



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL

**“EVALUACIÓN DE LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS Y DE PODA DE
LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI COMO SUSTRATO
PARA LA PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRÁ GRIS (*Pleurotus
ostreatus*)”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA:

INGRID MARCELA MELAÑOS TOVAR

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL

**“EVALUACIÓN DE LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS Y DE PODA DE
LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI COMO SUSTRATO
PARA LA PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRA GRIS (*Pleurotus
ostreatus*)”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA: INGRID MARCELA MELAÑOS TOVAR

DIRECTOR: Dr. EDGAR IVÁN RAMOS SEVILLA PhD.

Riobamba – Ecuador

2024

©2024, Ingrid Marcela Melañes Tovar

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Ingrid Marcela Melanos Tovar, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 14 de Junio de 2024



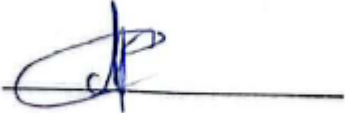


Ingrid Marcela Melanos Tovar

C.I: 0503503108-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto de Investigación, “**EVALUACIÓN DE LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS Y DE PODA DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI COMO SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRÁ GRIS (*Pleurotus ostreatus*)**”, realizado por la señorita: **INGRID MARCELA MELAÑOS TOVAR**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Sofia Carolina Godoy Ponce, Mgs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-06-14
Dr. Edgar Iván Ramos Sevilla PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2024-06-14
Ing. Alfonso Leonel Suarez Tapia, PhD. ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2024-06-14

DEDICATORIA

"Encomienda a Jehová tus obras, y tus pensamientos serán afirmados"

Proverbios 16:3 A

Dios, por su fidelidad inquebrantable durante este proceso.

A mis padres, por su apoyo constante durante mi trayectoria universitaria.

A mi querida tía, Cecilia Moran, quien me ha brindado su cariño y paciencia en cada momento.

A mis amigos, maestros y personas que han contribuido a hacer de esta etapa algo verdaderamente especial.

¡A todos ustedes, les agradezco por confiar en mí!

Ingrid

AGRADECIMIENTO

Principalmente, expreso mi gratitud a Dios por otorgarme la sabiduría necesaria para completar este trabajo de titulación con éxito. También doy gracias a mi familia y amigos por su inquebrantable apoyo, por su amor y confianza en mí. Asimismo, agradezco de corazón a mi estimado Director y Asesor de tesis por su orientación constante y su paciencia al corregirme.

Ingrid

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
ÍNDICE DE ABREVIATURA	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.1.1. <i>Pregunta de investigación</i>	2
1.2. Justificación del proyecto	2
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	3

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes.....	5
2.2. Bases teóricas	6
2.2.1. <i>Importancia ecológica de los hongos</i>.....	6
2.2.2. <i>Hongos</i>	7
2.2.3. <i>Hongos comestibles</i>	8
2.2.4. <i>Pleurotus ostreatus</i>.....	8
2.2.4.1. <i>Clasificación y morfología</i>.....	9
2.2.5. <i>Composición nutricional del hongo ostra gris (Pleurotus ostreatus)</i>.....	10
2.2.6. <i>Etapas de cultivo de hongos comestibles</i>	11
2.2.6.1. <i>Semilla</i>	11
2.2.6.2. <i>Inoculación</i>	11
2.2.6.3. <i>Incubación</i>	11
2.2.6.4. <i>Fructificación</i>	12

2.2.6.5.	<i>Cosecha</i>	12
2.2.7.	<i>Sustratos utilizados para el cultivo de hongo ostra gris (Pleurotus ostreatus)</i>	12
2.2.8.	<i>Residuos agroindustriales para el cultivo de hongos comestibles</i>	12
2.2.9.	<i>Residuos agrícolas</i>	13
2.2.9.1.	<i>Paja de cebada</i>	13
2.2.10.	<i>Residuos de poda</i>	13
2.2.10.1.	<i>Kikuyo</i>	14
2.2.10.2.	<i>Hojarasca</i>	14
2.2.11.	<i>Compostaje</i>	14
2.2.12.	<i>Conservación</i>	15
2.2.12.1.	<i>Secado natural</i>	15
2.2.13.	<i>Análisis bromatológico</i>	16

CAPITULO III

3.	METODOLOGÍA	17
3.1.	Tipo de investigación	17
3.2.	Enfoque de la investigación	17
3.3.	Alcance de la investigación	17
3.4.	Diseño de la investigación	18
3.4.1.	<i>Planteamiento de hipótesis</i>	18
3.4.1.1.	<i>Hipótesis nula</i>	18
3.4.1.2.	<i>Hipótesis alternativa</i>	18
3.4.2.	<i>Identificación de variables</i>	18
3.4.3.	<i>Localización del Estudio</i>	18
3.4.3.1.	<i>Ubicación geográfica del proyecto</i>	19
3.4.4.	<i>Diseño experimental</i>	19
3.4.5.	<i>Población de estudio</i>	21
3.4.6.	<i>Tamaño de la muestra</i>	21
3.4.7.	<i>Selección de la muestra</i>	21
3.5.	Esquema metodológico	22
3.5.1.	<i>Cultivo del hongo ostra gris (Pleurotus ostreatus)</i>	22
3.5.1.1.	<i>Preparación del medio de cultivo</i>	22
3.5.1.2.	<i>Multiplicación del micelio del hongo ostra gris (Pleurotus ostreatus)</i>	22
3.5.1.3.	<i>Masificación del hongo ostra gris (Pleurotus ostreatus)</i>	23
3.5.1.4.	<i>Preparación de los sustratos</i>	25
3.5.1.5.	<i>Siembra del hongo ostra gris (Pleurotus ostreatus) en los tratamientos establecidos</i>	26

3.5.1.6.	<i>Incubación de los sustratos</i>	27
3.5.1.7.	<i>Fructificación y cosecha del hongo ostra gris (Pleurotus ostreatus)</i>	28
3.5.1.8.	<i>Conservación de del hongo ostra gris (Pleurotus ostreatus)</i>	29
3.5.1.9.	<i>Parámetros de evaluación de la productividad del hongo ostra gris (Pleurotus ostreatus)</i>	30
3.5.1.10.	<i>Caracterización del hongo ostra gris (Pleurotus ostreatus)</i>	31

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1.	Análisis del rendimiento de producción del hongo ostra gris (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	32
4.2.	Análisis de la eficiencia biológica del hongo ostra gris (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	34
4.3.	Análisis del método de secado natural del hongo ostra gris (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	36
4.4.	Análisis de las características bromatológicas de los hongos	37
4.5.	Comprobación de hipótesis	38
4.5.1.	<i>Hipótesis nula</i>	38
4.5.2.	<i>Hipótesis alternativa</i>	38
4.6.	Comprobación de la hipótesis en base al rendimiento	38
4.7.	Comprobación de la hipótesis en base a la eficiencia biológica	39
	CONCLUSIONES	40
	RECOMENDACIONES	41
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:	Contenido Nutricional del hongo comestible del hongo ostra gris (<i>Pleurotus ostreatus</i>).....	10
Tabla 3-1:	Identificación de variables.....	18
Tabla 3-2:	Unidades experimentales de la producción del hongo ostra gris (<i>Pleurotus ostreatus</i>).....	20
Tabla 3-3:	Diseño experimental de los tratamientos	20
Tabla 3-4:	Análisis de las características bromatológicas del hongo ostra gris (<i>Pleurotus ostreatus</i>).....	31
Tabla 4-1:	Resultado de Rendimiento para cada combinación	32
Tabla 4-2:	Cálculo de la eficiencia biológica para cada combinación.....	34
Tabla 4-3:	Características físicas y organolépticas de los cuerpos fructíferos obtenidos en la combinación óptima	36
Tabla 4-4:	Resultados del análisis de las características bromatológicas del hongo ostra gris (<i>Pleurotus ostreatus</i>).....	37
Tabla 4-5:	Rendimiento en todas las unidades experimentales	38
Tabla 4-6:	Análisis de varianza del rendimiento.....	39
Tabla 4-7:	Comprobación de hipótesis en base al rendimiento	39
Tabla 4-8:	Eficiencia biológica en todas las unidades experimentales.....	39
Tabla 4-9:	Análisis de varianza de la eficiencia biológica	39
Tabla 4-10:	Comprobación de hipótesis en base a la eficiencia biológica	40

