biológica promedio se observa en la figura 9.



**Figura 9.** Eficiencia biológica del sustrato T1 y T2

Al analizar estadísticamente mediante la prueba t el P-valor = 0.159 es < que el nivel de significancia ( $\alpha = 0.05$ ), es decir, que no existe diferencias significativas entre la media de eficiencia biológica del sustrato T1 y la media de eficiencia biológica del sustrato T2 entonces ( $T1=T2$ ); estadísticamente.

**Tabla 13.** Prueba t para eficiencia biológica de setas (*Pleurotus ostreatus*)

	Sustrato T1	Sustrato T2
Media	112.353	130.68
Varianza	514.836	5.933
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	260.384	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	-1.606	
P(T<=t) una cola	0.080	
Valor crítico de t (una cola)	1.943	
P(T<=t) dos colas	0.159	
Valor crítico de t (dos colas)	2.447	

para comprobar este resultado, se realizó la prueba t de varianzas iguales como se muestra en el anexo 10.

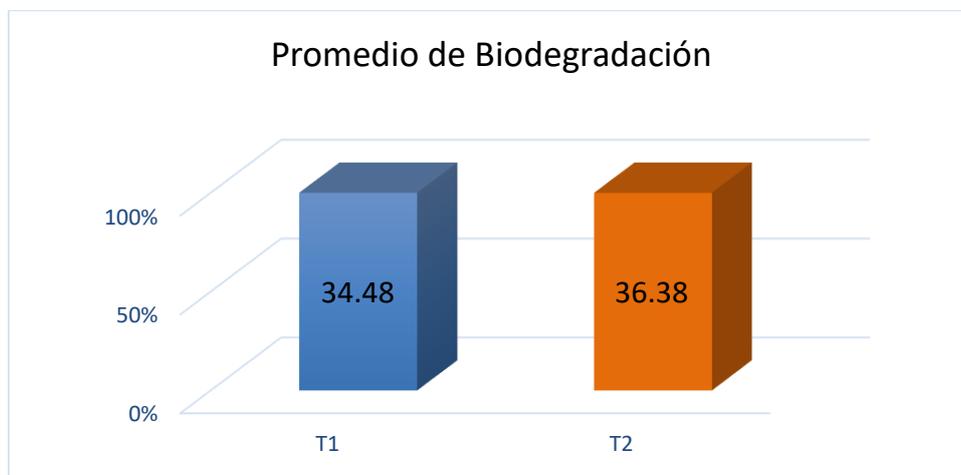
#### 5.4. Biodegradación del sustrato de hongos (*pleurotus ostreatus*) para el sustrato formulado

En Anexo 9 se muestran el peso inicial de sustrato seco (PiSS) antes de utilizar, peso final de sustrato seco (PfSS) utilizado, al terminar de la cosecha los sustratos T1 y T2 quedaron como bloques por la invasión de setas (micelio) y fue secado al medio ambiente (Anexo 8), para obtener los datos del sustrato seco final.

**Tabla 14.** Cálculo de biodegradación de setas (*pleurotus ostreatus*)

Número de tratamientos	Repeticiones	Biodegradación %	Promedio de Biodegradación
T1	R1	36.00	34.48
	R2	31.20	
	R3	34.90	
	R4	35.80	
T2	R1	36.50	36.38
	R2	36.10	
	R3	36.60	
	R4	36.30	

En los sustratos formulados T1 y T2 podemos apreciar que los resultados obtenidos en este objetivo planteado muestran diferencias mínimas en cuanto a su promedio que se observa en la figura 10.



**Figura 10.** Biodegradación del sustrato T1 y T2.

Para este objetivo planteado si cumple lo que menciona el siguiente autor. En general, el hongo utiliza principalmente el carbono como fuente de energía y formación de biomasa, y el nitrógeno para formar componentes celulares como proteínas y ácidos nucleicos. De acuerdo a las necesidades de setas, pero si hay excesiva cantidad de carbono y al agotarse el nitrógeno, se disminuye el crecimiento y la degradación (Oei, 2003).

