



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

1

**Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales en la zona de Ibarra, provincia de Imbabura – Ecuador**

Alvarez Chavez, Richard Andrés

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería en Biotecnología

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Biotecnología

Ing. Vargas Verdesoto, Rafael Eduardo

20 de agosto de 2021

## Document Information

<b>Analyzed document</b>	Trabajo-de-Titulación_Richard Alvarez corregido 20.08.2021 URKUND.docx (D111523499)
<b>Submitted</b>	8/20/2021 11:35:00 PM
<b>Submitted by</b>	
<b>Submitter email</b>	revargas@espe.edu.ec
<b>Similarity</b>	8%
<b>Analysis address</b>	revargas.espe@analysis.urkund.com

## Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>Proyecto+Final+Estadistica.pdf</b> Document Proyecto+Final+Estadistica.pdf (D110772559)		1
<b>W</b>	URL: <a href="http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/24837/1/T-ESPE-044537.pdf">http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/24837/1/T-ESPE-044537.pdf</a> Fetched: 6/30/2021 11:43:14 PM		2
<b>W</b>	URL: <a href="http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/01/01_2498.pdf">http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/01/01_2498.pdf</a> Fetched: 8/20/2021 11:36:00 PM		2
<b>W</b>	URL: <a href="http://www.scielo.org.co/pdf/unsc/v13n2/v13n2a04.pdf">http://www.scielo.org.co/pdf/unsc/v13n2/v13n2a04.pdf</a> Fetched: 8/20/2021 11:36:00 PM		2
<b>W</b>	URL: <a href="http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2014/06/17/Donado-Tania.pdf">http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2014/06/17/Donado-Tania.pdf</a> Fetched: 8/20/2021 11:36:00 PM		4
<b>SA</b>	<b>Wisum P., U. y Miranda R., E._Externo.doc</b> Document Wisum P., U. y Miranda R., E._Externo.doc (D53447231)		1
<b>W</b>	URL: <a href="https://nanopdf.com/download/la-produccion-de-los-hongos-comestibles_pdf">https://nanopdf.com/download/la-produccion-de-los-hongos-comestibles_pdf</a> Fetched: 12/7/2020 10:59:27 PM		2
<b>W</b>	URL: <a href="http://repositorio.unia.edu.pe/bitstream/unia/73/1/TESIS7.PDF">http://repositorio.unia.edu.pe/bitstream/unia/73/1/TESIS7.PDF</a> Fetched: 12/3/2020 11:37:04 PM		1
<b>W</b>	URL: <a href="http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/15621">http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/15621</a> Fetched: 8/20/2021 11:36:00 PM		1
<b>SA</b>	<b>INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN Pleurotus ostreatus.COTR-2019.docx</b> Document INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN Pleurotus ostreatus.COTR-2019.docx (D61844916)		1
<b>W</b>	URL: <a href="http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2017/06/17/Peralta-Carmen.pdf">http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2017/06/17/Peralta-Carmen.pdf</a> Fetched: 6/28/2021 11:31:48 AM		1
<b>W</b>	URL: <a href="http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2812.pdf">http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2812.pdf</a> Fetched: 8/20/2021 11:36:00 PM		5

TESIS MIREYA CUEVA.docx

**SA** Document TESIS MIREYA CUEVA.docx (D37155317)

 1

**W** URL: <https://1library.co/document/q05n19gy-evaluacion-sustratos-produccion-pleurotus-ostreatus-produccion-tambillo-pichincha.html>  
Fetched: 8/8/2021 2:47:04 AM

 3

**W** URL: <http://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/1189/1/076.pdf>  
Fetched: 8/20/2021 11:36:00 PM

 1

**W** URL: <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/17605/1/7708303.pdf>  
Fetched: 4/1/2020 3:20:26 AM

 1



Ing. Rafael Eduardo Vargas Verdesoto  
Director



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

4

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería en Biotecnología

### Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, denominado "**Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales en la zona de Ibarra, provincia de Imbabura – Ecuador**" fue realizado por el señor **Alvarez Chavez, Richard Andrés** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que continúe el proceso y sustente públicamente.

Sangolquí, 20 de agosto de 2021

Ing. Vargas Verdesoto, Rafael Eduardo

C. C.:1708200538



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

5

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería en Biotecnología

### Responsabilidad de autoría

Yo, **Alvarez Chavez, Richard Andrés**, con C.C. 1003913900, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **"Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales en la zona de Ibarra, provincia de Imbabura – Ecuador"** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 20 de agosto de 2021

Alvarez Chavez, Richard Andrés

C.C.: 1003913900



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

6

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería en Biotecnología

### Autorización de publicación

Yo, **Alvarez Chavez, Richard Andrés**, con C.C. 1003913900, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **"Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales en la zona de Ibarra, provincia de Imbabura – Ecuador"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 20 de agosto de 2021

Alvarez Chavez, Richard Andrés

C.C.: 1003913900

## **Dedicatoria**

A Dios, por ser el inspirador y dador de fuerza hasta el final de este trayecto, a mis padres Jorge y Aura, por su amor, trabajo y sacrificio todos estos años que me permitieron llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido un orgullo y un privilegio ser su hijo. A mi hermana Massiel por estar siempre presente y acompañándome en esta etapa de mi vida. A mi compañera de viaje Sarita Granja por el apoyo incondicional y amor durante toda esta aventura llamada universidad. Los amo con todo mi corazón.

Richard Andrés Alvarez Chavez

## Agradecimientos

A Dios por ser quien ha forjado mi camino y me ha guiado por el sendero correcto, por ser el motor de mi vida y no haber dejado que me rinda e iluminarme para seguir adelante, porque todo lo que tengo, lo que puedo y lo que recibo es regalo que él me ha dado.

A mis padres por su apoyo incondicional, por ser mi inspiración para crecer como persona y profesional. Gracias por su amor, confianza, trabajo y sobre todo sacrificio durante todos estos años permitiendo cumplir una meta más en mi vida.

De igual manera a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y a mis profesores, quienes impartieron su conocimiento durante todo este trayecto universitario que se verán reflejados en mi vida profesional.

A la Dra. Mónica Jadán por el aporte a mi capacitación con su ayuda incondicional y confianza al abrirme las puertas de su laboratorio y todo el apoyo brindado para la realización de las pasantías en Costa Rica.

A mi director de tesis, Ing. Rafael Vargas, por haberme dado la oportunidad y confianza de trabajar esta investigación. Gracias por su dirección y enseñanzas tanto en lo académico como en lo personal.

A mis amigos, Pedro, Giuliette, Israel, Sophia, Tatiana, Angy y Dani por su amistad incondicional y apoyo durante todos estos años, llevare dentro de mi corazón todas las experiencias vividas dentro y fuera de las aulas con todos ustedes.

¡Gracias a todos!

## Índice de Contenido

Certificación.....	4
Responsabilidad de Autoría.....	5
Autorización.....	6
Dedicatoria .....	7
Agradecimientos.....	8
Índice de Contenido.....	9
Índice de Tablas .....	13
Índice de Figuras.....	14
Listado de Abreviaturas.....	15
Resumen.....	17
Abstract.....	18
Capítulo 1: Introducción.....	19
Formulación del Problema .....	19
Justificación del Problema .....	20
Objetivos .....	21
Objetivo General.....	21
Objetivos Específicos.....	21
Marco Teórico.....	22
Características Generales .....	22
Morfología y Clasificación taxonómica .....	24

	10
Ciclo de vida del hongo.....	26
Cultivo de pleurotus ostreatus.....	27
Indicadores de producción.....	29
Criterios de selección de sustrato .....	30
Hipótesis.....	31
Capítulo 2: Materiales y Métodos .....	32
Participantes.....	32
Zona de Estudio .....	32
Duración de la Investigación.....	32
Adecuación del área de cultivo .....	32
Obtención y manejo del cultivo madre .....	33
Preparación de sustratos.....	33
Sustrato de paja de trigo.....	33
Sustrato de aserrín .....	33
Sustrato de césped.....	34
Sustrato de vaina de fréjol .....	34
Acondicionamiento de los sustratos.....	34
Inoculación de los sustratos.....	35
Incubación de inóculos .....	35
Fructificación de inóculos .....	35
Cosecha de inóculos .....	36

	11
Registro de datos experimentales.....	36
Análisis de datos experimentales.....	36
Capítulo 3: Resultados .....	37
Cuantificación de la eficiencia biológica del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> en cada uno de los sustratos evaluados. ....	37
Valoración del efecto de la mezcla de los sustratos sobre la eficiencia biológica y periodo productivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	39
Valoración del efecto de la mezcla de sustratos sobre la eficiencia biológica .....	39
Valoración del efecto de la mezcla de sustratos sobre el periodo productivo .....	43
Comparación de la tasa de producción carpóforos del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> sobre los tratamientos evaluados. ....	46
Capítulo 4: Discusión.....	49
Eficiencia biológica del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> en cada uno de los sustratos evaluados.....	49
Efecto de la mezcla de los sustratos sobre la eficiencia biológica de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	50
Efecto de la mezcla de los sustratos sobre el periodo productivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	51
Tasa de producción carpóforos del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> sobre los tratamientos evaluados.....	51
Capítulo 5: Conclusiones.....	53
Capítulo 6: Recomendaciones.....	54

	12
Capítulo 7: Bibliografía .....	55
Capítulo 8: Anexos .....	61

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Clasificación taxonómica del hongo	25
<b>Tabla 2.</b> Rendimiento de producción de cada repetición y tratamiento	37
<b>Tabla 3.</b> Eficiencia biológica de cada repetición y tratamiento	38
<b>Tabla 4.</b> Prueba de Levene para observar la homogeneidad de varianza de la variable Eficiencia biológica	41
<b>Tabla 5.</b> Prueba de Anova de la variable Eficiencia biológica	41
<b>Tabla 6.</b> Prueba post-hoc de Tukey de la variable Eficiencia biológica	42
<b>Tabla 7.</b> Prueba de Dunnett de la variable Eficiencia biológica	42
<b>Tabla 8.</b> Periodo productivo de cada tratamiento y repetición	43
<b>Tabla 9.</b> Prueba de Levene de la variable Periodo productivo	44
<b>Tabla 10.</b> Prueba de Kruskal-Wallis de la variable Periodo productivo	45
<b>Tabla 11.</b> Tasa de producción de cada tratamiento y repetición	46
<b>Tabla 12.</b> Prueba de Levene de la variable Tasa de producción	47
<b>Tabla 13.</b> Prueba de ANOVA de la variable Tasa de producción	47
<b>Tabla 14.</b> Prueba de Tukey de la variable Tasa de producción	48
<b>Tabla 15.</b> Prueba de Dunnett de la variable Tasa de producción	48