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	<i>Pleurotus ostreatus</i>	9
Ilustración 3-1:	Ubicación geográfica del proyecto – Laboratorio de Biología molecular, genética y microbiología.....	19
Ilustración 3-2:	Ubicación geográfica del proyecto – Aula adaptada – Facultad de Ciencias	19
Ilustración 3-3:	Preparación del medio de cultivo.....	22
Ilustración 3-4:	Multiplicación del micelio	23
Ilustración 3-5:	Etiquetado de cajas Petri	23
Ilustración 3-6:	Colonización del hongo <i>P. ostreatus</i>	23
Ilustración 3-7:	Esterilización de granos de cebada en autoclave.....	24
Ilustración 3-8:	Masificación del hongo en granos de cebada	24
Ilustración 3-9:	Obtención de la semilla del hongo ostra gris (<i>P. ostreatus</i>)	24
Ilustración 3-10:	Secado natural de residuos agrícolas y de poda	25
Ilustración 3-11:	Kikuyo triturado	25
Ilustración 3-12:	Residuos en proceso de remojo.....	25
Ilustración 3-13:	Preparación de bolsas	26
Ilustración 3-14:	Enfriamiento de bolsas posterior al proceso de pasteurización	26
Ilustración 3-15:	Incorporación de granos de cebada	26
Ilustración 3-16:	Perforación de bolsas mediante de una aguja estéril	26
Ilustración 3-17:	Incubación de las bolsas	27
Ilustración 3-18:	Termohigrómetro de Beurer - HM 16.....	27
Ilustración 3-19:	Colonización del hongo	27
Ilustración 3-20:	Desarrollo de los primordios.....	28
Ilustración 3-21:	Cuerpos fructíferos del hongo <i>P. ostreatus</i>	28
Ilustración 3-22:	Pesaje de biomasa del hongo <i>P. ostreatus</i>	28
Ilustración 3-23:	Obtención de la segunda cosecha del hongo <i>P. ostreatus</i>	29
Ilustración 3-24:	Recolección de cuerpos fructíferos	29
Ilustración 3-25:	Secado natural del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	30
Ilustración 3-26:	Almacenamiento en bolsas plásticas	30
Ilustración 4-1:	Rendimiento del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> para cada combinación de sustratos.....	33
Ilustración 4-2:	Eficiencia biológica del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> para cada combinación de sustratos	35

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: PREPARACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO

ANEXO B: MULTIPLICACIÓN DEL MICELIO DEL HONGO OSTRA GRIS (*Pleurotus ostreatus*)

ANEXO C: MASIFICACIÓN DEL HONGO OSTRA GRIS (*Pleurotus ostreatus*)

ANEXO D: PREPARACIÓN DE LOS SUSTRATOS

ANEXO E: SIEMBRA DEL HONGO OSTRA GRIS (*Pleurotus ostreatus*) EN LOS TRATAMIENTOS ESTABLECIDOS

ANEXO F: INCUBACIÓN DE LOS SUSTRATOS

ANEXO G: FRUCTIFICACIÓN Y COSECHA DEL HONGO OSTRA GRIS (*Pleurotus ostreatus*)

ANEXO H: CONSERVACIÓN DE DEL HONGO OSTRA GRIS (*Pleurotus ostreatus*)

ANEXO I: ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS DEL HONGO OSTRA GRIS (*Pleurotus ostreatus*) CULTIVADO EN LA COMBINACIÓN ÓPTIMA.

ANEXO J: ANOVA DE UN SOLO FACTOR: RENDIMIENTO vs. TRATAMIENTO

ANEXO K: ANOVA DE UN SOLO FACTOR: EFICIENCIA BIOLÓGICA vs. TRATAMIENTO

ÍNDICE DE ABREVIATURA

<i>P. ostreatus</i>	<i>Pleurotus ostreatus</i>
%	Porcentaje
T	Tratamiento
R	Réplica
C1	Compost correspondiente a residuos vegetales
C2:	Compost correspondiente a residuos pecuarios
PC	Paja de cebada
H	Hojarasca de eucalipto
K	Kikuyo
G	Gramos
mg	Miligramos
L	Litros
mL	Mililitros
cm	Centímetros
°C	Grados Celsius
d.C	Después de Cristo
DCA	Diseño completamente aleatorio
PDA	Agar de Dextrosa de Patata
Psi	Pounds-force per Square Inch
EB	Eficiencia biológica
Re	Rendimiento
ANOVA	Análisis de varianza
GL	Grados de libertad
SC	Suma de cuadrados
MC Ajust	Cuadrados medios ajustados

RESUMEN

En la Estación Experimental Tunshi, se encontraban en gran cantidad residuos agrícolas y de poda que no se utilizaban para ningún propósito específico, lo que impedía su reintegración al ciclo natural de reciclaje de la materia orgánica. Por tanto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar los residuos agrícolas y de poda de la Estación Experimental Tunshi como sustrato para la producción del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*). La metodología empleada tuvo un enfoque experimental de naturaleza cuantitativa, donde se evaluó la eficiencia biológica y el rendimiento de cada seta en relación con el sustrato. Además, se llevó a cabo un análisis bromatológico para determinar los valores proteicos, de fibra, entre otros, del hongo obtenido en la combinación óptima, así como un análisis cualitativo de las cualidades organolépticas de los cuerpos fructíferos después del método de conservación. Los resultados demostraron que la combinación correspondiente al tratamiento 1 (C1 25% + TC 75%) fue la más eficiente, con un rendimiento del 38,97% y una eficiencia biológica del 77,32%. El análisis bromatológico reveló que el hongo cultivado en la combinación óptima era una excelente fuente de proteínas, con un contenido del 34,72%. Además, el método de conservación mantuvo las características del hongo. En conclusión, se determinó que los residuos agrícolas y de poda son un sustrato adecuado para la producción del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*).

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <CULTIVO DE HONGOS>, <PAJA DE CEBADA>, <HOJARASCA DE EUCALIPTO>, <KIKUYO>, <COMPOST DE RESIDUOS VEGETALES>, <COMPOST DE RESIDUOS PECUARIOS>.

0845-DBRA-UTP-2024



ABSTRACT

At Tunshi Experimental Station, there were large quantities of agricultural and pruning residues that were not being used for any specific purpose, preventing their reintegration into the natural cycle of organic matter recycling. Therefore, the objective of this research was to evaluate the agricultural and pruning residues from the Tunshi Experimental Station as a substrate for the production of the grey oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). The methodology employed had an experimental approach of a quantitative nature, where the biological efficiency and yield of each mushroom were evaluated in relation to the substrate. Additionally, a bromatological analysis was carried out to determine the protein, fiber, and other values of the mushroom obtained in the optimal combination, as well as a qualitative analysis of the organoleptic qualities of the fruiting bodies after the preservation method. The results showed that the combination corresponding to treatment 1 (C1 25% + TC 75%) was the most efficient, with a yield of 38.97% and a biological efficiency of 77.32%. The bromatological analysis revealed that the mushroom cultivated in the optimal combination was an excellent source of protein with a content of 34.72%. Furthermore, the preservation method maintained the characteristics of the mushroom. In conclusion, it was determined that agricultural and pruning residues are a suitable substrate for the production of the grey oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*).

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <MUSHROOM CULTIVATION>, <BARLEY STRAW>, <EUCALYPTUS LEAF LITTER>, <KIKUYO>, <VEGETABLE WASTE COMPOST>, <LIVESTOCK WASTE COMPOST>.



Ing. Romel Francisco Calles Jiménez.

CI: 0603877713

INTRODUCCIÓN

La agricultura, fundamental para la producción de alimentos y el sustento de la población, también conlleva la generación de considerables residuos agrícolas, muchos de los cuales se descartan de manera inadecuada. Por consiguiente, es imperativo hallar nuevas y eficaces formas de dar valor a estos desechos y convertirlos en recursos provechosos. Por ejemplo, la paja de cebada producida en la Estación Experimental Tunshi puede ser aprovechada para cultivar hongos comestibles, como el *Pleurotus ostreatus*, conocido como hongo ostra gris, debido a su prometedor potencial como sustrato, (Barners, 2007).

Pleurotus ostreatus es apreciado por su valor nutricional y sus cualidades organolépticas atractivas, lo que impulsa su demanda en los mercados de alimentos saludables y gourmet, (Fisher, 1971). No obstante, su cultivo requiere de un sustrato adecuado para garantizar su óptimo desarrollo. Por ello, es crucial explorar la viabilidad de utilizar la paja de cebada, hojarasca de eucalipto, kikuyo y el compost como potenciales sustratos para su producción.

El compostaje, un proceso natural de descomposición de materia orgánica, genera un producto final rico en nutrientes beneficiosos para el suelo. Así, la combinación de los sustratos ya mencionados y compost podría ofrecer un tratamiento idóneo para el cultivo del hongo ostra gris, aprovechando al mismo tiempo los residuos agrícolas y fomentando la sostenibilidad en la cadena alimentaria, (Barbado, 2003).