Al analizar estadísticamente mediante la prueba t el P-valor = 0.189 es mayor que el nivel de significancia ( $\alpha=0.05$ ), es decir, no existe diferencias significativas entre la media de biodegradación del sustrato T1 y la media de biodegradación del sustrato T2 entonces ( $T1=T2$ ); estadísticamente.

**Tabla 15.** Prueba de t para biodegradación del sustrato

	<i>Sustrato T1</i>	<i>Sustrato T2</i>
Media	34.475	36.375
Varianza	4.996	0.049
Observaciones	4	4
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	-1.692	
P(T<=t) una cola	0.095	
Valor crítico de t (una cola)	2.353	
P(T<=t) dos colas	0.189	
Valor crítico de t (dos colas)	3.182	

También se ha analizado la prueba t para la igualdad de varianzas como se muestra en el anexo 10.

## CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN

A continuación, se presenta las discusiones para cada una de los objetivos planteados según el resultado obtenido con las investigaciones que se asemejan.

Existen pocos trabajos realizados igual o similares en la investigación de setas (***Pleurotus ostreatus***) hecho por lo cual es muy difícil realizar discusiones con investigadores y con datos que se parezcan a mi tesis.

Según el objetivo, Determinar el rendimiento de la producción de setas comestibles (***Pleurotus ostreatus***) en los sustratos formulados, los resultados obtenidos en la tabla 9 se evidencia en un nivel de significancia considerable de p-valor = 0,062 entre ambos sustratos evaluados de nuestra investigación, datos que, al ser comparados con lo encontrado por Romero (2013) en su tesis titulada: “Evaluación de bagazo de café (***coffea arabica***) como sustrato en la producción de (***pleurotus ostreatus***) y Rodríguez (2014) en su tesis titulada: *Unión Internacional de la Conservación de la Naturaleza, Tacaná, San Marcos, Guatemala, C.A.*”, quienes concluyen que obtuvieron buenos resultados, con estos resultados se afirma que los sustratos formulados se contribuye de manera favorable para la producción de setas, además Campbell (2007) menciona los hongos están bien adaptados para descomponer las sustancias orgánicas, entre ellas la celolusa y la lignina de las paredes de las células vegetales.

Para el objetivo, Determinar el número de carpóforos de setas comestibles (***Pleurotus ostreatus***) para los sustratos formulados los resultados obtenidos en la tabla 10 del número de setas promedio y la tabla 11 se evidencia en un p-valor = 0.892 entre ambos sustratos evaluados de nuestra investigación, datos que, al ser comparados con lo encontrado por Rodríguez (2014) en su tesis titulada: *Unión Internacional de la Conservación de la Naturaleza, Tacaná, San Marcos, Guatemala, C.A.* y Ortega (2005) en su tesis titulada: Instituto cubano de investigaciones de los derivados de la caña de azúcar (ICIDCA)” que cada uno de ellos concluyen que obtuvieron buenos resultados, con estos resultados se afirma que los sustratos formulados se contribuye de manera favorable en la obtención del número de setas.

Para el objetivo, Determinar la eficiencia biológica de setas comestibles (***Pleurotus ostreatus***) para los sustratos formulados los resultados obtenidos en la tabla 12 el porcentaje promedio de eficiencia biológica y la tabla 13 se evidencia en un p-valor = 0.159 entre ambos sustratos evaluados de nuestra investigación, datos que, al

ser comparados con lo encontrado por Rodríguez (2014) en su tesis titulada: *Unión Internacional de la Conservación de la Naturaleza, Tacaná, San Marcos, Guatemala, C.A.*, Ortega (2005) en su tesis titulada: Instituto cubano de investigaciones de los derivados de la caña de azúcar (ICIDCA), Ancco (2012) en su tesis titulada: Evaluación del crecimiento y producción del hongo ostra (*pleurotus ostreatus*) en tres diferentes residuos agroindustriales y Huamán (2015) en su tesis titulada: Caracterización sensorial de salsa a base de *Pleurotus ostreatus*, cultivados en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao L.*), que cada uno de ellos concluyen que obtuvieron resultados positivos, con estos resultados se afirma que los sustratos formulados se contribuye de manera favorable en la eficiencia biológica de setas.