## Listado de Abreviaturas

<b>ANOVA</b>	Análisis de varianza
<b>g</b>	Gramo
<b>L</b>	Litro
<b>°C</b>	Centígrado
<b>%</b>	Porcentaje
<b>(p/v)</b>	Relación peso - volumen
<b>(v/v)</b>	Relación volumen - volumen
<b>EB</b>	Eficiencia biológica
<b>PP</b>	Período productivo
<b>TP</b>	Tasa de producción
<b>pH</b>	Medida de acidez o alcalinidad de una disolución acuosa
<b>C</b>	Tratamiento compuesto por césped.
<b>V</b>	Tratamiento compuesto por vaina de frejol.
<b>T</b>	Tratamiento compuesto por paja de trigo.
<b>A</b>	Tratamiento compuesto por aserrín.
<b>CV</b>	Tratamiento compuesto por césped, vaina de frejol.
<b>CT</b>	Tratamiento compuesto por césped, paja de trigo.
<b>CA</b>	Tratamiento compuesto por césped, aserrín.
<b>VT</b>	Tratamiento compuesto por vaina de frejol, paja de trigo.
<b>VA</b>	Tratamiento compuesto por vaina de frejol, aserrín.
<b>TA</b>	Tratamiento compuesto por paja de trigo, aserrín.
<b>CVT</b>	Tratamiento compuesto por césped, vaina de frejol, paja de trigo.
<b>CVA</b>	Tratamiento compuesto por césped, vaina de frejol, aserrín.

<b>CTA</b>	Tratamiento compuesto por césped, paja de trigo, aserrín.
<b>VTA</b>	Tratamiento compuesto por vaina de frejol, tamo de trigo, aserrín.
<b>CVTA</b>	Tratamiento compuesto por césped, vaina de frejol, paja de trigo, aserrín.

## Resumen

En Ecuador el cultivo de *Pleurotus ostreatus* se mantiene poco desarrollado y la mayoría de residuos agrícolas del país pueden ser aprovechados y dotados de valor agregado mediante la producción del hongo ostra. El objetivo de la investigación fue evaluar el crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales en la zona de Ibarra, provincia de Imbabura – Ecuador. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con 15 tratamientos y 4 repeticiones, para hacer un total de 60 unidades experimentales. Las variables de respuesta o indicadores de producción fueron: eficiencia biológica (%), período productivo (días) y tasa de producción (%). Se concluye que el sustrato compuesto por la mezcla de los 4 residuos (césped, vaina de fréjol, paja de trigo y aserrín) obtuvo los mejores resultados con valores de eficiencia biológica de 111,98%, período de producción de 72 días y tasa de producción de 1,56% que se asemejaron significativamente a los valores del sustrato control compuesto por paja de trigo con valores de eficiencia biológica 124,86%, período productivo de 71 a 72 días y tasa de producción de 1,75% además de contar con una eficiencia biológica mayor al 100% que lo cataloga como óptimo para el cultivo del hongo ostra.

### **PALABRAS CLAVES:**

- **SUSTRATO**
- **EFICIENCIA BIOLÓGICA**
- **PERÍODO PRODUCTIVO**
- **TASA DE PRODUCCIÓN**
- **RESIDUO**

## Abstract

In Ecuador, the cultivation of *Pleurotus ostreatus* remains underdeveloped and most of the agricultural residues of the country can be used and endowed with added value through the production of the oyster mushroom. The objective of the research was to evaluate the growth and production of *Pleurotus ostreatus* on different agro-industrial residues in Ibarra area, Imbabura province - Ecuador. A completely randomized experimental design was used, with 15 treatments and 4 repetitions, to make a total of 60 experimental units. The response variables or production indicators were: biological efficiency (%), productive period (days) and production rate (%). It is concluded that the substrate composed of the mixture of the 4 residues (grass, bean pod, wheat straw and sawdust) obtained the best results with biological efficiency values of 111.98%, production period of 72 days and rate of production of 1.56% that were significantly similar to the values of the control substrate composed of wheat straw with values of biological efficiency 124.86%, productive period of 71 to 72 days and production rate of 1.75% in addition to having a biological efficiency greater than 100% that classifies it as optimal for the cultivation of the oyster mushroom.

### KEYWORDS:

- **SUBSTRATE**
- **BIOLOGICAL EFFICIENCY**
- **PRODUCTIVE PERIOD**
- **PRODUCTION RATE**
- **WASTE**

## Capítulo 1: Introducción

### Formulación del Problema

Los hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* son alimentos altamente nutricionales, fáciles de cultivar sobre residuos agroindustriales en un amplio rango de temperaturas permitiéndoles contar con bajos costos de producción y gran rentabilidad (Ardón López, 2007). El Ecuador es un país rico en biodiversidad debido a los diferentes pisos climáticos con los que cuenta, aportando características óptimas para las actividades agropecuarias y agrícolas donde se cuenta con grandes cantidades de desechos producto de estas actividades que pueden ser aprovechados como sustrato para el cultivo de estos alimentos y de esta manera concederles un valor agregado (Ortiz Rodríguez *et al.*, 2018).

Actualmente en Ecuador no existe ningún tipo de manejo adecuado para la disposición de los residuos generados por actividades agrícolas por lo que frecuentemente son realizadas de forma inapropiada, esto indica la existencia de un gran potencial contaminante y, al mismo tiempo, la posibilidad de su aprovechamiento con mejores fines (Insuasti Pineda *et al.*, 2014) (Ortiz Rodríguez *et al.*, 2018). La mayoría de los residuos agrícolas del país pueden ser considerados lignocelulósicos y aptos para su uso como sustrato en el cultivo de hongos comestibles obteniéndose una gran eficiencia biológica y tiempos de producción más cortos, sin embargo dependiendo de cada cepa, no siempre se consigue un aprovechamiento eficiente, contando con la disponibilidad de diversos residuos agroindustriales, es necesario probar la aceptación

de la cepa al sustrato disponible (Ortiz Rodríguez *et al.*, 2018) (Pineda-insuasti & Ramos-sánchez, 2016).

Ecuador cuenta con pocos estudios y desarrollo a gran escala del cultivo de hongos comestible a pesar de contar con cepas nativas además del conocimiento ancestral de cría y consumo como en toda la región de Latinoamérica (Boa, 2005) (Ortiz Rodríguez *et al.*, 2018).

### **Justificación del Problema**

El sector agrícola en el Ecuador es de vital importancia debido a su representatividad en la seguridad alimentaria y por su valor económico con un producto interno bruto de un 8% del total, además de representar el 27% del trabajo formal en el país. A nivel mundial los residuos producto de estas actividades son utilizadas de diferentes maneras según el país y la región, pero en los países en vías de desarrollo, se estima que un 80% de los residuos agrícolas son quemados, un 15% como alimento para animales, el 4,5% se reincorpora en el suelo sin descomposición previa y el 0,5% restante se lo utiliza como materia prima (ESPAC, 2019) (Ruilova Cueva & Hernández Monzón, 2014) (Ortiz Rodríguez *et al.*, 2018).

La mayoría de los residuos agrícolas del país pueden ser aprovechados y dotarles de un valor agregado a través de su uso como sustrato en el cultivo de hongos comestibles, considerados alimentos inocuos al no requerir de productos químicos para su desarrollo. La eficiencia de conversión de residuos a proteína, es muy superior en lo que respecta a unidad de área y tiempo comparados con las fuentes de proteína animal (Ruilova Cueva & Hernández Monzón, 2014).

En Ecuador el cultivo de hongos comestibles como *Pleurotus ostreatus*, se encuentra muy poco desarrollado y manteniéndose a pequeña escala, siendo Latinoamérica una de las regiones que más ha tardado en adherirse en el estudio y desarrollo de estos cultivos a pesar de ser un mercado muy prospero con bajos costos de producción (Boa, 2005) (Ruilova Cueva & Hernández Monzón, 2014).

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Evaluar el crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales en la zona de Ibarra, provincia de Imbabura.

### ***Objetivos Específicos***

- Cuantificar la eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos a evaluar.
- Comparar la duración del ciclo productivo y la tasa de producción de carpóforos del hongo *Pleurotus ostreatus* sobre los tratamientos a evaluar.
- Valorar el efecto de la mezcla de los sustratos sobre la eficiencia biológica y periodo productivo de *Pleurotus ostreatus*.

## Marco Teórico

### ***Características Generales***

Los hongos del género *Pleurotus* (Fig. 1) son conocidos como hongo ostra, y su nombre proviene del griego “pleuro” que significa formado lateralmente o en posición lateral refiriéndose a la forma del crecimiento del hongo y “ostreatus” viene del latín forma de ostra haciendo alusión a la apariencia y al color del cuerpo fructífero. Estos hongos se alimentan de materia orgánica en la que están creciendo, degradando el sustrato con enzimas que liberan al medio húmedo que les rodea, por ello la importancia de suministrar materiales adecuados cuando se los intenta cultivar (Ardón López, 2007)(Ceballos Alecio, 2007).