El objetivo de este trabajo es evaluar el potencial de los residuos agrícolas y de poda como sustratos para la producción de hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*). Para lo cual se determinó la eficiencia biológica y el rendimiento de producción de los residuos agrícolas y de poda como materia prima, además, se empleó el método de secado natural del hongo para su conservación, finalmente se realizó el análisis bromatológico del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*) cultivado en la combinación que resultó óptima.

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Los residuos agrícolas son los restos de cosechas y sus derivados, y constituyen una parte considerable y dispersa de estos desechos, los cuales son difíciles de controlar. En la Estación Experimental Tunshi, se produce una cantidad significativa de estos residuos, así como de material de poda, que actualmente no se utilizan para ningún propósito específico y, por lo tanto, no se reintegran al ciclo natural de reciclaje de la materia orgánica.

Este exceso de residuos agrícolas representa un desafío tanto en términos de gestión de recursos como de sostenibilidad ambiental. Por otro lado, los hongos ostra gris (*Pleurotus ostreatus*) son altamente valorados en el mercado de alimentos saludables debido a su valor nutricional, (Pedreño, 1995). Sin embargo, el conocimiento sobre cómo utilizar residuos agrícolas en su producción es limitado. Aunque la paja de cebada es una opción disponible, su potencial como sustrato para el cultivo de estos hongos aún no se ha explorado ampliamente, (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. , 2013).

El compostaje, al ser un proceso natural de descomposición de materia orgánica, podría representar una opción adecuada para transformar los desechos agrícolas en un sustrato nutritivo para el cultivo del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*), (Pedreño, 1995). Por lo tanto, el objetivo de este estudio es evaluar los residuos agrícolas y de poda procedentes de la Estación Experimental Tunshi, así como el compostaje, utilizados como sustratos para la producción del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*).

1.1.1. Pregunta de investigación

¿Influyen los residuos agrícolas y de poda de la Estación Experimental Tunshi en la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*?

1.2. Justificación del proyecto

Los residuos agrícolas y de poda, al igual que el compost suelen estar disponibles en abundancia en la Estación Experimental Tunshi, esto permite utilizar de manera eficiente los recursos disponibles, como la paja de cebada, hojarasca de eucalipto, kikuyo y compost que pueden servir

como sustrato para la producción de hongos comestibles.

Estos residuos suelen contener nutrientes importantes como celulosa, hemicelulosa y lignina, que son esenciales para el crecimiento y desarrollo de hongos como el ostra gris (*Pleurotus ostreatus*). La utilización de estos residuos como sustrato puede proporcionar una fuente adecuada de nutrientes para el cultivo de los hongos, (Atlas, y otros, 2002 págs. 45-79).

Existen evidencias científicas que respaldan la utilización de diversos tipos de residuos agrícolas y de poda como sustrato para el cultivo de hongos comestibles, incluyendo el hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*), los residuos pueden crear un entorno propicio para el desarrollo del hongo y servir como una fuente nutritiva abundante. Además, esta práctica puede abrir nuevas vías de investigación y facilitar la mejora de técnicas de cultivo, lo que contribuiría al progreso del conocimiento científico en el ámbito de la micología, (Barbado, 2003).

Este proyecto presenta la oportunidad de reintegrar los residuos agrícolas y de poda de la Estación Experimental Tunshi al ciclo productivo, utilizándolos como sustrato para cultivar el hongo *Pleurotus ostreatus*. Esto permite reducir la contaminación causada por la acumulación de estos residuos. El hongo *P. ostreatus* es susceptible a daños físicos y microbianos, lo que acelera su deterioro y afecta su durabilidad durante el almacenamiento, ya que no cuenta con una capa protectora como la de algunas hortalizas, (Gonzalez, 2016 págs. 1-132). Por lo tanto, se ha elegido emplear el método de secado natural para conservarlo, manteniendo el aroma, sabor, color, textura, forma y, sobre todo, los nutrientes del alimento sin alterar su composición.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar los residuos agrícolas y poda de la Estación Experimental Tunshi como sustrato para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*.

1.3.2. Objetivos específicos

- Establecer el rendimiento de producción del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en las diferentes combinaciones de los sustratos.
- Determinar la eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en las distintas combinaciones de los sustratos.
- Emplear el método de secado natural para la conservación del hongo *Pleurotus ostreatus*.

- Realizar el análisis bromatológico del hongo *Pleurotus ostreatus* obtenido en la combinación óptima.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

El interés por investigar el uso de subproductos agroindustriales se ha incrementado desde los años 70 entre los biotecnólogos a nivel global. Inicialmente, el enfoque principal era generar materia prima para varios procesos industriales. Sin embargo, con el tiempo, el interés ha evolucionado hacia el aprovechamiento de estos subproductos para reducir el impacto ambiental causado por su acumulación (Saval, 2012 págs. 14-46).

Según (Cury, 2017 págs. 122-132), Aproximadamente se producen 155 billones de toneladas de materia orgánica en la tierra cada año, de las cuales solo una pequeña fracción es consumida por humanos y animales, mientras que el resto se convierte en fuentes de contaminación. Por este motivo, actualmente, el sector agroindustrial ha mejorado su relación con el medio ambiente, asumiendo una mayor responsabilidad ambiental. Esto ha estimulado la investigación y el desarrollo de numerosos proyectos que exploran alternativas para agregar valor a los subproductos agroindustriales.

El cultivo de hongos comestibles macroscópicos tiene sus primeros registros alrededor del año 600 d.C. en China, donde se cultivaba el *Auricularia auricula-judae*, conocido como oreja de Judas. Por otro lado, el Champiñón, o *Agaricus campestris*, se popularizó alrededor del año 1650 en Francia (“Los hongos comestibles y su cultivo. Historia, desarrollo actual y perspectivas en México y el mundo”, 2009). Aunque el *Pleurotus ostreatus* era consumido en algunas regiones de Europa desde la antigüedad, su comercialización comenzó a finales de la Segunda Guerra Mundial, alrededor de 1945 (Job, 2004). Se estima que, gracias al aumento de la producción y consumo de setas a nivel mundial, se producen alrededor de 10 millones de toneladas métricas cada año en varios (. “Influencia del sustrato utilizado para el crecimiento de hongos comestibles sobre sus características nutraceuticas”, 2010).

El hongo *P. ostreatus* ocupa el segundo lugar en la producción mundial de hongos comestibles. Aunque el 99% de esta producción se concentra en Asia, en Latinoamérica, países como Brasil, México, Colombia, Argentina y Guatemala son destacados en la producción de estos hongos (Salmones, 2017 págs. 73-85). El *P. ostreatus* es fácil de producir y es rico en proteínas y vitaminas. Se desarrolla favorablemente en subproductos lignocelulósicos, leñosos o ricos en fibra, que contienen principalmente celulosa, hemicelulosa y lignina, ya que estos elementos sirven como

fuentes de carbono para su crecimiento (Rodríguez y otros, 2018 págs. 21-30).

Se han llevado a cabo investigaciones que evidencian el potencial de los residuos, como la paja de cereales para el cultivo de hongos, una de ellas fue llevada a cabo por (Romero y otros, 2016 págs. 75-80). En este estudio, se analizó el cultivo de la gírgola en sustratos como hojas de plátano, paja de trigo, paja de cebada, pajilla de frijol y rastrojo de maíz, todos generados en el Municipio de Tetela de Ocampo-Puebla. Se determinó que el mejor crecimiento se observó en las hojas de plátano, mientras que la paja de trigo mostró la mejor eficiencia biológica.

Por otro lado, (Vargas y otros, 2012 págs. 136-145) llevaron a cabo una evaluación del desarrollo de *Pleurotus ostreatus* utilizando hojarasca de roble en árboles relicto, mezclada con bagazo de caña y otros cinco sustratos adicionales. Los resultados revelaron eficiencias biológicas del 221,1%, 44,35%, 52,78%, 90,30% y 109,12%, respectivamente.

El *Pleurotus ostreatus* puede ser consumido en su estado fresco, aunque se pueden emplear métodos de conservación para prolongar su vida útil. Con el tiempo, estos hongos son susceptibles a sufrir cambios físicos debido a la acción de microorganismos que afectan su estructura, ya que carecen de una capa protectora que los resguarde de tales daños, lo que incide en su longevidad (González y otros, 2011 págs. 1-132). Sin embargo, la información disponible sobre el proceso de secado de estos hongos es escasa (“Deshidratación de un hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*) con y sin aatemperamiento”, 2018). Basándonos en los resultados obtenidos de varios estudios mencionados, se valida la importancia de este trabajo al confirmar la facilidad de producción del *Pleurotus ostreatus*.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Importancia ecológica de los hongos

Los hongos tienen un papel fundamental en el ecosistema al actuar como principales descomponedores de la materia orgánica natural. Además, el uso de sustratos biotecnológicos es crucial para mejorar los cultivos de *Agaricus*. Desde una perspectiva médica, estos hongos poseen propiedades terapéuticas beneficiosas para tratar enfermedades cardiovasculares y la obesidad, (Atlas, y otros, 2002 págs. 45-79).