Según el objetivo, Determinar la biodegradación del hongo (***Pleurotus ostreatus***) en los sustratos formulados, para los sustratos formulados los resultados obtenidos en la tabla 14 el porcentaje promedio de biodegradación y la tabla 15 se evidencia en un p-valor = 0.189 entre ambos sustratos evaluados de nuestra investigación, datos que, al ser comparados con lo encontrado por Ortega (2005) en su tesis titulada: Instituto cubano de investigaciones de los derivados de la caña de azúcar (ICIDCA), quien concluye se obtuvo resultados positivos, con este resultado se afirma que los sustratos formulados se contribuye de manera favorable en la biodegradación.

## CONCLUSIONES

- El sustrato T1 formulado con (paja y cal) y el sustrato T2 formulado con (paja trigo, posos de café, afrecho de trigo y cal) evaluados para la siembra de setas comestibles (***Pleurotus ostreatus***), entre estos dos tienen el rendimiento para T1 30.05% y T2 35.12% en cuanto a su resultado el sustrato T2 sería aceptable para la siembra de setas (***Pleurotus ostreatus***) seguido por el sustrato T1.
- El número total de setas que se registró en los sustratos evaluados para el objetivo planteado con los siguientes resultados para el sustrato T1 103 unidades de setas promedio y para el sustrato T2 105.5 unidad de setas promedio, en cuanto el análisis estadístico no existe diferencia significativa entre la media del número de setas del sustrato T1 y la media del número de setas del sustrato T2 en consecuencia, cualquier de los dos sustratos es aceptable estadísticamente.
- El porcentaje promedio de eficiencia biológica que se registró en el sustrato T1 112.35% y del sustrato T2 130.68%, esto nos indica que en el sustrato T2 genero buena calidad de setas mejor tamaño y peso, seguido por el sustrato T1 a pesar de la formulación solo con paja y cal tiene una eficiencia aceptable para la producción de setas. Al analizar estadísticamente estos datos no existe diferencia significativa entre la media de eficiencia biológica del sustrato T1 y la media de eficiencia biológica del sustrato T2 entonces el T1 es = al T2 estadísticamente.
- El sustrato T1 y T2 formulado a base de residuos agrícolas y agroindustriales utilizado como fuente de carbono en la producción de setas comestibles (***Pleurotus ostreatus***), respecto en la biodegradación tienen resultados similares el sustrato T1 con porcentaje promedio de 34.48% y el sustrato T2 con 36.38% de promedio en cuanto al análisis estadístico no hubo diferencia significativa por lo tanto la media de la biodegradación del sustrato T1 y la media de la biodegradación del sustrato T2 es igual estadísticamente.

## RECOMENDACIONES

- Mantener rigurosamente la asepsia en cada etapa del cultivo para evitar la presencia de contaminantes y plagas que afectan la producción.
- Realizar estudios similares utilizando otros sustratos ricos en lignina y celulosa adecuadas para la producción de setas (***Pleurotus ostreatus***).
- El factor más fundamental en la producción de setas es mantener en óptimas condiciones la sala de producción, se recomienda hacer limpieza con, paños limpios, alcohol al 96%, trapear con hipoclorito de sodio al 5%, esterilizar los utensilios antes de hacer uso de ellos, no hablar durante la ejecución de trabajo, no usar pulseras, anillos o relojes que puedan llevar patógenos, hacerle limpieza a los zapatos antes de ingresar al espacio de trabajo, y especialmente, tener todas las herramientas de trabajo a la mano para evitar búsquedas o contratiempos innecesarios.
- La persona dedicada a la producción de setas (***Pleurotus ostreatus***) durante todo el proceso (propagación de semilla primaria, secundaria, siembra, incubación, producción y cosecha) debe continuar estrictas normas de higiene y manejar su equipo de bioseguridad para mantener la vida útil del sustrato, para generar mayores beneficios y eficiencia del producto.