### **Figura 1.**

*Ilustración de Pleurotus ostreatus (Hongo ostra)*

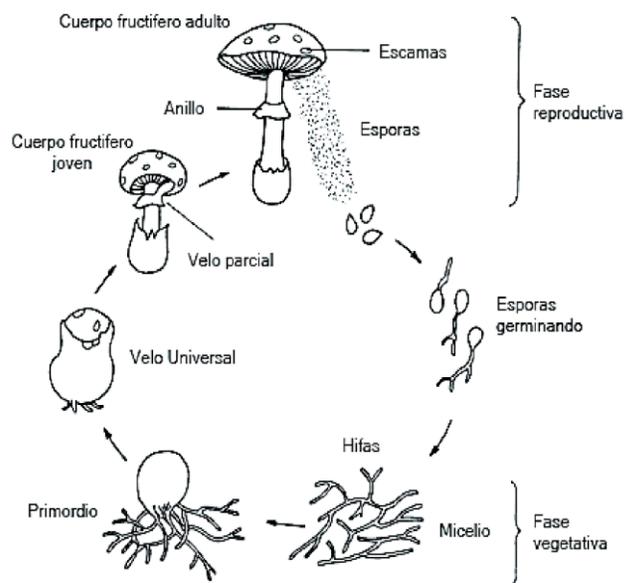


*Nota.* Tomado de Evaluación de Pericarpio de Jacaranda (*Jacaranda mimosaeifolia*) y Pasto Estrella Africada (*Cynodon plectostachyus*), para el cultivo artesanal del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*, Ecosur-0112), por Ardón López, 2004

Se debe diferenciar dos partes esenciales (Fig. 2) de los hongos basidiomicetes, el cuerpo vegetativo y el cuerpo reproductor (Donado Parada, 2014). El primero está formado por filamentos denominados hifas cuyo conjunto se denomina micelio y es el encargado de colonizar y recolectar los nutrientes del medio de cultivo húmedo. El segundo denominado seta o carpóforo es el cuerpo reproductor del hongo, la cual sale al exterior y es la encargada de la reproducción del este a través de las esporas generadas en las células madres localizadas en el himenio o lamela denominadas basidios (Fig. 3), estos se encuentran situados en la parte inferior del sombrero o píleo de la seta, los cuales están sostenidos por el pie o estípite (Martínez Cañedo, 2012).

## Figura 2.

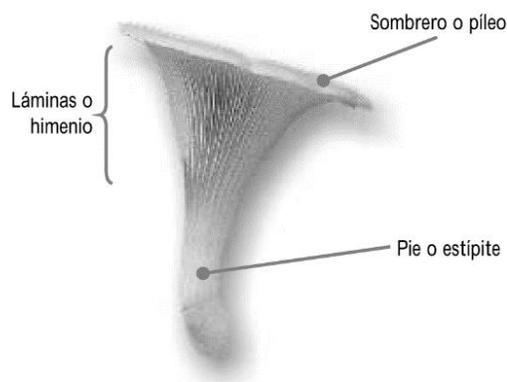
*Ilustración del cuerpo vegetativo y reproductor del hongo*



*Nota.* Tomado de UNA ALTERNATIVA DE DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA PARA LOS VALLES PATAGÓNICOS, por Zubillaga & Alder, 2014.

**Figura 3.**

*Ilustración de un Hongo ostra con sus principales partes*



*Nota.* Tomado de MANUAL PRÁCTICO DEL CULTIVO DE SETAS: Aislamiento, siembra y producción, por Gaitán *et al.*, 2006.

Los hongos ostra pertenecen al grupo de hongos macromycetes y basidiomicetes, por su tamaño y formación de cuerpos fructíferos cuya reproducción sexual no es necesaria de fecundación como en los hongos ascomicetos para la formación de sus esporas, además de contar con una reproducción sexual y asexual siendo esta primera por esporas y la segunda por fragmentación de micelio (Hernandez Corredor & López Rodríguez, 2012).

### ***Morfología y Clasificación taxonómica***

El hongo *Pleurotus ostreatus* se encuentra dentro de un género diverso con al menos 30 especies donde este sobresale por su excelente calidad organoléptica y su facilidad para crecer sobre cualquier tipo de sustratos, ubicándose en la siguiente clasificación taxonómica (Martínez Cañedo, 2012)(Quizhpilema Quindi, 2013).

Morfológicamente (Fig. 3), los hongos a menudo contienen una capa micelial que recubre al estípite que crece de forma lateral y oblicua con un tamaño de 0,3 cm a 1 cm de color blanco y un grosor de 0,5 cm a 1,5 cm con una textura lisa (Quizhpilema Quindi, 2013)(Martínez Miranda, 2014)(Hernández Corredor & López Rodríguez, 2004). El sombrero suele ser de forma convexa con un tamaño que oscila entre los 5 cm a 15 cm de diámetro con una textura aterciopelada y de color grisáceo con un grosor de 0,3 cm a 1 cm, donde se contiene al himenio dispuesto radialmente como un paraguas que al estar maduro se tornan de color amarillo (Quizhpilema Quindi, 2013)(Martínez Miranda, 2014). Las esporas crecen en el himenio con una forma elipsoide con un tamaño promedio de 9,5 x 3,5 micras y de color lila o grisáceos que se mantienen estables en agua destilada (Sánchez Vásquez & Royse, 2001) (Martínez Miranda, 2014).

### Tabla 1.

#### *Clasificación taxonómica del hongo*

<b>Reino:</b>	Fungi
<b>División:</b>	Basidiomycota
<b>Subdivisión:</b>	Basidiomycotina
<b>Clase:</b>	Basidiomycetes
<b>Subclase:</b>	Holobasiodiomycetidae
<b>Orden:</b>	Agaricales
<b>Familia:</b>	Tricholomataceae
<b>Género:</b>	Pleurotus
<b>Especie:</b>	ostreatus

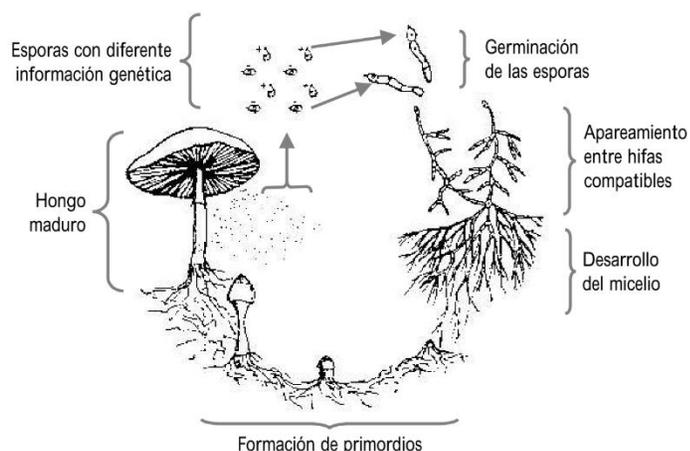
*Nota.* Tomado de PRODUCCIÓN DE HONGO OSTRA (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm) SOBRE RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS EN LA PROVINCIA DE PUNO, por Maccapa Pocco, 2021

### ***Ciclo de vida del hongo***

Este tipo de hongos cuentan con dos tipos de reproducción, el sexual y asexual cada uno con un inicio diferente (Gaitán *et al.*, 2006). El inicio del ciclo sexual comienza con la producción de esporas en la fase reproductiva que una vez germinadas dan lugar a la generación del micelio que son acumulaciones y agrupaciones de hifas, caracterizado por su color blanco que coloniza un sustrato para dar lugar a la formación de primordios de color azul-grisáceos que maduran aumentando su tamaño y color a uno grisáceo o blanco donde se denominaran cuerpo fructífero o carpóforo que suelen disponerse en forma de repisas o crecen de forma individual (Ardón López, 2007)(Rodríguez Estrada & Pecchia, 2017). El ciclo asexual comienza con trozos de micelio o fase vegetativa que son depositados en el sustrato donde lo colonizaran hasta la formación de primordios que maduraran y darán lugar al inicio del ciclo sexual, siendo el ciclo asexual predilecto para la producción a gran escala por el menor tiempo necesario para la obtención de hongos maduros donde se usa micelios madre denominados semillas que son obtenidos a través de la fecundación de esporas (José E. Sánchez y Daniel J. Royse, 2017)(Rodríguez Estrada & Pecchia, 2017)(Gaitán *et al.*, 2006).

**Figura 4.**

*Ilustración del ciclo de vida de un hongo*



*Nota.* Tomado de MANUAL PRÁCTICO DEL CULTIVO DE SETAS: Aislamiento, siembra y producción, por Gaitán *et al.*, 2006.

### ***Cultivo de pleurotus ostreatus***

El cultivo de hongos ostra cuenta con cuatro fases importantes que son: preparación del sustrato, pasteurización, siembra e incubación y fructificación, siendo primordial conocer las condiciones necesarias de cada etapa para obtener una producción rápida y óptima (Martínez Cañedo, 2012).

**Preparación del sustrato.** El tamaño del sustrato influye en la rapidez de colonización del micelio y la hidratación mejora su manejo a través del ablandamiento, siendo necesario contar con trozos no mayores a 10 cm de largo y un remojo de mínimo 12 horas con su posterior escurrido (Lara Ponce, 2016).

**Pasteurización.** Este proceso es fundamental porque disminuye o elimina a los microorganismos que puedan competir o contaminar el sustrato (Rodríguez Estrada & Pecchia, 2017). Para lograrlo se puede someter al sustrato a una desinfección física donde la temperatura elimina los microorganismos mediante la sumersión en agua a una temperatura de 90°C o el contacto del sustrato con vapor de agua durante un mínimo de 45 min, otro método que se puede utilizar es la desinfección química mediante la sumersión del sustrato en una disolución de agua con cal al 5% por 24 horas (Ardón López, 2004)(Aguinaga, 2012). Por último, se procede con el escurrimiento del sustrato hasta que se haya eliminado la mayor cantidad de agua para evitar un exceso de humedad (Romero *et al.*, 2010)(Martínez Miranda, 2014).