En cuanto a su valor nutricional, son una excelente fuente de proteínas, vitaminas y antioxidantes, y constituyen alimentos vegetales con bajo contenido de grasas. Por consiguiente, el cultivo a gran escala de este hongo comestible es factible en una variedad de sustratos, muchos de los

cuales son económicos y de fácil acceso, (Stamets, 2000).

2.2.2. Hongos

Los hongos, clasificados en el reino Fungi, se distinguen considerablemente de las plantas y los animales. A diferencia de las plantas, los hongos no pueden producir su propio alimento; en su lugar, dependen de otros compuestos y organismos para obtener nutrientes. Pueden adoptar diversos modos de vida, como saprófitos, simbióticos o parasitarios. Los hongos forman micelios, que son pequeñas proyecciones filamentosas que emergen de las esporas. Estos micelios se propagan y crecen, formando una masa blanca y esponjosa conocida como micelio, que eventualmente da lugar a las estructuras reproductivas de los hongos, (Barbado, 2003).

En tiempos pasados, los hongos fueron clasificados como parte del reino vegetal, pero más tarde, Whittaker en 1969 los redefinió como un quinto reino conocido como Hongos o Fungi. En la actualidad, los organismos estudiados por los micólogos se sitúan en tres reinos: Hongos o Fungi, Chromista o Straminipila, y Protozoa.

De acuerdo con (Cepero De García, 2012), los organismos denominados hongos exhiben las siguientes características generales:

- Poseen una membrana nuclear y otros organelos rodeados de membrana, siguiendo las características típicas de los eucariontes. Dentro del núcleo, se encuentran uno o dos nucléolos pequeños y varios cromosomas.
- Requieren carbohidratos complejos como fuente de energía, ya que carecen de la capacidad de realizar fotosíntesis o fijar carbono, siendo, por lo tanto, heterótrofos.
- Son quimiorganotrofos, dependiendo de compuestos orgánicos preexistentes como fuente de energía. La mayoría de los hongos obtienen sus nutrientes por absorción, los cuales se derivan de la degradación de compuestos complejos mediante la liberación de exoenzimas al medio ambiente.

La mayoría de ellos son aerobios estrictos, lo que significa que requieren oxígeno libre como parte de su proceso de crecimiento para actuar como aceptor de electrones. Sin embargo, algunos pueden adaptarse a condiciones anaerobias, es decir, que pueden utilizar otras moléculas como aceptores de electrones en ausencia de oxígeno, (Cepero De García, 2012).

2.2.3. *Hongos comestibles*

Los hongos son organismos vegetales que carecen de clorofila y no producen flores. Suelen habitar en entornos frescos y húmedos, creciendo sobre un sustrato alimenticio. Son una fuente rica en nutrientes como nitrógeno, potasio, calcio y vitaminas del complejo B. Estudios actuales indican que 100 gramos de hongos proporcionan aproximadamente 28 calorías, 4 gramos de carbohidratos y 3 gramos de proteínas.

De acuerdo (Hernández y otros, 2009 págs. 63-71), los hongos comestibles están conformados por las siguientes partes:

Sombrero: es la porción más carnosa y redondeada del hongo, con forma similar a la de un paraguas. Su tamaño varía dependiendo de la edad del hongo, pudiendo llegar a hasta 15 cm de diámetro, aunque para fines comerciales, se prefieren de menor tamaño.

Himeno: situado en la parte inferior del sombrero, compuesto por numerosas laminillas dispuestas radialmente desde el pie hasta el borde externo del sombrero. Inicialmente de color rosado, con el tiempo se torna pardo o incluso negro.

Micelio: presente entre las laminillas, compuesto por millones de esporas que, al germinar, forman hilos o filamentos llamados hifas, constituyendo el micelio o "blanco" del champiñón.

Pie: parte del hongo que sostiene el sombrero, de forma cilíndrica y lisa, de color blanco, unido en su base al micelio que crece en el sustrato.

2.2.4. *Pleurotus ostreatus*

Citando a (Stamets, 2000), el hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*), es un hongo saprofito o ligeramente parásito, descomponedor de la florade podredumbre blanca, que crece de forma natural en árboles como el aliso y el arce, principalmente en los valles fluviales. La palabra *Pleurotus* proviene del vocablo griego “pleuro”, que significa formación transversal o posición lateral, haciendo referencia a la posición de la rodilla con relación a la coronilla, la palabra *ostreatus* en latín significa parecido a una ostra, que en este caso se refiere a la apariencia y color del cuerpo fructífero.



Ilustración 2-1: *Pleurotus ostreatus*

2.2.4.1. Clasificación y morfología

P. ostreatus se encuentra clasificado taxonómicamente de la siguiente manera:

REINO: Fungi

SUBREINO: Fungi Superior

DIVISIÓN: Basidiomycota

SUBDIVISIÓN: Basidiomycotina

CLASE: Himenomycetes

ORDEN: Agaricales

FAMILIA: Tricholomataceae

GÉNERO: Pleurotus

ESPECIE: *Pleurotus ostreatus*

Es un tipo común de hongo *angarical*, que generalmente está recubierto por una capa de micelio en su parte inferior y tiene una pulpa fina y blanca. A medida que el sombrero madura, adopta una forma de concha, con hojas de color blanco o gris. La superficie de la parte superior es lisa, brillante y puede volverse ligeramente pegajosa en tiempo húmedo, (Barbado, 2003).

El estipe es corto, las laminillas son blancas, degeneradas y muy dispersas, y las masas de esporas son blancas o blanquecinas. El diámetro de la corona del hongo ostra suele estar entre 4 y 13 cm, aunque ocasionalmente puede ser mayor dependiendo de las condiciones de crecimiento. Según la intensidad de la luz, la superficie superior puede variar de color, mostrando tonalidades que van desde blanco hasta gris azulado. Sus bordes son suaves, finos, ondulados y ocasionalmente enrollados, (Stamets, 2000).

2.2.5. Composición nutricional del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*)

Los hongos ostra gris (*Pleurotus ostreatus*), tienen un alto valornutricional y contienen minerales, vitaminas y proteínas (Tabla 1). Además, tiene un sabor agradable que lo convierte en un manjar en muchas partes del mundo. A este hongo se le llama “filete vegetal” porque tiene un alto contenido proteico de fácil asimilación y además presenta buenas propiedades organolépticas (OIE, 2003).

Este hongo es bajo en grasas y sodio y relativamente alto en potasio, por lo que también es importante para las enfermedades cardiovasculares y la hipertensión, así como en la lucha contra la obesidad (Cepero De García, 2012). Contiene todos los aminoácidos esenciales, es una rica fuente de vitaminas y tiene un contenido de ácido absorbible (vitamina C) que se ha informado en varias etapas de su desarrollo. Es rico en ergosterol y vitamina D, además de minerales como fósforo, sodio, magnesio, calcio, hierro, manganeso, zinc y cobre (Barbado, 2003).

Tabla 2-1: Contenido Nutricional del hongo comestible del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*).

SUSTANCIA	%
Agua	92.20
Materia seca	7.80
Ceniza	9.50
Grasa	1.00
Proteína bruta	39.00
Fibra	7.50
Fibra cruda	1.40
Nitrógeno total	2.40
Calcio	33mg/100g
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

Realizado por: (Barbado, 2003).

2.2.6. *Etapas de cultivo de hongos comestibles*

2.2.6.1. *Semilla*

La semilla es una masa de micelio expandida diseñada para mejorar metabólicamente al hongo, proporcionándole condiciones óptimas para crecer eficientemente en los sustratos de producción. El hongo se obtiene a partir de cultivos puros que se conservan en agar o a través del aislamiento de la zona himenial de un cuerpo fructífero, (Fisher, 1971). A partir de estos cultivos, se transfiere el micelio a tubos de ensayo que contienen agar nutritivo, y luego a cajas de Petri o botellas planas que también contienen agar nutritivo para hongos, con el fin de aumentar la cantidad de micelio.

Posteriormente, se prepara la semilla utilizando granos de cereales como trigo, maíz, cebada, sorgo o arroz. El proceso implica la hidratación del grano de cereal mediante calor hasta alcanzar una humedad del 45%, lo cual se logra lavando el grano para eliminar impurezas, agregando agua hasta cubrirlo y cocinándolo durante aproximadamente 15 minutos, (Hernández y otros, 2009 págs. 63-71).