Tabla 16. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	DEFINICIÓN DE OPERACIONES					RECOLECCIÓN DE DATOS	
			Variables Independiente	DEFINICIÓN DE CONCEPTOS	INDICADOR	VALORES ESC.	DISEÑO O MÉTODO	TÉCNICA	INSTRUMENTO
General	General	General							
¿Cuál de los sustratos formulados en base a residuos agrícolas y agroindustriales tendrá la mejor producción de seta comestible ( <i>pleurotus ostreatus</i> )?	Determinar el sustrato formulado en base a residuos agrícolas y agroindustriales que tendrá la mejor producción de seta comestible ( <i>Pleurotus ostreatus</i> )	El sustrato formulado en base a residuos agrícolas y agroindustriales, influye en la producción de seta comestible ( <i>pleurotus ostreatus</i> ).	Sustrato (T1)	Medio en el que se desarrollan una planta o un animal fijo. elaborado en base a 98% paja de trigo y 2% cal.  Medio en el que se desarrollan una planta o un animal fijo. elaborado en base a 80% paja de trigo + 10% poso de café + 8% afrecho de trigo + 2% cal.	Peso total de setas ( <i>pleurotus ostreatus</i> ) del sustrato (1)	kg	Experimental	Pesado	Balanza
			Sustrato (T 2)		Peso total de setas ( <i>pleurotus ostreatus</i> ) del sustrato	kg	Experimental	Pesado	Balanza

	Determinar el rendimiento de la producción de seta comestible ( <b>Pleurotus ostreatus</b> ) en el sustrato formulado.	El sustrato utilizado influye en el rendimiento de la producción de seta comestible ( <i>pleurotus ostreatus</i> ).  El número de carpóforos de seta comestible ( <b>pleurotus ostreatus</b> ) es influenciado por el sustrato formulado en base a residuos agrícolas y agroindustriales.  El sustrato formulado en base a residuos agrícolas y agroindustriales influye en la eficiencia biológica de seta comestible ( <b>pleurotus ostreatus</b> ).	Rendimiento de la producción de seta ( <b>Pleurotus ostreatus</b> )	formulado.  Consiste en la producción de cuerpos fructíferos de (setas), es decir, la bioconversión de la energía y biodegradación del sustrato.  La biodegradación (BD) mide el porcentaje de pérdida de peso del sustrato	Porcentaje de peso total de setas ( <b>pleurotus ostreatus</b> )	%	Experimental	Por formula	Por formula y registro de datos
	Determinar el número de carpóforos (sombreros) de la seta comestible ( <b>Pleurotus ostreatus</b> ) por racimo, en la cosecha.		Numero de seta ( <b>Pleurotus ostreatus</b> )		Número total de setas ( <b>pleurotus ostreatus</b> ) producidos	Unidad	Experimental	Por Conteo	Conteo y registro de datos
	Determinar la eficiencia biológica de seta comestible ( <b>Pleurotus ostreatus</b> ) en la cosecha.		Porcentaje de eficiencia biológica seta ( <b>Pleurotus ostreatus</b> )		Porcentaje de bioconversión de la energía y biodegradación del sustrato.	%	Experimental	Por formula	Por formula y registro de datos
	Determinar la biodegradación del sustrato de hongos ( <b>pleurotus ostreatus</b> ) después, de la cosecha.	El sustrato formulado en base a residuos agrícolas y agroindustriales influye en la biodegradación de hongos ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).	Biodegradación de hongos ( <b>Pleurotus ostreatus</b> ).		porcentaje de pérdida de peso del sustrato	%	Experimental	Por formula	Por formula y registro de datos

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (2017). *Ejecución y perspectivas de la información agrícola de Sub Región Agraria de Andahuaylas*.
- Ancco M. (2012). *Evaluación del crecimiento y producción del hongos ostra (pleurotus ostreatus) en tres diferentes residuos agroindustriales de la provincia de Abancay*. Abancay.
- Ortega G. (2005). *Biotransformación de Residuos Lignocelulosicos con Hongos Pleurotus*. . Habana-Cuba.
- Romero O. (2013). *EVALUACIÓN DE BAGAZO DE CAFÉ (Coffea arabica) COMO SUSTRATO EN LA PRODUCCIÓN DE (Pleurotus ostreatus)*. Puebla-México.
- Huaman M. (2015). *Caracterización sensorial de salsa a base de Pleurotus ostreatus, cultivados en mazorcas de cacao (Theobroma cacao L.)*.
- Rodríguez R. (2014). *Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)*. Tacaná-Guatemala.
- (2012). *Revista Colombiana de Biotecnología, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá*.
- Ardon, C. E. (2007). *La producción de los hongos comestibles, UNIVESIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE HUMANIDADES. GUATEMALA*.
- Atlas, R. B. (2002). *Ecología microbiana y microbiología ambiental. Cuarta Edición. Madrid España: Adisson Wesley*.