**Siembra e incubación.** La técnica manual en bolsas de plástico transparentes es considerada el proceso predilecto por su sencillez, de menor material requerido, económico e higiénico, este último se cumple si se usa una sola vez (Gaitán *et al.*, 2006)(Quizhpilema Quindi, 2013). Es necesario contar con un sitio limpio y desinfectado para proceder con la colocación del sustrato en el interior de las fundas además de agregar la semilla o micelio del hongo por cada capa de sustrato introducido procurando que la mezcla sea uniforme y de que la semilla cubra la mayor área posible. Una vez se cierran las fundas se conducen a su incubación en un cuarto limpio, oscuro y con una temperatura ambiental entre 25 a 28°C (Gaitán *et al.*, 2006)(Donado Parada, 2014). El flujo de aire en las bolsas inoculadas es necesario para el intercambio de gases y favorecer el crecimiento del micelio por lo que haciendo uso de un objeto cortopunzante desinfectado se inicia con pequeñas perforaciones en las bolsas (Fernández Michel, 2004)(Milenkovic, 2017). Durante el crecimiento del micelio como una masa blanquecina sobre todo el sustrato que puede durar entre 3 a 4 semanas, es necesario

la revisión diaria o periódica de los mismos para detectar cualquier contaminante que puedan presentarse como insectos, bacterias u hongos (Rodríguez Estrada & Pecchia, 2017)(Fernández Michel, 2004).

**Fructificación.** La inducción de primordios se inicia una vez el micelio haya colonizado el sustrato por totalidad mediante la reducción de temperatura ambiente entre 12 a 22°C, aumentando la humedad relativa entre 85 a 90%, permitir una mayor ventilación del cuarto e implementar los ciclos de luz de 12 horas a los que se expone el micelio (Milenkovic, 2017)(Martínez Cañedo, 2012). Los primordios pueden tardar entre 5 a 7 días hasta llegar a hongos adultos que están listos para cosechar con una navaja o bisturí desinfectados, cortando el pie lo más cercano al sustrato posible para evitar el crecimiento de mohos u hongos en el trozo de pie sobrante, tomando un tiempo de 7 a 15 días para obtener una siguiente cosecha, en promedio dependiendo de la variedad de hongo inoculado se obtienen entre 2 a 4 cosechas donde se puede desechar los sustratos (Singh Nee Nigam & Pandey, 2009)(Gaitán *et al.*, 2006).

### ***Indicadores de producción***

Los siguientes parámetros cuantitativos se usan para determinar la eficacia del sistema productivo.

**Eficiencia Biológica (EB).** La calidad productiva de un sustrato es percibido aceptable cuando los valores de eficiencia biológica son mayores o iguales a 100. Son valores expresados en porcentaje que indican el grado de bioconversión de energía a partir de la degradación del sustrato donde se relaciona el peso fresco del hongo y el peso seco del sustrato degradado donde las características físico-químicas del sustrato influyen

directamente en los valores obtenidos de EB (Ardón López, 2004)(Maccapa Pocco, 2021). Se calcula por medio de la siguiente ecuación (Rodríguez *et al.*, 2018).

$$EB = \frac{Pfh}{Pss} \times 100 \quad \text{Donde:}$$

EB: Eficiencia biológica en porcentaje

Pfh: Peso fresco del hongo

Pss: Peso seco del sustrato

**Periodo productivo (PP).** Es el tiempo que ha transcurrido desde la inoculación hasta la última cosecha donde su unidad de medida esta expresada por días (Rodríguez *et al.*, 2018).

**Tasa de producción (TP).** Es la relación en porcentaje de la eficiencia biológica y el tiempo requerido para el total de la cosecha, es decir indica la eficiencia biológica diaria y se la calcula mediante la siguiente ecuación (Rodríguez *et al.*, 2018) (Ardón López, 2004).

$$TP = \frac{EB(100\%)}{PP} \quad \text{Donde:}$$

TP: Tasa de producción en porcentaje

EB: Eficiencia biológica en porcentaje

PP: Periodo productivo en días

### ***Crterios de selección de sustrato***

Las actividades agrícolas, agroindustriales y forestales se generan en grandes cantidades de subproductos o desechos por carecer de importancia económica, que en su mayoría son de naturaleza lignocelulósica (Sánchez Vásquez & Royse, 2001). El

hongo *pleurotus ostreatus* es considerado un hongo de pudrición blanca al degradar materia orgánica rica en lignina y celulosa confiriéndole la capacidad de brindar valor agregado a estos subproductos mediante su producción (Martínez Miranda, 2014). De esta manera pajas de cereales, aserrín, tallos, hojas o restos de cultivos como el césped o derivados de algunos frutos como cascaras o vainas de frijol entre otros, pueden ser utilizados como sustratos ya sea de manera individual o en mezclas y ser considerados buenas materias primas para la producción de hongos ostra (Hernandez Corredor & López Rodríguez, 2012).

Es necesario tener en cuenta la disponibilidad en cantidad y continuidad, precio ventajoso de adquisición, localización fácil y cercana además de la factibilidad de transporte y manejo al momento de escoger el sustrato idóneo para el cultivo de *pleurotus ostreatus* (Sánchez Vásquez & Royse, 2001).

### **Hipótesis**

El crecimiento y la producción de *Pleurotus ostreatus* es igual en todos los residuos agroindustriales.

## **Capítulo 2: Materiales y Métodos**

### **Participantes**

La presente investigación ha sido elaborada por Richard Andrés Alvarez Chavez egresado de la Carrera de Ingeniería en Biotecnología, bajo la tutoría del Ing. Rafael Vargas. Docente investigador. El financiamiento de la investigación estuvo a cargo del egresado.

### **Zona de Estudio**

El trabajo de investigación se realizó en la ciudad de Ibarra, en la dirección Av. Jaime Roldós Aguilera y Ramón Alarcón en el cantón Ibarra, provincia de Imbabura, Ecuador.

### **Duración de la Investigación**

El tiempo de duración de esta investigación fue de aproximadamente 5 meses. Se inició en el mes de marzo del 2021 y culminó en julio del 2021.

### **Adecuación del área de cultivo**

Para la fase de incubación y fructificación se implementó un ambiente con características caseras, es decir un cuarto de paredes de bloque y techo de Eternit con una puerta de 2 metros de alto y 1 metro de ancho para la ventilación, para una

completa oscuridad en la fase de incubación de las unidades experimentales, se las recubrió de fundas plásticas negras cada una.

Se usó un termohigrómetro para la medición de la humedad relativa del ambiente dos veces al día, una en la mañana a las 7:00 y otra en la noche a las 19:00. La aspersión manual de agua mediante una bomba de fumigar de 20L, se lo realizó en periodos de 30 minutos a 45 minutos hasta que los valores de humedad relativa se ajustaran a los parámetros bibliográficos consultados previamente.

### **Obtención y manejo del cultivo madre**

La semilla o micelio madre fue adquirido por medio de la empresa Fungi Andino y mantenido a 8°C hasta su inoculación.

### **Preparación de sustratos**

#### ***Sustrato de paja de trigo***

La paja de trigo se cortó en trozos de 5 a 10 cm de largo, luego se colocó en una solución de hidróxido de calcio al 2% en una proporción 1:10 (p/v) y se dejó hidratar por una noche.

#### ***Sustrato de aserrín***

Se colocó en una solución de hidróxido de calcio al 2% para su hidratación por una noche en una proporción 1:10 (p/v).

***Sustrato de césped***

El pasto se cortó en trozos de 5 a 10 cm de largo y se dejó secar al sol por una semana para la oxidación de la clorofila después se lo hidrató en una solución de hidróxido de calcio al 2% por una noche en una proporción 1:10 (p/v).

***Sustrato de vaina de fréjol***

Las vainas se cortaron en trozos de 5 a 10 cm de largo y se dejaron secar al sol por una semana para la oxidación de la clorofila después se lo hidrató en una solución de hidróxido de calcio al 2% por una noche en una proporción 1:10 (p/v).

**Acondicionamiento de los sustratos**

Una vez preparados los sustratos, estos se pasteurizaron, por dos horas en una solución de hidróxido de calcio al 2% a una temperatura de 90°C. Se los enjuagó con agua potable y se drenó el agua usando una zaranda desinfectada además de un reposo de 24 hora hasta eliminar la mayoría del agua.

Ya fríos y escurridos los materiales vegetales, se tomó el peso húmedo resultante en cada sustrato, y se pesó con base al peso húmedo equivalente a 150 gramos de peso seco para cada unidad experimental, de acuerdo con la cantidad del material vegetal requerida por tratamiento.

### **Inoculación de los sustratos**

El procedimiento de inoculación de las unidades experimentales consistió en colocar poco a poco el sustrato dentro de una bolsa plástica de 1.75 litros (17 cm de ancho y 24 cm de alto), mientras que el inóculo se distribuyó sobre el sustrato, capa por capa y se colocó en fundas negras las unidades experimentales para conservar la oscuridad en la fase de incubación.

### **Incubación de inóculos**

Los tratamientos se incubaron hasta que el micelio invadió todo el sustrato de las unidades experimentales. A los 3 días de iniciada la fase de incubación, se hizo pequeñas perforaciones a las bolsas para favorecer la ventilación al interior de ellas. La fase de incubación fue de aproximadamente 33 días donde utilizando un termohigrómetro se controló que la humedad relativa se mantenga en un 70%.

### **Fructificación de inóculos**

Una vez terminada la fase de incubación, se removió completamente las bolsas plásticas negras que las recubrían y se realizó perforaciones verticales de 5 cm en cada unidad experimental, se abrió la puerta y se inició con el riego. El riego se efectuó dos veces al día con una duración promedio de 30 a 45 minutos o hasta que los parámetros de humedad relativa del ambiente se ajustaran a los necesarios. En promedio la exposición a la luz fue de 12 horas, es decir que no se utilizó luz artificial por las noches. Al inicio de esta fase, hasta al final de la tercera cosecha. Se controló que la humedad ambiental se encontrara entre el 80 y 90% para esta etapa.

### **Cosecha de inóculos**

La cosecha se inició aproximadamente a los 5 días de retiradas las bolsas y formados los primordios, mientras que las subsiguientes cosechas se obtuvieron en intervalos de 15 a 20 días. Los carpóforos se cortaron utilizando un estilete esterilizado tratando de no dañar el micelio además de ser pesados.