Después de alcanzar la humedad adecuada, se transfiere el hongo cultivado en agar al cereal seleccionado y se le proporcionan las condiciones óptimas de incubación para el crecimiento, dependiendo de la especie deseada, (Hernández y otros, 2009 págs. 63-71).

2.2.6.2. *Inoculación*

Se trata de incorporar las semillas de hongos a un sustrato previamente preparado y estéril. Este proceso debe llevarse a cabo en un entorno interior sobre una superficie de trabajo previamente desinfectada para prevenir la contaminación durante la fase de desarrollo del micelio, (Barbado, 2003).

2.2.6.3. *Incubación*

Durante la etapa de incubación, el objetivo es lograr que el micelio se extienda completamente dentro del sustrato, optimizando las condiciones ambientales. Este proceso debe llevarse a cabo en un espacio cerrado y oscuro. Las bolsas pueden ser colocadas en estantes metálicos o directamente en el suelo. Es fundamental mantener la temperatura en el área de crecimiento entre 20-28°C, la humedad relativa alrededor del 70-80%, y mantener una iluminación tenue, considerando que estos parámetros pueden variar según la especie, (Fernandez, 2004).

2.2.6.4. *Fructificación*

La etapa de fructificación se inicia cuando el micelio del hongo se introduce en el sustrato y aparecen los primordios o protuberancias que forman el cuerpo fructífero. Durante esta fase, es esencial modificar las condiciones de cultivo aumentando la humedad relativa y los niveles de luz para favorecer el desarrollo de los hongos. Para mejorar la fase de fructificación, se debe mantener una temperatura diferente a la de la incubación, similar a la del entorno natural donde crece el hongo (Fernandez, 2004).

2.2.6.5. *Cosecha*

La etapa de recolección implica la cosecha de los cuerpos fructíferos, típicamente realizada manualmente con movimientos circulares en la base del tallo o utilizando una cuchilla esterilizada para evitar contaminaciones futuras en las áreas del sustrato donde el hongo creció. Además, la cosecha se realiza en tres fases: una primera en la que se recolecta el 50% del producto, seguida de una segunda fase en la que se recolecta el 30%, y finalmente una tercera fase en la que solo se recolecta el 20% restante del producto, (Moreno, y otros, 2011).

Por lo general, en el cultivo de setas no se llevan a cabo más de tres cosechas, dado que el rendimiento suele ser bajo y existe un riesgo significativo de infección, (OIE, 2003).

2.2.7. *Sustratos utilizados para el cultivo de hongo ostra gris (Pleurotus ostreatus)*

De acuerdo con (Miles, 1997), se han empleado diversos sustratos para el cultivo del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*), entre los cuales se encuentran la paja de trigo, avena, centeno, desechos de café, tusa de mazorca, hojas de té, cáscaras de maní, harina de soya, cáscaras de semillas de girasol, hojas de plátano, cactus, pulpa de cardamomo, fibra de coco, hojas de limón, entre otros.

De acuerdo con (Gonzalez, 2016 págs. 1-132), es posible llevar a cabo cultivos utilizando bloques o troncos sintéticos. La principal ventaja de emplear estos sustratos en lugar de troncos naturales es que permite reducir los tiempos de cultivo y aumentar la eficiencia. Se ha observado que las eficiencias biológicas varían entre el 75 y el 85% en los troncos sintéticos.

2.2.8. *Residuos agroindustriales para el cultivo de hongos comestibles*

Los residuos agroindustriales son un material o elemento que, luego de su producción, procesamiento o uso a nivel agroindustrial, deja de tener valor para quienes lo poseen y suele ser

eliminado de manera inadecuada, resultando en la contaminación del ecosistema, (Atlas, y otros, 2002 págs. 45-79).

2.2.9. *Residuos agrícolas*

Citando a (RED ESPAÑOLA DE COMPOSTAJE, 2015), los residuos agrícolas comprenden los desechos provenientes del mantenimiento de cultivos, bosques y montes, así como de actividades como la tala, limpieza y desbroce, también conocidos como residuos forestales. Además, incluyen los desechos generados en explotaciones agrícolas, ganaderas e industrias agroalimentarias, madereras, corcheras y papeleras. Estos residuos pueden ser sólidos o líquidos.

2.2.9.1. *Paja de cebada*

La paja de cebada ha sido reconocida como un sustrato idóneo para el cultivo de hongos debido a sus propiedades y composición. Contiene cantidades significativas de celulosa, hemicelulosa y lignina, lo que la convierte en un sustrato rico en carbono. Estos elementos son descompuestos por los hongos durante el proceso de descomposición (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. , 2013).

Además, posee una estructura fibrosa que crea un ambiente propicio para el crecimiento del micelio de los hongos. La disposición de la paja de cebada permite una adecuada ventilación y retención de humedad, aspectos fundamentales para el desarrollo óptimo de los hongos, (Hernández y otros, 2009 págs. 63-71).

2.2.10. *Residuos de poda*

Según la (RED ESPAÑOLA DE COMPOSTAJE, 2015), los desechos de poda, también conocidos como residuos verdes, abarcan todo tipo de materia vegetal como césped cortado, hojas secas y ramas, que se originan por el cuidado y la conservación de áreas verdes públicas y privadas, así como la preservación de paisajes.

Estos desechos se caracterizan por tener un contenido de agua variable y paredes celulares resistentes. Principalmente están compuestas por polisacáridos, macromoléculas que consisten en unidades repetidas de azúcares simples, típicamente glucosa. Los componentes más comunes de las paredes celulares vegetales son la celulosa, las hemicelulosas y las sustancias pécticas, (Atlas, y otros, 2002 págs. 45-79).

2.2.10.1. *Kikuyo*

Es una especie perenne que se extiende horizontalmente, con raíces profundas, y cuenta con rizomas y estolones, desarrollando raíces en sus nudos. Puede crecer hasta alcanzar alturas de hasta 80 cm y sus partes florales son poco conspicuas, floreciendo temprano en la mañana y desapareciendo en horas de la tarde. Forma una cubierta densa, lo que la clasifica como una hierba de alta cobertura. Los tallos que llevan las inflorescencias pueden medir entre 9 y 15 cm de altura, (Lbrada, y otros, 1996).

2.2.10.2. *Hojarasca*

Según (Wang, 2008), es una cubierta compuesta por hojas, tallos, ramas, frutos, flores, semillas, entre otros. Juega un papel fundamental en la preservación de la salud de los bosques al facilitar el ciclo y reciclaje de nutrientes. Esta capa, conocida como hojarasca, crea una capa orgánica sobre la superficie del suelo, generando un microclima particular en el suelo y condiciones óptimas para una mayor diversidad de organismos. Su descomposición contribuye a regular el ciclo de nutrientes y la productividad primaria, además de mantener la fertilidad del suelo forestal.

2.2.11. *Compostaje*

De acuerdo con (RED ESPAÑOLA DE COMPOSTAJE, 2015), el compostaje ha sido ampliamente empleado como sustrato para el cultivo de hongos debido a sus propiedades beneficiosas. Este proceso implica la descomposición controlada y natural de materia orgánica, como restos de alimentos, desechos agrícolas y materiales vegetales, gracias a la actividad de microorganismos. Como resultado, se obtiene un sustrato rico en nutrientes y materia orgánica descompuesta, ideal para el crecimiento de hongos.

El compost proporciona los nutrientes necesarios para el desarrollo del micelio y la formación de cuerpos fructíferos de los hongos. Además, transforma los materiales orgánicos en una forma más estable y menos susceptible a la rápida descomposición, lo que contribuye a crear un entorno equilibrado y menos competitivo para el crecimiento de los hongos al reducir la competencia con otros microorganismos y mejorar la disponibilidad de nutrientes. El compostaje también mejora la estructura del suelo, favoreciendo una mejor retención de agua y aireación, lo cual es beneficioso para el desarrollo de las raíces de los hongos y la absorción de nutrientes, (Moreno, y otros, 2011).

2.2.12. *Conservación*

Después de la cosecha, los hongos se seleccionan según su tamaño y calidad. Durante el proceso de poscosecha, los hongos presentan comportamientos similares a las hortalizas y, al carecer de una capa protectora, son susceptibles a alteraciones como la degradación, lo que puede afectar su vida útil durante el almacenamiento, (Gowen, y otros, 2006).

Los métodos de conservación de los hongos son técnicas utilizadas para mantener sus propiedades a lo largo del tiempo (Marcal , y otros, 2021).