- Cárdenas, S. (2013). *Evaluación de la productividad del hongo comestible pleurotus ostreatus sobre un residuo agroindustrial del departamento del valle del cauca y residuos de poda de la universidad autónoma de occidente*. Santiago de cali.
- Campbell, N. A. (2007). *Biología*. Mexico: EDITORIAL MEDICA panamericana.
- Cardona, L. (2001). *Anotaciones acerca de la bromatología y el cultivo de hongo comestible Pleurotus ostreatus (en línea)*. Medellín, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, *Crónica forestal y de medio ambiente*.
- Cocero, M. (2006). *Procesos Industriales con Fluidos Supercríticos*. Ingeniería Química.
- Curtis, H. (2008). *Biología*. Madrid: EDITORIAL MEDICA panamerican.
- Donado, T. (2014). *Evaluación de tres sustratos para la producción de hongo ostra (pleurotus ostreatus); moyuta, Jutiapa*. UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR.
- Donoso, C. (2003). *Estudio de las cualidades nutritivas de cuatro tipos de sustratos para el cultivo de chanpiñones(Agaricus bisporus) informe de tesis*. . Ibarra- Ecuador.
- Federico, M. (2007). *Efecto de la suplementación de la caña de maíz (Zea mays L.) con nitrato de amonio, nitrato de potasio y urea en el cultivo del hongo Pleurotus ostreatus (Cepa ECS152)*. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. .
- Fernández, F. (2004). *Guia Práctica de producción de setas (Pleurotus Ostreatus)*. Guadalajara, Jalisco. México.
- Flores, 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 ostreatus (Cepa ECS152)*. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC.

- Gaitán, R. S. (2006). *Manual práctico del cultivo de setas. Aislamiento, siembra y producción. Instituto de Ecología, A.C. Veracruz México.*
- García, J. (2014). *Optimización de la metodología para la producción de hongos comestibles. Universidad de Pais Vasco.*
- Kim, S. (2004). *Global potential bioethanol production from wasted crops and crop residues. Biomass and Bioenergy.*
- Kim, S. (2005). *Life cycle assessment of various cropping systems utilized for producing biofuels: Bioethanol and biodiesel. Biomass and Bioenergy.*
- Lazo, L. G. (2001). *Determinación de la eficiencia del rastrojo de tomate (*Lycopersicon sculentum* Miller) y la corona del fruto de piña (*Ananas comosus* L.) Merrill) y sus mezclas en el cultivo de la Cepa ESC 0110 de *Pleurotus* (*Pleurotus ostreatus*). Tesis Ing. Agr. Guatemala, U.*
- López, E. (2002). *Hongos comestibles. Orellanas: deliciosa medicina. Vision chamánica. Bogotá - Colombia.*
- LOPEZ, M. C. (2015). *Efecto del aserrín de bolaina (*Guazuma crinita*) y cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la producción de (*Pleurotus ostreatus*). YARINACOCHA - PERÚ.*
- Mandiá, D. (2016). *La empresa vaguesa Resetea crear un sistema para producir hongos a domicilio con los residuos de los bares.*
- Mason, D. R. (1998). *Estadística para administración y economía. México.:* ALFAOMEGAGRUPO EDITOR S. A.
- Monterroso, F. G. (2007). *Efecto de la suplementación de la caña de maíz (*Zea mays* L.) con nitrato de amonio, nitrato de potasio y urea en el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* (Cepa ECS152). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC.*