### **Registro de datos experimentales**

La toma de datos se inició a partir de la inoculación de las unidades experimentales hasta la tercera cosecha. Para registrar los datos experimentales se utilizó un cuadro de doble entrada donde se anotó las fechas de cosecha y peso de cada carpóforo cosechados por unidad experimental. Para obtener el peso de los carpóforos cosechados se empleó una balanza digital.

### **Análisis de datos experimentales**

Para el análisis estadístico se empleó un análisis de varianza de un solo factor (ANOVA) para comparar si los valores obtenidos en cada uno de los sustratos utilizados son significativamente distintos entre ellos. Así, el análisis de varianza se utilizará para asociar una probabilidad (P. valúe) a la conclusión de que la media de un grupo de valores es distinta de la media de otro grupo de valores con un nivel de significancia del 95%. Además, se hizo el uso pruebas post-hoc como lo son Kruskal-Wallis si los datos no son paramétricos y Tukey-Dunnnett si los datos son paramétricos para mirar diferencias significativas por grupos.

## Capítulo 3: Resultados

### Cuantificación de la eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados.

Se presentan los resultados del rendimiento de producción expresados en gramos de *Pleurotus ostreatus* obtenidos por cada tratamiento evaluado (Tabla 2).

**Tabla 2.**

*Rendimiento de producción de cada repetición y tratamiento*

Tratamiento	Repeticiones				Total (g)	Promedio (g)
	1	2	3	4		
<b>C</b>	93,50	96,61	111,25	96,94	398,30	99,57
<b>V</b>	96,90	110,95	111,15	113,43	432,43	108,11
<b>T</b>	189,99	184,64	195,07	179,49	749,18	187,30
<b>A</b>	97,89	103,01	108,84	108,07	417,81	104,45
<b>CV</b>	91,97	90,90	74,59	84,46	341,92	85,48
<b>CT</b>	105,42	137,76	112,29	119,71	475,17	118,79
<b>CA</b>	106,83	117,38	112,55	113,61	450,37	112,59
<b>VT</b>	96,46	88,15	127,63	102,14	414,37	103,59
<b>VA</b>	108,52	112,04	102,68	88,96	412,20	103,05
<b>TA</b>	132,58	112,80	100,29	98,43	444,10	111,02
<b>CVT</b>	111,54	135,95	108,62	104,89	460,99	115,25
<b>CVA</b>	115,06	116,74	132,61	109,07	473,48	118,37
<b>CTA</b>	93,30	113,66	98,62	100,96	406,54	101,63
<b>VTA</b>	147,85	136,46	154,55	143,96	582,82	145,70
<b>CVTA</b>	181,84	170,64	162,24	157,16	671,87	167,97

Con el rendimiento en peso fresco de carpóforos por unidad experimental y los 150 g de peso seco del sustrato, se empezó a calcular la eficiencia biológica para cada tratamiento. La tabla 3 muestra la eficiencia biológica del hongo ostra obtenida en las 4 repeticiones expresados en porcentaje.

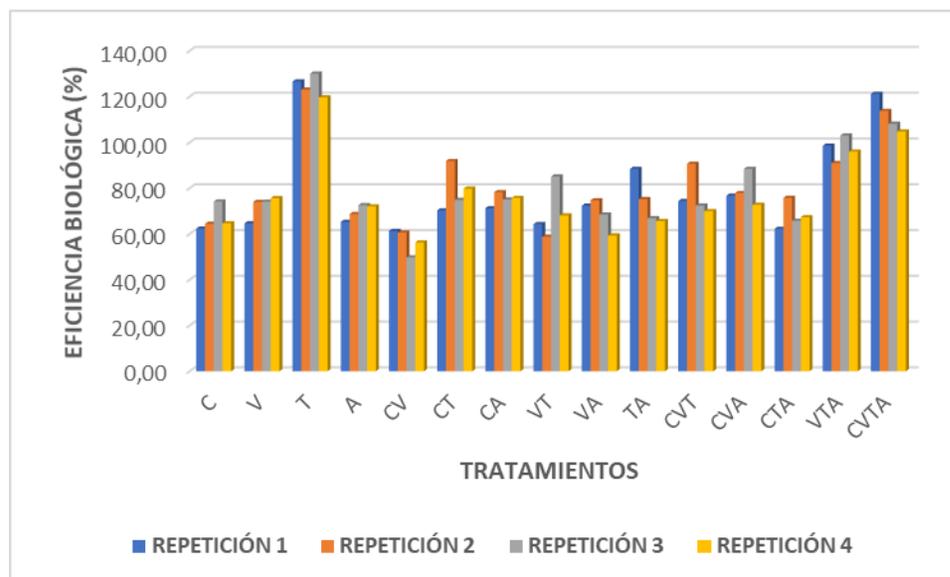
**Tabla 3.***Eficiencia biológica de cada repetición y tratamiento*

Tratamiento	Repeticiones				Total (%)	Promedio (%)
	1	2	3	4		
<b>C</b>	62,33	64,40	74,17	64,63	265,53	66,38
<b>V</b>	64,60	73,97	74,10	75,62	288,28	72,07
<b>T</b>	126,66	123,09	130,05	119,66	499,45	124,86
<b>A</b>	65,26	68,67	72,56	72,05	278,54	69,63
<b>CV</b>	61,31	60,60	49,73	56,30	227,94	56,99
<b>CT</b>	70,28	91,84	74,86	79,80	316,78	79,19
<b>CA</b>	71,22	78,25	75,03	75,74	300,24	75,06
<b>VT</b>	64,30	58,76	85,08	68,09	276,24	69,06
<b>VA</b>	72,35	74,69	68,45	59,31	274,80	68,70
<b>TA</b>	88,39	75,20	66,86	65,62	296,06	74,02
<b>CVT</b>	74,36	90,63	72,41	69,93	307,33	76,83
<b>CVA</b>	76,71	77,83	88,41	72,71	315,65	78,91
<b>CTA</b>	62,20	75,77	65,75	67,31	271,02	67,76
<b>VTA</b>	98,57	90,97	103,03	95,97	388,54	97,14
<b>CVTA</b>	121,23	113,76	108,16	104,77	447,91	111,98

En la figura 5 se muestra el porcentaje de eficiencia biológica obtenida de cada tratamiento por cada repetición, obtenida de las unidades experimentales evaluadas.

**Figura 5.**

*Porcentaje de Eficiencia biológica respecto a cada tratamiento*



Como se observa en la figura 5, el tratamiento control que en este caso fue el Paja de trigo presento los mejores valores de eficiencia biológica con unos valores de 124,86% seguido de la mezcla de los cuatro sustratos (Césped, Vaina de Fréjol, Paja de trigo y Aserrín) con una eficiencia biológica de 111,98%.

**Valoración del efecto de la mezcla de los sustratos sobre la eficiencia biológica y periodo productivo de *Pleurotus ostreatus*.**

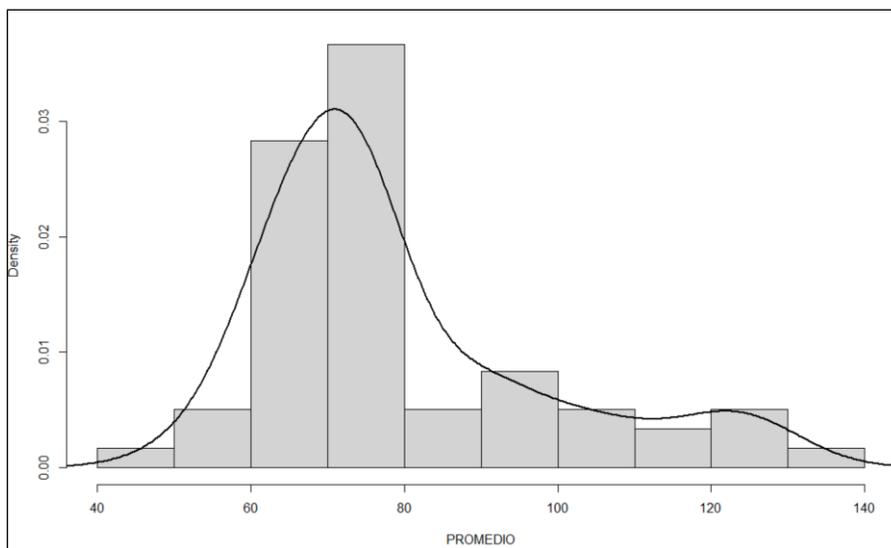
***Valoración del efecto de la mezcla de sustratos sobre la eficiencia biológica***

Se graficó un histograma usando los datos presentes en el cuadro además de graficar los residuos del ANOVA (Anexo 1) para conocer si estos son paramétricos o no paramétricos en la figura 6 y figura 7, observamos que los datos se ajustan a una

distribución normal por ende son datos paramétricos y podemos hacer uso de la prueba ANOVA como también las pruebas post-hoc de Tukey y Dunnett.

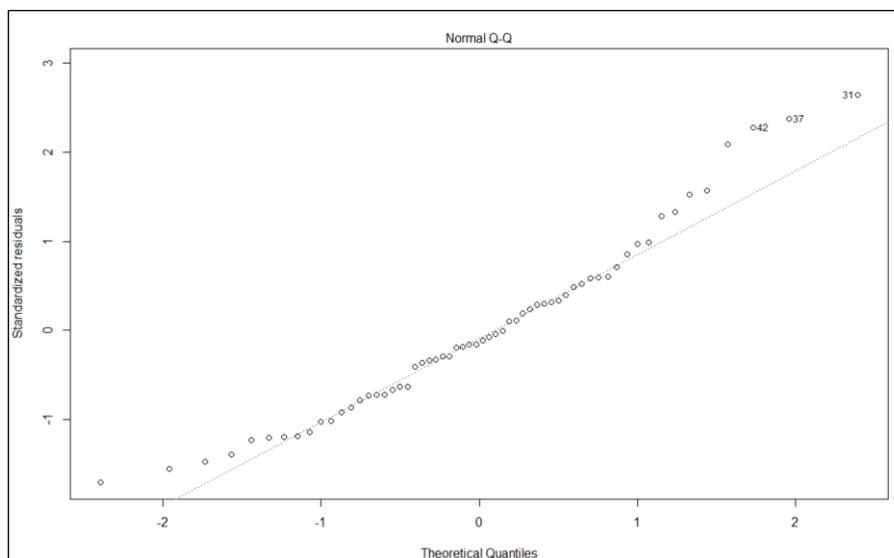
### Figura 6.