De acuerdo (Marcal , y otros, 2021), los hongos abarcan diversas metodologías, que pueden clasificarse en tres categorías:

- Métodos físicos (como irradiación, envasado, ultrasonidos y campo eléctrico pulsado)
- Métodos químicos (incluyendo películas, recubrimientos comestibles y soluciones de lavado)
- Métodos térmicos (como el secado y la congelación).

Una de las técnicas más antiguas y eficaces de conservación en la industria alimentaria es el secado y la deshidratación, debido a su facilidad de operación y bajo costo, (Dong, y otros, 2017). El secado y deshidratación son prácticas comunes en el procesamiento de hongos, destinadas a reducir el contenido de humedad a aproximadamente el 13%. Esto permite prevenir reacciones enzimáticas o no enzimáticas, el crecimiento microbiano, así como pérdidas morfológicas y fisiológicas, (Piskov, y otros, 2020).

La calidad de las setas secas o deshidratadas se evalúa comúnmente según varios aspectos, como su textura, sabor, color, velocidad de rehidratación, valor nutricional y especialmente en relación con su contenido de proteínas y azúcares totales, (Xu, y otros, 2019).

Hay varias metodologías disponibles para secar hongos comestibles, entre las cuales se encuentran el secado solar, el secado al aire natural, el secado con aire caliente, el secado al vacío, el secado en capa fina, el secado por microondas, el secado por congelación, o una combinación de varias de estas técnicas para mejorar la efectividad del proceso de secado y, por consiguiente, la calidad del producto, (Zhang, y otros, 2018).

2.2.12.1. *Secado natural*

El proceso de secado implica la eliminación del contenido de agua de un producto mediante la

exposición a condiciones ambientales como la luz solar, el viento, el frío, entre otros, sin que el cuerpo fructífero haya sido recolectado aún. Es decir, el secado se lleva a cabo cuando el cuerpo fructífero está completamente desarrollado y listo para ser cosechado, sometiéndolo a un choque térmico para evitar su desarrollo adicional, (Michelis, y otros, 2006).

Se ha observado que el secado mediante la exposición directa a la radiación solar no solo resulta en un proceso de secado más rápido, sino que también puede ocasionar un mayor oscurecimiento, debido al pardeamiento no enzimático que es promovido por la presencia de rayos ultravioleta, (Mendieta, y otros, 1995).

2.2.13. *Análisis bromatológico*

Consiste en un análisis exhaustivo de una muestra de alimento con el propósito de entender su contenido, sus características sensoriales y cualquier cambio que pueda haber experimentado. Este análisis revela la cantidad de nutrientes presentes en la muestra, tales como grasas, proteínas, vitaminas, agua, minerales, entre otros. Al comparar estos resultados con muestras similares, el bromatólogo puede identificar anomalías que podrían representar riesgos para la salud del consumidor, (Fisher, 1971).

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

El trabajo técnico: “Evaluación de los residuos agrícolas y de poda de la Estación Experimental Tunshi como sustrato para la producción del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*)” es de carácter exploratorio, explicativo y descriptivo. Se lleva a cabo con un diseño experimental a conveniencia, permitiéndonos ensayar los factores que influyen en el crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*. Con la utilización de cinco tipos de residuos: residuos agrícolas y de poda (paja de cebada, hojarasca de eucalipto y kikuyo), así como compost derivado de residuos vegetales y compost derivado de residuos pecuarios, todos provenientes de la Estación Experimental Tunshi. Este estudio nos permitió evaluar la calidad del producto a través del análisis bromatológico del hongo.

3.2. Enfoque de la investigación

El estudio adopta un enfoque experimental de naturaleza cuantitativa, ya que se cuantificó el peso, eficiencia biológica y el rendimiento de cada seta en relación con el sustrato. Asimismo, se realizó un análisis bromatológico para obtener valores proteicos, de fibra, entre otros, relacionados con el hongo obtenido en la combinación óptima y; cualitativo, dado que se evaluó las cualidades organolépticas de los cuerpos fructíferos después de aplicar el método de conservación.

3.3. Alcance de la investigación

En este estudio de investigación, se llevó a cabo diversos análisis sobre el hongo obtenido, con el objetivo de comprender su composición bromatológica y determinar la combinación óptima para su cultivo, además de emplear el método de secado natural para su conservación. Posteriormente, se comparó con investigaciones previas para enriquecer el conocimiento sobre el estudio actual.

3.4. Diseño de la investigación

3.4.1. Planteamiento de hipótesis

3.4.1.1. Hipótesis nula

El uso de las combinaciones de los residuos agrícolas y de poda de la Estación Experimental Tunshi, como sustratos para la producción del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*), no influye en la eficiencia biológica y rendimiento.

3.4.1.2. Hipótesis alternativa

El uso de al menos una de las combinaciones de los residuos agrícolas y de poda de la Estación Experimental Tunshi, como sustrato para la producción del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*) influye en la eficiencia biológica y rendimiento.

3.4.2. Identificación de variables

El presente proyecto al poseer un enfoque experimental contará con variables independientes y dependientes, las cuales se detallan a continuación en la tabla 3-1:

Tabla 3-1: Identificación de variables

Variable independiente	<ul style="list-style-type: none">• Sustratos (Residuos agrícolas y de poda)• Método de conservación
Variable dependiente	<ul style="list-style-type: none">• Eficiencia biológica• Rendimiento de producción• Análisis bromatológico

Realizado por: Melafios, I. 2024.

3.4.3. Localización del Estudio

La presente investigación se realizó en dos lugares, las etapas de preparación, multiplicación, masificación, preparación de sustratos y siembra del hongo se realizó en el en el laboratorio de Biología molecular, Genética y Microbiología de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), ubicada en la Panamericana Sur, km 1½, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo, con una altitud de 2750 msnm a una longitud de 78° 38” W

y una latitud de 01° 38"; y la incubación, fructificación, cosecha y secado del hongo se lo realizó en las instalaciones de una aula específica adaptada para este proceso dentro de la facultad de Ciencias.

3.4.3.1. *Ubicación geográfica del proyecto*



Ilustración 3-1: Ubicación geográfica del proyecto – Laboratorio de Biología molecular, genética y microbiología

Fuente: (Google Earth Pro, 2022).

Realizado por: Melañes, I. 2024.



Ilustración 3-2: Ubicación geográfica del proyecto – Aula adaptada – Facultad de Ciencias

Fuente: (Google Earth Pro, 2022).

Realizado por: Melañes, I. 2024.

3.4.4. *Diseño experimental*

Es completamente aleatorio (DCA), en el cual se utiliza cinco tipos de residuos agrícolas y de poda de la Estación Experimental Tunshi, los cuales son: compost de origen de residuos vegetales, compost de origen de residuos pecuarios, hojarasca de eucalipto, kikuyo y paja de cebada, en distintas proporciones de combinaciones para conformar los sustratos de los cuales se originan 21 tratamientos experimentales con 3 repeticiones, generando un total de 63 unidades experimentales

(tabla 3-2).

Tabla 3-2: Unidades experimentales de la producción del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*)

Tratamiento	Unidades experimentales	Réplicas
T1	0,25 kg de C1 + 0,75 kg de PC	3
T2	0,25 kg de C1 + 0,75 kg de H	3
T3	0,25 kg de C1 + 0,75 kg de K	3
T4	0,5 kg de C1 + 0,5 kg de PC	3
T5	0,5 kg de C1 + 0,5 kg de H	3
T6	0,5 kg de C1 + 0,5 kg de K	3
T7	0,75 kg de C1 + 0,25 kg de PC	3
T8	0,75 kg de C1 + 0,25 kg de H	3
T9	0,75 kg de C1 + 0,25 kg de K	3
T10	1 kg de PC	3
T11	1 kg de H	3
T12	1 kg de K	3
T13	0,25 kg de C2 + 0,75 kg de PC	3
T14	0,25 kg de C2 + 0,75 kg de H	3
T15	0,25 kg de C2 + 0,75 kg de K	3
T16	0,5 kg de C2 + 0,5 kg de PC	3
T17	0,5 kg de C2 + 0,5 kg de H	3
T18	0,5 kg de C2 + 0,5 kg de K	3
T19	0,75 kg de C2 + 0,25 kg de PC	3
T20	0,75 kg de C2 + 0,25 kg de H	3
T21	0,75 kg de C2 + 0,25 kg de K	3

Realizado por: Melanos, I. 2024.