- Mckendry, P. (2002). *Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. Bioresource Technology.*
- Oei, P. (2003). *El cultivo del hongo. Revista tecnológica. Tercera edición.* Holanda: Publisher Backhuys.
- Pulido, H. G. (2012). *ANÁLISIS DE DISEÑO DE EXPERIMENTS.* México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V.
- Ralph, J. (2004). *Lignins: natural polymers from oxidative coupling of 4-hydroxyphenylpropanoids. Phytochemistry Reviews.*
- Ramos, E. (2003). *Influencia de la luz en la calidad proteica de pleurotus ostreatus. Florida centro de estudios de biotecnología industrial.*
- Rodriguez, G. (2007). *Cultivo de hongos comestibles. Fruticultura & Diversificación. .*
- Rojas, D. (2004). *Evaluación de paja de trigo, Triticum sativum; broza de encino, Quercus sp. y rastrojo de maíz, Zea mays; para el cultivo del hongo comestible Pleurotus ostreatus bajo condiciones artesanales en San Rafael La Independencia, Huehuetenango. Tesis Ing. Agr. . Guatemala USAC.*
- Romero, J. (2013). *Evaluation of bagasse of coffee (Coffea arabica) as substrate in the production of Pleurotus ostreatus.*
- Romero, J. R. (2000). *Pleurotus ostreatus. Importacia y tecnología de cultivo. Universidad de Cienfuegos. Carlos Rafael Rodrigez.*
- Royse, D. J. (2001). *Cultivation of Shiitake on Natural and Synthetic Logs (en línea). 10p.College of Agricultural Sciences Agricultural Research and Cooperative Extension. The Pennsylvania State University, USA. .*

- Sánchez, c. (2013). *Evaluación de la productividad del hongo comestible pleurotus ostreatus sobre un residuo agroindustrial del departamento del valle del cauca y residuos de poda de la universidad autónoma de occidente*. Santiago de Cali.
- Sánchez, J. (1994). . *Producción de hongos comestibles*. . Mexico: Centro de Investigaciones Ecologicas del Sur.
- Sanchez, J. E. (2001). *La biología y el cultivo de Pleurotus spp*. Mexico: Limusa.
- Santos, A. (2008). *Evaluación de cinco sustratos orgánicos sobre el nivel de producción del hongo comestible (Pleurotus ostreatus; agaricales pleurotaceae), en la Finca Concepción, departamento de Escuintla. Tesis de grado. Universidad Rafael Landívar de Guatemala*.
- Saval, s. (2012). *Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro*. *Revista de la sociedad Mexicana Biotecnología y Bioingeniería A.C.*
- Simoni, L. (2008). *cultivo de hongo comestible Pleurotus ostreatus* . Cusco.
- Sosa, L. (2012). *Evaluación de cuatro sustratos para la producción artesanal del hongo ostra (pleurotus ostreatus), bajo condiciones controladas, en el Municipio de la Unión, Zacapa*. .
- Stamets, P. (2003). *Mycomedicinal: an information booklet on medicinal mushroom*. *Olimpia*.
- Velasco, J. B. (2004). *Cultivo de hongos setas(pleurotus ostreatus)*.
- Villee, C. A. (2002). *Biología*. México: McGRAW-HILL INTERAMERICANA, EDITORES S.A. de C.V.