*Grafica de la distribución de la variable Eficiencia biológica mediante un histograma*



### Figura 7.

*Grafica de la normalidad de los residuos de la variable Eficiencia biológica*



Para corroborar el supuesto de normalidad obtenido en la figura 7, se empleó el test de Levene (Tabla 4) donde se obtuvo un valor de p (0,8791) mayor al nivel de significancia ( $\alpha=0.05$ ), con lo cual se acepta la hipótesis de normalidad y se afirma que los datos son paramétricos.

**Tabla 4.**

*Prueba de Levene para observar la homogeneidad de varianza de la variable Eficiencia biológica*

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median: ESTADISTICA_TESI S)			
	Df	F value	Pr(>F)
group	14	0.5629	0.8791
	45		

Mediante la prueba paramétrica de ANOVA (Tabla 5) se miró si existía igualdad entre las medias de los tratamientos. Con un valor p ( $<0.001$ ) menor al nivel de significancia ( $\alpha=0.05$ ) se rechazó la hipótesis nula de igualdad entre las medias de los tratamientos y de acuerdo con la comparación de medias de la prueba post-hoc Tukey (Tabla 6) (Anexo 2) se obtuvo que el tratamiento de la mezcla de los cuatro sustratos se asemejaba al tratamiento control de paja de trigo siendo esta mezcla la más sobresaliente entre las demás.

**Tabla 5.**

*Prueba de Anova de la variable Eficiencia biológica*

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
SUSTRATO	14	18700	1336	27.24	<2e-16 ***
Residuals	45	2206	49		
---					
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

**Tabla 6.**

*Prueba post-hoc de Tukey de la variable Eficiencia biológica*

1T	A	C	CA	CT	CTA	CV	CVA	CVT	CVTA	TA	V	VA	VT	VTA
"d"	"ab"	"ab"	"b"	"b"	"ab"	"a"	"b"	"b"	"cd"	"ab"	"ab"	"ab"	"ab"	"c"

Para la comparación de las medias de los grupos con un grupo control, se usó la prueba de Dunnett (Tabla 7) donde se corroboró los resultados obtenidos por la prueba de Tukey con un valor p (0,107) mayor al nivel de significancia ( $\alpha=0.05$ ) rechazándose la hipótesis nula de que son diferentes y aceptándose la hipótesis alternativa de que son iguales.

**Tabla 7.**

*Prueba de Dunnett de la variable Eficiencia biológica*

```

Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses

Multiple Comparisons of Means: Dunnett Contrasts

Fit: aov(formula = PROMEDIO ~ SUSTRATO)

Linear Hypotheses:
          Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
A - 1T == 0    -55.229     4.951  -11.155 <0.001 ***
C - 1T == 0    -58.481     4.951  -11.811 <0.001 ***
CA - 1T == 0   -49.802     4.951  -10.059 <0.001 ***
CT - 1T == 0   -45.669     4.951   -9.224 <0.001 ***
CTA - 1T == 0  -57.108     4.951  -11.534 <0.001 ***
CV - 1T == 0   -67.878     4.951  -13.709 <0.001 ***
CVA - 1T == 0  -45.950     4.951   -9.280 <0.001 ***
CVT - 1T == 0  -48.032     4.951   -9.701 <0.001 ***
CVTA - 1T == 0 -12.885     4.951   -2.602  0.107
TA - 1T == 0   -50.847     4.951  -10.270 <0.001 ***
V - 1T == 0    -52.792     4.951  -10.662 <0.001 ***
VA - 1T == 0   -56.163     4.951  -11.343 <0.001 ***
VT - 1T == 0   -55.802     4.951  -11.270 <0.001 ***
VTA - 1T == 0  -27.727     4.951   -5.600 <0.001 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
(Adjusted p values reported -- single-step method)

```

**Valoración del efecto de la mezcla de sustratos sobre el periodo productivo**

El periodo productivo comprende al tiempo total que tomó cosechar todos los tratamientos y su unidad de medida esta expresado en días como se presenta en la tabla 8.

**Tabla 8.**

*Periodo productivo de cada tratamiento y repetición*

Tratamiento	Tiempo (días)			
	1	2	3	4
<b>C</b>	71	71	71	72
<b>V</b>	72	71	71	71
<b>T</b>	72	71	71	72
<b>A</b>	72	72	72	72
<b>CV</b>	73	73	73	73
<b>CT</b>	74	73	73	74
<b>CA</b>	74	74	74	74
<b>VT</b>	74	73	73	74
<b>VA</b>	74	74	73	74
<b>TA</b>	73	73	73	73
<b>CVT</b>	73	73	72	74
<b>CVA</b>	73	72	72	72
<b>CTA</b>	73	73	73	73
<b>VTA</b>	73	73	74	74
<b>CVTA</b>	72	72	72	72

Se realizó la prueba de Levene (Tabla 9) para mirar si los datos tienen una distribución normal con un valor p (0,03) menor que el valor de significancia ( $\alpha=0.05$ ), se rechazó la hipótesis nula de que los datos siguen una distribución normal.

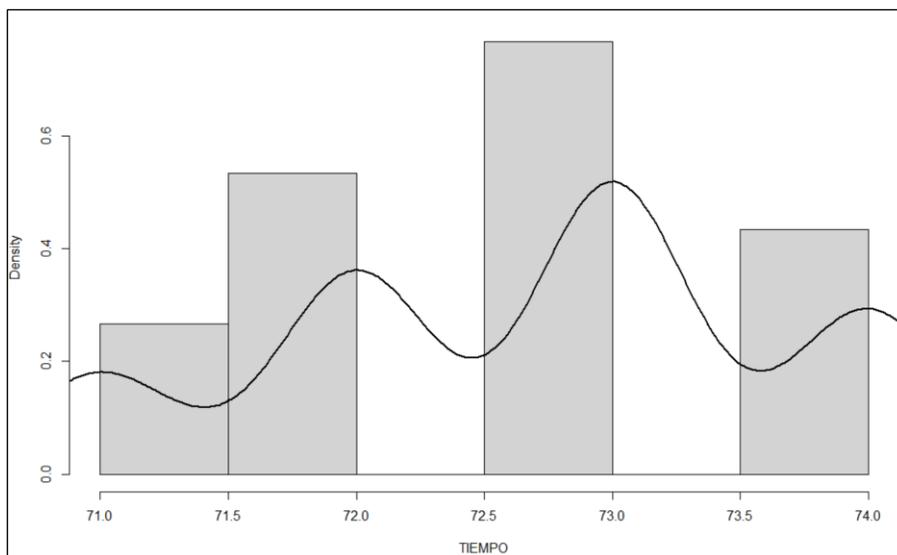
**Tabla 9.***Prueba de Levene de la variable Periodo productivo*

```

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
  Df F value Pr(>F)
group 14  2.0857 0.0317 *
      45
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

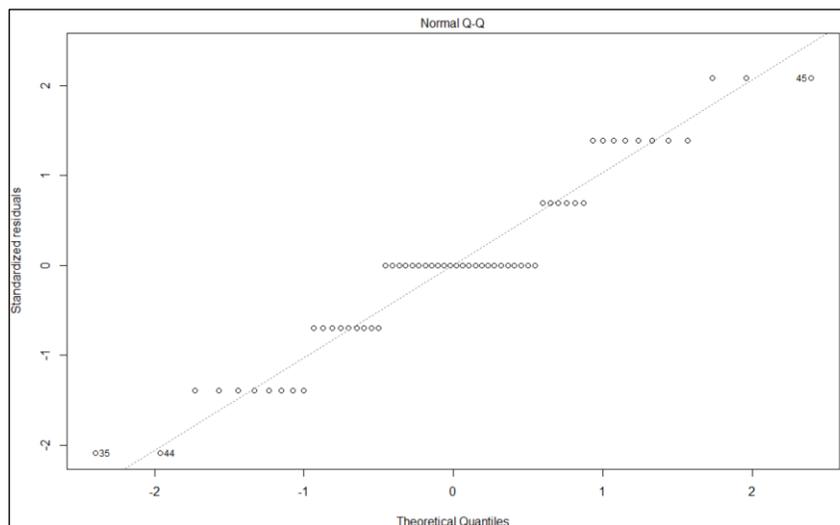
```

Para corroborar que el supuesto de normalidad no se cumple, se graficó un histograma (Figura 8) de los datos presentes en el cuadro además de la gráfica de distribución de los residuos del ANOVA (Figura 9) donde se apreció que estos no se ajustan a una distribución normal siendo estos datos no paramétricos.

**Figura 8.***Gráfico de la distribución de la variable Periodo productivo*

**Figura 9.**

*Gráfico de la distribución normal de la variable Periodo productivo*



Se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis (Tabla 10) para mirar la existencia de igualdad de las medias. Con un valor  $p$  ( $<0.001$ ) menor al nivel de significancia ( $\alpha=0.05$ ) se rechazó la hipótesis nula de igualdad entre las medias y se acepta la hipótesis alternativa de que al menos una de las medias es diferente, la comparación entre pares de medias se realizó igual con la prueba de Kruskal Wallis (Anexo 3) donde la mezcla CA (Césped, Aserrín) difiere de los tratamientos T (Paja de trigo), V (Vaina de Fréjol) y C (Césped) siendo este tratamiento el que más se demoró en su cosecha con respecto a los tres con los que difiere, siendo estos los primeros en terminar de ser cosechados.