Donde:

T: Tratamiento

C1: Compost correspondiente a residuos vegetales

C2: Compost correspondiente a residuos pecuarios

PC: Paja de cebada

H: Hojarasca de eucalipto

K: Kikuyo

Tabla 3-3: Diseño experimental de los tratamientos

Tratamiento	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3
T1	T1R1	T1R2	T1R3
T2	T2R1	T2R2	T2R3
T3	T3R1	T3R2	T3R3
T4	T4R1	T4R2	T4R3
T5	T5R1	T5R2	T5R3
T6	T6R1	T6R2	T6R3

T7	T7R1	T7R2	T7R3
T8	T8R1	T8R2	T8R3
T9	T9R1	T9R2	T9R3
T10	T10R1	T10R2	T10R3
T11	T11R1	T11R2	T11R3
T12	T12R1	T12R2	T12R3
T13	T13R1	T13R2	T13R3
T14	T14R1	T14R2	T14R3
T15	T15R1	T15R2	T15R3
T16	T16R1	T16R2	T16R3
T17	T17R1	T17R2	T17R3
T18	T18R1	T18R2	T18R3
T19	T19R1	T19R2	T19R3
T20	T20R1	T20R2	T20R3
T21	T21R1	T21R2	T21R3

Realizado por: Melaños, I. 2024.

Donde:

T: Tratamiento

R: Réplicas

3.4.5. Población de estudio

La población de estudio se conforma de las muestras obtenidas en torno a los residuos generados por la Estación Experimental Tunshi, correspondientes al área pecuaria que forma parte de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se empleó residuos agrícolas y de poda (paja de cebada, hojarasca de eucalipto y kikuyo), al igual que compost (residuos vegetales y residuos pecuarios).

3.4.6. Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra de esta investigación es de 63 unidades experimentales para la producción del hongo *P. ostreatus*, compuestas cada una por 1 kg de las combinaciones de los residuos agrícolas y de poda provenientes de la Estación Experimental Tunshi y la semilla con micelio del hongo (Tabla 3-2), todas las unidades estuvieron expuestas a condiciones ambientales similares, la temperatura se mantuvo en un rango de 25 a 28 °C y el contenido de humedad entre el 70 al 80%.

3.4.7. Selección de la muestra

Residuos agrícolas y de poda (paja de cebada, hojarasca de eucalipto y kikuyo), además de

compost originario de residuos vegetales y compost originario de residuos pecuarios, generados en la Estación Experimental Tunshi.

3.5. Esquema metodológico

3.5.1. Cultivo del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*)

3.5.1.1. Preparación del medio de cultivo

El medio de cultivo empleado es el Agar de Dextrosa de Patata (PDA). Para su preparación, se disolvieron 65 g de este medio en 1000 mL de agua destilada. Para obtener suficiente medio para 10 cajas Petri, (Ilustración 3-3). Luego, esta solución se esterilizó en autoclave a 121 °C durante 15 minutos a una presión de 15 psi. Una vez esterilizado, se permite que el medio se enfríe en condiciones asépticas dentro de una cámara de flujo laminar hasta alcanzar aproximadamente los 35 °C, sin que se solidifique. Posteriormente, se vertió el medio esterilizado en cada caja Petri, llenándolas aproximadamente tres cuartas partes de su capacidad, y se dejó solidificar cerca de un mechero antes de su uso.



Ilustración 3-3: Preparación del medio de cultivo

Realizado por: Melaños, I. 2024.

3.5.1.2. Multiplicación del micelio del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*)

Una vez que el medio de las cajas Petri se solidificó, se procedió con la multiplicación del micelio. Para ello, se seleccionó una caja Petri previamente preparada que contenía micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*. Luego, se realizó cortes en cuadrados de 1 cm con un bisturí estéril, los cuales se colocaron en el medio de cultivo para promover su crecimiento micelial (Ilustración 3-4).



Ilustración 3-4: Multiplicación del micelio

Realizado por: Melañes, I. 2024.

Las cajas fueron etiquetadas con la información correspondiente (Ilustración 3-5) y luego se colocaron en la incubadora a una temperatura de 28 °C durante un período que va de 12 a 15 días. Durante este tiempo, se esperó que el micelio del hongo colonice por completo la superficie de las cajas Petri. Este proceso se identifica cuando se forma una cubierta de color blanco similar al algodón (Ilustración 3-6).



Ilustración 3-5: Etiquetado de cajas Petri

Realizado por: Melañes, I. 2024.



Ilustración 3-6: Colonización del hongo *P. ostreatus*

Realizado por: Melañes, I. 2024.

3.5.1.3. Masificación del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*)

Para obtener la semilla del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*), se utilizó granos de cebada, primero se sometió a un proceso de limpieza y de lavado tres veces para eliminar posibles agentes patógenos e impurezas que puedan causar contaminación.

Luego, los granos se remojaron en agua a temperatura ambiente durante 24 horas para alcanzar una humedad aproximada del 70-80%, y posteriormente se escurrieron durante 30 minutos para eliminar el exceso de agua.

Después, se colocaron los granos humedecidos en frascos de vidrio limpios hasta llenar aproximadamente las 2/3 partes de los recipientes. Estos frascos se esterilizaron en autoclave a una temperatura de 121 °C durante 45 minutos (Figura 5). Una vez esterilizados, se dejaron enfriar a temperatura ambiente en una cámara de flujo laminar (Ilustración 3-8). Cuando los frascos estuvieron fríos, se colocaron de 2 a 4 trozos del micelio en cada uno con la ayuda de un asa estéril, con el fin de iniciar el proceso de multiplicación del hongo.



Ilustración 3-7: Esterilización de granos de cebada en autoclave

Realizado por: Melaños, I. 2024.

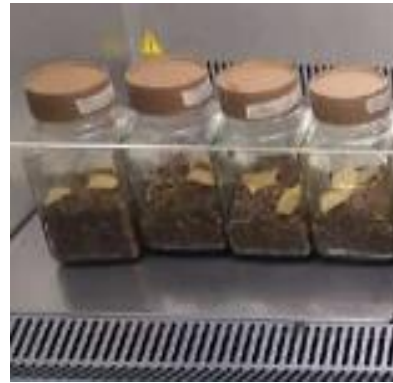


Ilustración 3-8: Masificación del hongo en granos de cebada

Realizado por: Melaños, I. 2024.

Una vez completado este procedimiento, los frascos se identificaron con etiquetas y se introdujeron en la incubadora a una temperatura de 28 °C durante un lapso de 15 a 20 días. Durante este período, el micelio del hongo se expandió por todo el contenido del frasco, lo que se observa como una coloración blanquecina con una apariencia similar al algodón (Ilustración 3-9).



Ilustración 3-9: Obtención de la semilla del hongo ostra gris (*P. ostreatus*)

Realizado por: Melaños, I. 2024.

3.5.1.4. Preparación de los sustratos

Una vez que se obtuvo los residuos agrícolas y de poda (paja de cebada, hojarasca de eucalipto y kikuyo), así como el compost derivado de residuos vegetales y pecuarios, se procedió a eliminar la humedad exponiéndolos al sol directamente durante un período de 7 a 10 días (Ilustración 3-10). Este proceso tuvo como objetivo evitar que los microorganismos patógenos deterioren el material. Posteriormente, la paja de cebada, la hojarasca de eucalipto y el kikuyo secos se trituró manualmente hasta obtener una granulometría de 2-3 cm (Ilustración 3-11).



Ilustración 3-10: Secado natural de residuos agrícolas y de poda

Realizado por: Melaños, I. 2024.



Ilustración 3-11: Kikuyo triturado
Realizado por: Melaños, I. 2024.

Una vez que los residuos fueron triturados, se llevó a cabo su limpieza y lavado para eliminar cualquier impureza presente. Posteriormente, los residuos se remojaron en agua a temperatura ambiente durante 24 horas con el fin de alcanzar una humedad del 70-80% (Ilustración 3-12). Pasado este tiempo, se procede a escurrirlos.



Ilustración 3-12: Residuos en proceso de remojo

Realizado por: Melaños, I. 2024.

Se elaboró las bolsas destinadas para la siembra del hongo *P. ostreatus*, para ello se combinaron los residuos agrícolas y de poda de acuerdo con los tratamientos y pesos ya definidos.

Posteriormente, estas bolsas fueron sometidas a pasteurización en el autoclave durante 2 horas y se dejaron enfriar a temperatura ambiente en un lugar limpio.



Ilustración 3-13: Preparación de bolsas

Realizado por: Melaños, I. 2024.



Ilustración 3-14: Enfriamiento de bolsas posterior al proceso de pasteurización

Realizado por: Melaños, I. 2024.

3.5.1.5. *Siembra del hongo ostra gris (Pleurotus ostreatus) en los tratamientos establecidos*

La siembra se realizó en bolsas de polietileno transparentes, las cuales fueron preparadas previamente. Para ello, se colocaron las bolsas en la cámara de flujo laminar y se añadieron 100 gramos de granos de cebada con micelio de hongo. Posteriormente, se cerraron las bolsas con la ayuda de ligas y se etiquetó. Se practicaron perforaciones en las bolsas con ayuda de una aguja estéril con la finalidad de permitir la entrada de aproximadamente el 10% del oxígeno necesario para la respiración del hongo durante su fase de incubación.