# ANEXOS

## ANEXO 01. RESIDUOS PARA LOS DOS SUSTRATOS

Paja de trigo



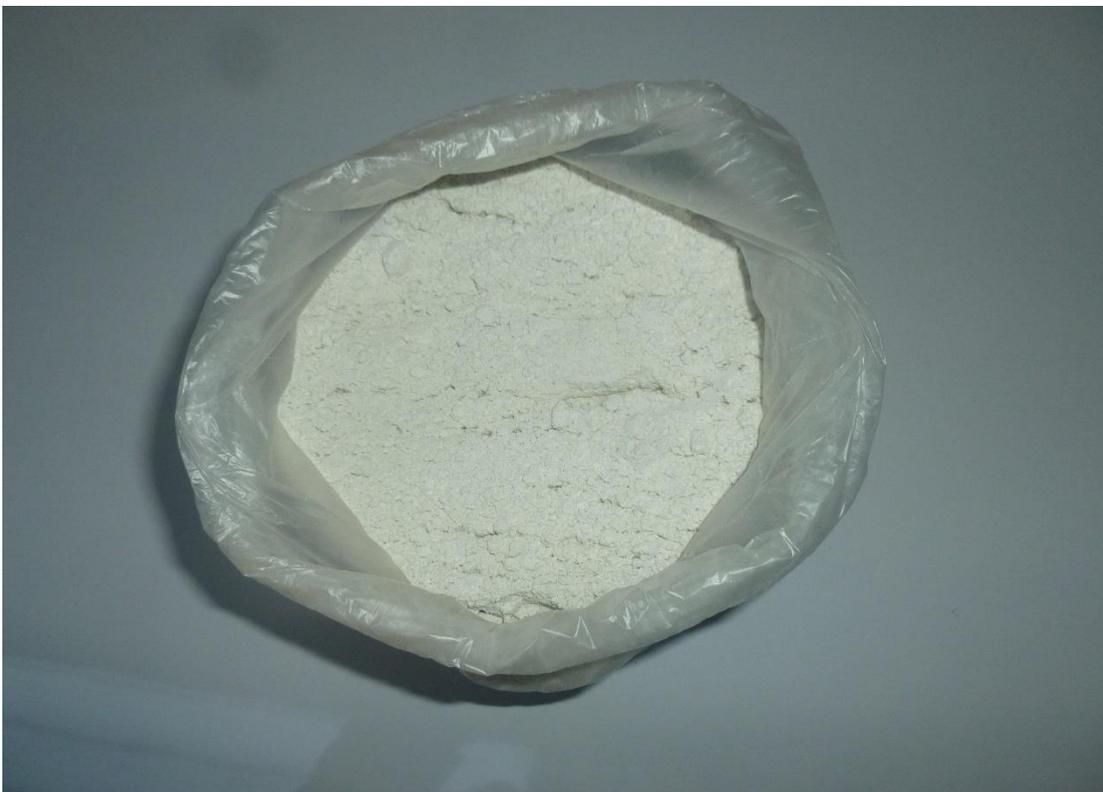
Poso de café



Afrecho de trigo



Cal



## ANEXO 2. SEMILLA Y SIEMBRA

Semilla de setas



Siembra



### ANEXO 3. INCUBACIÓN Y MATERIALES DE HUMIFICACIÓN

#### Incubación



Materiales para la humidificación



#### ANEXO 4. PRIMORDIOS DE SUSTRATO T1 Y T2

Aparición de primordios en el sustrato T1



Aparición de primordios de sustrato T2



## ANEXO 5. SETAS DE SUSTRATO T1 y T2

Carpóforos de sustrato T1



Carpóforos de sustrato T2



## ANEXO 6. COSECHA DE SETAS DE LOS DOS SUSTRATOS

Cosecha de setas de sustrato T1



Cosecha de setas de sustrato T2



## ANEXO 7. PESADO DE SETAS DE SUSTRATO T1 Y T2

Peso de un racimo de setas de sustrato T1



Peso de setas de sustrato 02



## ANEXO 8. BLOQUES DE SUSTRATO SECO DESPUES DE LA COSECHA

Bloques de sustrato T1, secado después de la cosecha



Bloques de sustrato T2, secado después de la cosecha



## ANEXO 9. TABLAS DE DATOS OBTENIDOS PARA LOS CUATRO OBJETIVOS

### Peso obtenido de setas frescas y sustratos húmedos para el rendimiento

Número de tratamientos	Número de repeticiones	Peso de setas frescas (g)	Peso húmedo de sustrato (g)
<b>T1</b>	R1	873	2587
	R2	586	2425
	R3	673	2350
	R4	799	2375
<b>T2</b>	R1	825	2566
	R2	858	2190
	R3	817	2320
	R4	826	2435

### Setas en las tres oleadas (cosechas) para número total de setas

Número de tratamientos	Número de repeticiones	Setas de 1ra cosecha	Setas de 2da cosecha	Setas de 3ra cosecha	Número total de setas
<b>T1</b>	R1	72	20	6	98
	R2	50	5	6	61
	R3	119	10		129
	R4	109	8	7	124
<b>T2</b>	R1	98	16	8	122
	R2	70	13	9	92
	R3	96	18		114
	R4	82	12		94

**Peso de setas frescas y peso final de sustrato seco (Pfss) para eficiencia biológica**

Número de tratamientos	Número de repeticiones	Peso de Setas (g)	PFSS (g)
<b>T1</b>	R1	873	640
	R2	586	688
	R3	673	651
	R4	799	642
T2	R1	825	635
	R2	858	639
	R3	817	634
	R4	826	637