**Tabla 10.**

*Prueba de Kruskal-Wallis de la variable Periodo productivo*

```
Kruskal-Wallis rank sum test
data: TIEMPO by SUSTRATO
Kruskal-Wallis chi-squared = 51.291, df = 14, p-value = 3.705e-06
```

**Comparación de la tasa de producción carpóforos del hongo *Pleurotus ostreatus* sobre los tratamientos evaluados.**

La tasa de producción se calcula dividiendo la eficiencia biológica para el periodo de producción y se lo expresa en porcentaje. En la tabla 11 se observan los datos de producción ya calculados.

**Tabla 11.**

*Tasa de producción de cada tratamiento y repetición*

Tratamientos	Repeticiones				Promedio
	1	2	3	4	(%)
<b>C</b>	0,88	0,91	1,04	0,90	0,93
<b>V</b>	0,90	1,04	1,04	1,07	1,01
<b>T</b>	1,76	1,73	1,83	1,66	1,75
<b>A</b>	0,91	0,95	1,01	1,00	0,97
<b>CV</b>	0,84	0,83	0,68	0,77	0,78
<b>CT</b>	0,95	1,26	1,03	1,08	1,08
<b>CA</b>	0,96	1,06	1,01	1,02	1,01
<b>VT</b>	0,87	0,80	1,17	0,92	0,94
<b>VA</b>	0,98	1,01	0,94	0,80	0,93
<b>TA</b>	1,21	1,03	0,92	0,90	1,01
<b>CVT</b>	1,02	1,24	1,01	0,94	1,05
<b>CVA</b>	1,05	1,08	1,23	1,01	1,09
<b>CTA</b>	0,85	1,04	0,90	0,92	0,93
<b>VTA</b>	1,35	1,25	1,39	1,30	1,32
<b>CVTA</b>	1,68	1,58	1,50	1,46	1,56

Para comenzar con el análisis inferencial de los datos es necesario saber si son paramétricos o no paramétricos porque según sea el caso es necesario usar pruebas diferentes, de tal manera que se realizó la prueba de Levene (Tabla 12) para mirar si los datos se ajustan a una normalidad. Con un valor p (0.9203) mayor que el valor de

significancia ( $\alpha=0.05$ ), se acepta la hipótesis de normalidad y se afirma que los datos son paramétricos.

**Tabla 12.**

*Prueba de Levene de la variable Tasa de producción*

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)			
	Df	F value	Pr(>F)
group	14	0.5008	0.9203
	45		

Sabiendo que nuestros datos son paramétricos, hacemos uso del ANOVA (Tabla 13) para ver el supuesto de que todas las medias son iguales y con un valor p ( $<0,001$ ) menor que el nivel de significancia ( $\alpha=0.05$ ), se rechaza la hipótesis de que todas las medias son iguales y afirmamos que al menos una de las medias es diferente a las demás.

**Tabla 13.**

*Prueba de ANOVA de la variable Tasa de producción*

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
SUSTRATO	14	3.720	0.26571	27.89	<2e-16 ***
Residuals	45	0.429	0.00953		
---					
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

La comparación de todas las medias buscando el supuesto de que todas son diferentes se realizó mediante la prueba de Tukey (Tabla 14) (Anexo 4), siendo el tratamiento de cuatro sustratos mezclados el tratamiento semejante al tratamiento control con un valor p (0.3386) y al ser mayor al valor de significancia ( $\alpha=0.05$ ), se aceptó la hipótesis que este par de medias son igual.

**Tabla 14.**

*Prueba de Tukey de la variable Tasa de producción*

1T	A	C	CA	CT	CTA	CV	CVA	CVT	CVTA	TA	V	VA	VT	VTA
"e"	"ab"	"ab"	"ab"	"bc"	"ab"	"a"	"bc"	"b"	"de"	"ab"	"ab"	"ab"	"ab"	"cd"

La comparación de un grupo de medias con un grupo control se manejó con la prueba Dunnett (Tabla 15) donde se ratificó lo observado con la prueba Tukey. Con un valor p (0.083) se aceptó la hipótesis de que el tratamiento de cuatro sustratos es semejante al tratamiento control al ser mayor que el valor de significancia ( $\alpha=0.05$ ).

**Tabla 15.**

*Prueba de Dunnett de la variable Tasa de producción*

```

Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses

Multiple Comparisons of Means: Dunnett Contrasts

Fit: aov(formula = PROMEDIO ~ SUSTRATO)

Linear Hypotheses:
          Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
A - 1T == 0    -0.77945    0.06901  -11.294 <0.001 ***
C - 1T == 0    -0.81479    0.06901  -11.806 <0.001 ***
CA - 1T == 0   -0.73226    0.06901  -10.610 <0.001 ***
CT - 1T == 0   -0.66869    0.06901   -9.689 <0.001 ***
CTA - 1T == 0  -0.81843    0.06901  -11.859 <0.001 ***
CV - 1T == 0   -0.96596    0.06901  -13.997 <0.001 ***
CVA - 1T == 0  -0.65422    0.06901   -9.480 <0.001 ***
CVT - 1T == 0  -0.69390    0.06901  -10.054 <0.001 ***
CVTA - 1T == 0 -0.19134    0.06901   -2.772  0.0733 .
TA - 1T == 0   -0.73268    0.06901  -10.616 <0.001 ***
V - 1T == 0    -0.73513    0.06901  -10.652 <0.001 ***
VA - 1T == 0   -0.81505    0.06901  -11.810 <0.001 ***
VT - 1T == 0   -0.80668    0.06901  -11.689 <0.001 ***
VTA - 1T == 0  -0.42517    0.06901   -6.161 <0.001 ***
----
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
(Adjusted p values reported -- single-step method)

```

## Capítulo 4: Discusión

### **Eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados.**

La eficiencia biológica hace referencia a la relación entre el peso fresco del cuerpo fructífero y el peso seco del sustrato expresado en porcentaje, donde para cada unidad experimental fue de 150 g de peso seco de sustrato, es decir que los porcentajes obtenidos nos indican cuanto puede producir en términos de peso 150 g de sustrato. Este valor es fundamental para analizar la viabilidad de un sustrato siendo valores mayores a 100 los óptimos y valores mayores a 50 como aceptables para el cultivo de hongo ostra (Sánchez Vásquez & Royse, 2001)(Maccapa Pocco, 2021).

Se uso como control al sustrato compuesto por paja de trigo debido a que es un sustrato que muestra eficiencias biológicas mayores al 100% como lo indica Baena González (2005), al respecto encontramos que Romero *et al.* (2010) mostro una eficiencia biológica del 129,34% y Ruilova Cueva & Hernández Monzón (2014) una eficiencia de 113%. En la tabla 3 podemos apreciar el valor de eficiencia biológica del control con un valor promedio de 124,86% encontrándose en el intervalo de 113% y 129,34% como lo indica la literatura, acercándose al valor reportado por Ruilova Cueva & Hernández Monzón (2014) y siendo un valor óptimo como lo indica Maccapa Pocco (2021).

Los siguientes valores de interés son los obtenidos por los tratamientos VTA y CVTA con valores de 97,14 y 111,98% respectivamente, debido a ser valores cercanos o superiores a 100% por lo que pueden ser considerados sustratos óptimos para el cultivo

de hongo ostra. Los demás tratamientos pueden ser considerados aceptables al ser sus valores mayores al 50% por lo que no se debe descartar el interés en los mismo.

### **Efecto de la mezcla de los sustratos sobre la eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus*.**

Los efectos de la mezcla de sustratos sobre la eficiencia biológica se los realizó mediante la comparación de medias de todos los tratamientos mediante la prueba de Tukey y comparándolos con el control con la ayuda de la prueba Dunnett donde se observó que uno de los valores de interés en este caso el valor obtenido por el tratamiento CVTA de 111,98 donde se cuenta con la mezcla de césped, vaina de fréjol, paja de trigo y aserrín, el cual es significativamente igual al tratamiento control compuesto por paja de trigo de esta manera podemos inferir que es un sustrato de interés y prometedor con respecto a la producción de hongo ostra. Ardón López (2004) indica que los aserrines a pesar de su fácil adquisición y economía cuentan con valores bajos de nitrógeno y una alta relación carbono/nitrógeno siendo frecuente su mezcla con cereales para equilibrar estos valores y obtener una mejor producción de hongo ostra además Aguinaga (2012) señala que dependiendo del estadio del hongo las necesidades nitrógeno varían donde una baja concentración permite el crecimiento del micelio y altas concentraciones favorece el desarrollo del cuerpo fructífero los cuales pudieron ser suministrados por el césped y vaina de fréjol como explica Ardón López (2007) y Pineda Insuasti *et al.* (2016), con todo lo anterior podemos inferir que la mezcla de estos 4 sustratos propicio la mejor concentración de nitrógeno en cada estadio permitiendo una eficiencia biológica optima convirtiendo a este tratamiento de interés por el aprovechamiento de desechos y el rendimiento que este produce.

### **Efecto de la mezcla de los sustratos sobre el periodo productivo de *Pleurotus ostreatus*.**

El efecto de la mezcla en el tiempo desde la inoculación hasta la última cosecha (Tabla 8), se analizó mediante la prueba de medias para datos no paramétricos de Kruskal Wallis (Tabla 10) (Anexo 3), observándose que el tratamiento CA compuesto de Césped y Aserrín difiere de los tratamientos T (paja de trigo), V (vainas de fréjol) y C (césped), siendo el tratamiento que más tiempo se demoró con 74 días en comparación a los tratamientos que duraron menos entre 71 y 72 días. Sánchez Vásquez & Royse (2001) explica que el periodo productivo del hongo ostra se encuentra en un intervalo de 50 a 70 días y Fernández Michel (2004) indica que el ciclo productivo del hongo ostra es de 57 a 71 días, encontrándose en este rango de tiempo los tratamientos que se demoraron el menor tiempo posible que son todos en su mayoría a no encontrarse diferencia significativa entre los tratamientos donde el periodo de producción fue corto y superando este rango el periodo productivo del tratamiento CA.