**Datos obtenidos, como peso inicial de sustrato seco (PISS) y peso final de sustrato seco (PFSS)**

Número de tratamientos	Repeticiones	PISSg	PFSSg
<b>T1</b>	R1	1000	640
	R2	1000	688
	R3	1000	651
	R4	1000	642
<b>T2</b>	R1	1000	635
	R2	1000	639
	R3	1000	634
	R4	1000	637

## ANEXO 10. CALCULO DE AMBAS PRUEBAS DE T DE STUDENT

### Calculo del rendimiento en ambas pruebas de t de student

% de RedemientiT1	% de Rendimiento T2
33.75	32.15
24.16	39.18
28.64	35.22
33.64	33.92

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales

	<i>Sustrato T1</i>	<i>Sustrato T2</i>
Media	30.048	35.118
Varianza	21.086	8.918
Observaciones	4	4
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	-1.851	
P(T<=t) una cola	0.062	
Valor crítico de t (una cola)	2.015	
P(T<=t) dos colas	0.123	
Valor crítico de t (dos colas)	2.571	

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>Sustrato T1</i>	<i>Sustrato T2</i>
Media	30.048	35.118
Varianza	21.086	8.918
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	15.002	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	-1.851	
P(T<=t) una cola	0.057	
Valor crítico de t (una cola)	1.943	
P(T<=t) dos colas	0.114	
Valor crítico de t (dos colas)	2.447	

### Calculo de numero de setas en ambas pruebas de t de student

Número de setas de T1	Número de setas de T2
98	122
61	92
129	114
124	94

	<i>Sustrato T1</i>	<i>Sustrato T2</i>
Media	103	105.5
Varianza	968.666	219.666
Observaciones	4	4
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-0.145	
P(T<=t) una cola	0.446	
Valor crítico de t (una cola)	2.132	
P(T<=t) dos colas	0.892	
Valor crítico de t (dos colas)	2.776	

	<i>Sustrato T1</i>	<i>Sustrato T2</i>
Media	103	105.5
Varianza	968.667	219.667
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	594.167	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	-0.145	
P(T<=t) una cola	0.445	
Valor crítico de t (una cola)	1.943	
P(T<=t) dos colas	0.889	
Valor crítico de t (dos colas)	2.447	

### Calculo de eficiencia biológica en ambas pruebas de t de student

% de Eficiencia biológica T1	% de Eficiencia biológica T2
136.41	129.92
85.17	134.27
103.38	128.86
124.45	129.67

#### Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales

	<i>Sustrato T1</i>	<i>Sustrato T2</i>
Media	112.353	130.68
Varianza	514.836	5.933
Observaciones	4	4
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	-1.606	
P(T<=t) una cola	0.103	
Valor crítico de t (una cola)	2.353	
P(T<=t) dos colas	0.207	
Valor crítico de t (dos colas)	3.182	

#### Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>Sustrato T1</i>	<i>Sustrato T2</i>
Media	112.353	130.68
Varianza	514.836	5.933
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	260.384	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	-1.606	
P(T<=t) una cola	0.080	
Valor crítico de t (una cola)	1.943	
P(T<=t) dos colas	0.159	
Valor crítico de t (dos colas)	2.447	

### Calculo de biodegradación en ambas pruebas de t de student

% de Biodegradación de T1	% de Biodegradación de T2
36.00	36.50
31.20	36.10
34.90	36.60
35.80	36.30

#### Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales

	<i>Sustrato T1</i>	<i>Sustrato T2</i>
Media	34.475	36.375
Varianza	4.996	0.049
Observaciones	4	4
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	-1.692	
P(T<=t) una cola	0.095	
Valor crítico de t (una cola)	2.353	
P(T<=t) dos colas	0.189	
Valor crítico de t (dos colas)	3.182	

#### Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>Sustrato T1</i>	<i>Sustrato T2</i>
Media	34.475	36.375
Varianza	4.996	0.049
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	2.523	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	-1.692	
P(T<=t) una cola	0.071	
Valor crítico de t (una cola)	1.943	
P(T<=t) dos colas	0.142	
Valor crítico de t (dos colas)	2.447	