### **Tasa de producción carpóforos del hongo *Pleurotus ostreatus* sobre los tratamientos evaluados.**

Romero *et al.* (2010) indica que una tasa de producción alta indica una elevada eficiencia biológica en un período corto de tiempo desde la inoculación hasta la última cosecha también explica que la tasa de producción de paja de trigo se encuentra en un intervalo de 2,08 a 2,20% donde el valor promedio encontrado en la presente investigación es 1,75% siendo un valor inferior al citado anteriormente indicándonos valores menores de eficiencia biológica diaria, esto puede deberse a un periodo productivo más corto de 63 días informado en el artículo que el reportado en esta

investigación de 71 a 72 días. Una vez constatado la tasa de producción del tratamiento control se procedió a realizar pruebas post-hoc paramétricas de Tukey y Dunnett para observar si todas las medias de los tratamientos eran iguales pero esta premisa se rechazó y se encontró que el tratamiento CVTA compuesto por los 4 sustratos con una tasa de productividad de 1,56% y el tratamiento control T compuesto por paja de trigo con un valor de 1,75% eran significativamente iguales constatándose la elegibilidad del tratamiento CVTA y la oportunidad de usarlo para la producción de hongo ostra.

## Capítulo 5: Conclusiones

- El tratamiento de interés encontrado en la presente investigación es el compuesto por los 4 sustratos al encontrarse significativamente igual que el tratamiento control en lo que respecta a los mejores valores de eficiencia biológica, periodo productivo y tasa de producción.
- En las condiciones de la presente investigación, el período productivo del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* fue de 71 a 72 días para la mayoría de tratamientos solo difiriendo un tratamiento el compuesto por césped y aserrín que tuvo un periodo de 74 días.
- Los mayores valores de eficiencia biológica con 124,86%, período productivo de 71 a 72 días y tasa de producción de 1,75% fue del tratamiento control compuesto por paja de trigo.
- Los valores del tratamiento de interés compuesto por los 4 sustratos fueron para eficiencia biológica 111,98%, período productivo de 72 días y tasa de producción de 1,56%.
- Los 14 tratamientos restantes a pesar de no conseguir valores óptimos de eficiencia biológica, si deben ser considerados para futuros trabajos al encontrarse en valores aceptables de cultivo de hongo ostra.

## Capítulo 6: Recomendaciones

- Se recomienda el control del pH de cada una de las unidades experimentales antes de la inoculación y durante el proceso de producción.
- En los próximos proyectos de producción de hongo ostra sobre residuos agroindustriales se podría realizar el riego de las unidades experimentales mediante sistema de aspersión para controlar de mejor manera el riego del cultivo.
- Se recomienda realizar análisis detallados de la composición química de cada uno de los tratamientos y así determinar la interferencia en el crecimiento y desarrollo de *Pleurotus ostreatus*.
- Se recomienda realizar un análisis de la composición química de los carpóforos obtenidos de cada tratamiento para mirar si el valor nutricional se ve influenciado por las características del residuo.
- Se recomienda la difusión de los resultados observados en el presente trabajo en comunidades y ONG´s para estimular la producción de hongo ostra sobre residuos agroindustriales e incentivar el consumo de los estos.

## Capítulo 7: Bibliografía

- Aguinaga, P. (2012). *Evaluación de Cuatro Sustratos para la Producción del Hongo Ostra (Pleurotus ostreatus) en Tres Ciclos de Producción en la Zona de Tambillo, Provincia de Pichincha* [Escuela Politécnica Nacional].  
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/14623/1/CD-6793.pdf>
- Ardón López, C. (2007). La producción de los hongos comestibles. En *La producción de hongos comestibles*.
- Ardón López, C. E. (2004). *EVALUACIÓN DE PERICARPIO DE JACARANDA (Jacaranda mimosaeifolia) Y PASTO ESTRELLA AFRICANA (Cynodon plectostachyus), PARA EL CULTIVO ARTESANAL DEL HONGO OSTRAL (Pleurotus ostreatus, Ecosur-0112)*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Baena González, A. (2005). *Aprovechamiento del Bagazo del Maguey Verde (Agave Salmiana) de la Agroindustria del Mezcal en San Luis Potosí "Título de la tesis" (Tratar de hacerlo comprensible para el público general, sin abreviaturas) para la Producción de Hongo Ostra (Pleurotus ost. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica*.
- Boa, E. (2005). *Los hongos silvestres comestibles: Perspectiva global de su uso e importancia para la población*. Productos forestales no madereros.  
<http://www.fao.org/3/a-y5489s.pdf>

- Ceballos Alecio, D. (2007). *EVALUACIÓN DE RASTROJO DE MASIZ (Zea Mays)L. Y HOJARASCA DE ROBLE (Quercus peduncularis) PREVIO AL CULTIVO ARTESANAL DEL HONGO OSTRA (Pleurotus ostreatus Ecs 110)* [Universidad de San Carlos de Guatemala].  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_0964.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_0964.pdf)
- Donado Parada, T. V. (2014). *EVALUACIÓN DE TRES SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE HONGO OSTRA (Pleurotus ostreatus); MOYUTA, JUTIAPA*. Universidad Rafael Landívar.
- ESPAC. (2019). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPEC) 2018*.
- Fernández Michel, F. (2004). *Guía Práctica de Producción de Setas* (Primera Ed). Fungitec Asesorías.
- Gaitán, R., Salmenes, D., Pérez, R., & Mata, G. (2006). *Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción*.
- Hernandez Corredor, R., & López Rodríguez, C. (2012). *EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE Pleurotus ostreatus SOBRE DIFERENTES RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA* [King Saud University].  
<https://doi.org/10.15517/rac.v34i1.6699>
- Hernández Corredor, R., & López Rodríguez, C. (2004). *EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE Pleurotus ostreatus SOBRE*

*DIFERENTES RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.* Pontificia Universidad Javeriana.

Insuasti Pineda, J., Soto Arroyave, C. P., & Sanchez Ramos, L. (2014). Ecuación estequiométrica para describir el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* cepa ceba-gliie-po-010606. *Biotecnología Aplicada*, 43–47.

José E. Sánchez y Daniel J. Royse. (2017). *La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas Pleurotus spp* (Primera Ed). El Colegio de la Frontera Sur.

Lara Ponce, E. (2016). Ecotecnia: Producción de hongo seta (*Pleurotus*) en módulo rústico. En *Red Temática Sobre El Patrimonio Biocultural Nodo Valles Agrícolas De Sinaloa*.

Maccapa Pocco, L. (2021). *PRODUCCIÓN DE HONGO OSTRA (Pleurotus ostreatus (Jacq.) P. Kumm) SOBRE RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS EN LA PROVINCIA DE PUNO*.

Martínez Cañedo, J. (2012). *CULTIVO DE Pleurotus ostreatus EN EL VALLE DE EL FUERTE, SINALOA: UNA ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO DE ESQUILMOS AGRÍCOLAS*. Universidad Autónoma Indígena de México.

Martínez Miranda, D. (2014). *PRODUCCIÓN DE TRES ESPECIES DE Pleurotus spp. UTILIZANDO DIFERENTES SUSTRATOS*. Universidad Rafael Landívar.

Milenkovic, I. (2017). Mushroom cultivation manual for the small mushroom

entrepreneur. *Mushroom cultivation manual for the small mushroom entrepreneur*, 21–46.

Ortiz Rodríguez, E. J., Insuasti Pineda, J., Duarte Trujillo, A. S., Parrado Castro, G. A., Soto Arroyave, C. P., & Pineda Soto, C. A. (2018). La producción de hongos comestibles frente a la crisis alimentaria del Ecuador. *CEBA*, 1, 13–22.

Pineda-insuasti, J. A., & Ramos-sánchez, L. B. (2016). Growth of *Pleurotus ostreatus* on non-supplemented agro-industrial wastes. *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia.*, December 2017. <https://doi.org/10.21311/001.39.1.49>

Pineda Insuasti, J., Duarte Trujillo, A., & Ponce Vásquez, C. (2016). *Champiñón ostra: guía de producción artesanal / Pleurotus ostreatus: guide for homemade production* (Primera Ed, Número September). CEBA. [https://www.researchgate.net/publication/307858229\\_Champinon\\_ostra\\_guia\\_de\\_produccion\\_artesanal\\_Pleurotus\\_ostreatus\\_guide\\_for\\_homemade\\_production](https://www.researchgate.net/publication/307858229_Champinon_ostra_guia_de_produccion_artesanal_Pleurotus_ostreatus_guide_for_homemade_production)

Quizhpilema Quindi, L. (2013). *Validación de la tecnología para la producción e industrialización de hongos comestibles Pleurotus ostreatus utilizando sustratos orgánicos* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1065/1/34T00197.pdf>

Rodríguez Estrada, A. E., & Pecchia, J. (2017). Cultivation of *Pleurotus ostreatus*. *Edible and Medicinal Mushrooms*, 339–360.

<https://doi.org/10.1002/9781119149446.ch16>

Rodríguez, G. E., Martínez, D. A., Buglione, M. B., Filippi, M. V., & Agüero, M. S. (2018). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. : Fr.) Kummer on pear pomace: Evaluation of productivity and chemical composition of the biodegraded substrate. *Anales de Biología*, 40, 21–30.

<https://doi.org/10.6018/analesbio.40.03>

Romero, O., Huerta, M., Damián Huato, M. A., Macías, A., Tapia, A. M., Parraguirre Lezama, J. F. C., & Juárez, J. (2010). Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa paradisiaca* L., cv. roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas. *Agronomía Costarricense*, 34(1), 53–63.

<https://doi.org/10.15517/rac.v34i1.6699>

Ruilova Cueva, M. B., & Hernández Monzón, A. (2014). Evaluación de residuos agrícolas para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 48(1), 54–59.

Sánchez Vásquez, J. E., & Royse, D. (2001). *La biología y el cultivo de Pleurotus spp.* El Colegio de la Frontera Sur.

Singh Nee Nigam, P., & Pandey, A. (2009). Biotechnology for agro-industrial residues utilisation: Utilisation of agro-residues. En *Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilisation: Utilisation of Agro-Residues*.

<https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9942-7>

Zubillaga, M. F., & Alder, M. (2014). *Una alternativa de diversificación productiva para los valles Patagónicos*. INTA.

## Capítulo 8: Anexos