Ilustración 3-15: Incorporación de granos de cebada

Realizado por: Melaños, I. 2024.



Ilustración 3-16: Perforación de bolsas mediante de una aguja estéril

Realizado por: Melaños, I. 2024.

3.5.1.6. *Incubación de los sustratos*

Las bolsas de polietileno se disponen en un espacio apropiado destinado a funcionar como una incubadora (Ilustración 3-17). Este lugar debe ser desinfectado y adaptado para asegurar condiciones de oscuridad durante la incubación. La temperatura se mantiene dentro de un intervalo de 20-28 °C y la humedad entre 40-60%, mediante el uso de un calefactor. Estos valores deben ser monitoreados regularmente con un termohigrómetro (Ilustración 3-18).



Ilustración 3-17: Incubación de las bolsas

Realizado por: Melaños, I. 2024.



Ilustración 3-18: Termohigrómetro de

Beurer - HM 16

Realizado por: Melaños, I. 2024.

Después de un lapso de 20-25 días, se evidenció que el micelio del hongo colonizó completamente el sustrato. En este punto, se colocaron las unidades experimentales a la luz para favorecer el desarrollo de los primordios (Ilustración 3-19), manteniendo las mismas condiciones ambientales que al inicio. Se roció agua diariamente para mantener el sustrato húmedo, y también se practicaron cortes en las bolsas para permitir el crecimiento de los primordios (Ilustración 3-20).



Ilustración 3-19: Colonización del hongo

Realizado por: Melaños, I. 2024.



Ilustración 3-20: Desarrollo de los primordios

Realizado por: Melaños, I. 2024.

3.5.1.7. *Fructificación y cosecha del hongo ostra gris (Pleurotus ostreatus)*

Después de aproximadamente 7-14 días, los primordios empezaron a desarrollarse y fructificarse (Ilustración 3-21), momento en el cual se llevó a cabo su cosecha. Para esto, se esperó a que el sombrero del hongo adopte una forma plana. Se utilizó un bisturí estéril para realizar un corte en la base del pie del hongo, evitando dañar el sustrato. Luego, se pesó la biomasa fúngica para realizar los cálculos pertinentes (Ilustración 3-22).



Ilustración 3-21: Cuerpos fructíferos del hongo *P. ostreatus*

Realizado por: Melaños, I. 2024.



Ilustración 3-22: Pesaje de biomasa del hongo *P. ostreatus*

Realizado por: Melaños, I. 2024.

Se mantuvieron las unidades experimentales en las mismas condiciones con el objetivo de lograr cosechas adicionales (Ilustración 3-23).



Ilustración 3-23: Obtención de la segunda cosecha del hongo *P. ostreatus*

Realizado por: Melaños, I. 2024.

3.5.1.8. *Conservación de del hongo ostra gris (Pleurotus ostreatus)*

Secado natural de hongos Pleurotus ostreatus

Después de la fructificación del hongo *Pleurotus ostreatus*, se recolectaron los hongos intactos, se eligieron aquellos que tienen un diámetro del sombrero de entre 5 y 10 cm (Ilustración 3-24).



Ilustración 3-24:Recolección de cuerpos fructíferos

Realizado por: Melaños, I. 2024.

Luego, se llevó a cabo la limpieza utilizando un cepillo de cerdas finas para eliminar cualquier partícula extraña, seguido de varios lavados con agua potable para eliminar la tierra y otros residuos, y se colocan sobre paños esterilizados para escurrir. Después de esto, se utiliza el método de conservación mediante el secado natural, donde los cuerpos fructíferos se colocaron en bandejas de aluminio en un lugar limpio y fresco durante un período de 5 a 10 días. Esto permitió que se deshidratan de forma natural debido a las condiciones ambientales, hasta que los hongos estén completamente secos. (Ilustración 3-25). Finalmente, se almacenaron en bolsas plásticas. (Ilustración 3-26).



Ilustración 3-25: Secado natural del hongo *Pleurotus ostreatus*

Realizado por: Melaños, I. 2024.



Ilustración 3-26: Almacenamiento en bolsas plásticas

Realizado por: Melaños, I. 2024.

3.5.1.9. *Parámetros de evaluación de la productividad del hongo ostra gris (Pleurotus ostreatus)*

❖ **Eficiencia biológica**

La eficiencia biológica se calcula mediante una proporción en porcentaje del peso fresco del hongo con respecto al peso seco del sustrato, luego de haber sido sometido a un proceso de secado.

Se calculo mediante la (Ecuación 1):

$$EB = \frac{\text{Peso (g) de hongo fresco}}{\text{Peso (g) del sustrato seco}} * 100$$

(Ec. 1)

❖ **Rendimiento**

El rendimiento se determina mediante un cálculo que consiste en relacionar el peso fresco del

hongo con el peso húmedo del sustrato, expresado en forma de porcentaje.

Se calculo mediante la (Ecuación 2):

$$Re = \frac{\text{Peso (g) de hongo fresco}}{\text{Peso (g) del sustrato humedo}} * 100$$

(Ec. 2)

3.5.1.10. Caracterización del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*)

❖ Análisis bromatológico.

El análisis bromatológico del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*) obtenido en la combinación óptima se realizó en base seca en el laboratorio acreditado Multianalityca S.A.

Tabla 3-4: Análisis de las características bromatológicas del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*)

PARÁMETRO	MÉTODO INTERNO	MÉTODO REFERENCIA
Humedad	MFQ-04	AOAC 925.10/ Gravimetría, Horno de aire
Proteína	MFQ-01	AOAC 2001.11/ Volumetría, Kjeldahl
Grasa	MFQ-02	AOAC 2003.06/ Gravimetría, Soxhlet
Ceniza	MFQ-03	AOAC 923.03/ Gravimetría, directo
Fibra bruta	MFQ-06	NTE INEN 522:2013/ Gravimetría
Carbohidratos	MFQ-11	FAO Tabla composición alimentos/ Cálculo
Calorías	MFQ-12	NTE INEN 1334-2:2011/ Cálculo

Realizado por: Multianalityca S.A.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis del rendimiento de producción del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*)

La importancia del rendimiento radica en establecer el porcentaje de hongos frescos producidos a partir de una cantidad específica de materia prima, con el fin de reducir el desperdicio y, al mismo tiempo, aumentar el valor de esta materia prima, según lo señalado por (EVALUACIÓN DE RESIDUOS AGRÍCOLAS COMO SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DE *Pleurotus ostreatus*., 2013).

En la tabla 4-1 se muestra el promedio de los rendimientos logrados en las 21 combinaciones para la producción del hongo *P. ostreatus* en las 3 repeticiones, indica que el tratamiento 1 (C1 25% + TC 75%), presentó el mayor rendimiento con una media de 38,97%. Por consiguiente, este tratamiento se destaca como el sustrato con el rendimiento más alto, seguido por el tratamiento 11 (H 100%) con 36,37%; y el menos adecuado para la producción de este hongo es el tratamiento 21 (C2 75% + K 25%) con un 9,84%.

Tabla 4-1: Resultado de Rendimiento para cada combinación

Combinación Réplicas	Promedio de la biomasa fúngica (g)	Peso del sustrato húmedo (g)	Promedio del rendimiento (%)
C1 25% + PC 75%	389,7	1000	38,97
C1 25% + H 75%	235,6	1000	23,56
C1 25% + K 75%	267,1	1000	26,71
C1 50% + PC 50%	312,5	1000	31,25
C1 50% + H 50%	241,1	1000	24,11
C1 50% + K 50%	234,3	1000	23,43
C1 75% + PC 25%	304,8	1000	30,48
C1 75% + H 25%	191,5	1000	19,15
C1 75% + K 25%	226,4	1000	22,64
H 100%	363,7	1000	36,37
K 100%	310,5	1000	31,05
PC 100%	342,9	1000	34,29
C2 25% + PC 75%	276,6	1000	27,66
C2 25% + H 75%	253,7	1000	25,37
C2 25% + K 75%	153,89	1000	15,39
C2 50% + PC 50%	233,8	1000	23,38
C2 50% + H 50%	137,3	1000	13,73
C2 50% + K 50%	313,2	1000	31,32
C2 75% + PC 25%	297,4	1000	29,74
C2 75% + H 25%	248,3	1000	24,83
C2 75% + K 25%	98,4	1000	9,84

Realizado por: Melañós, I. 2024.

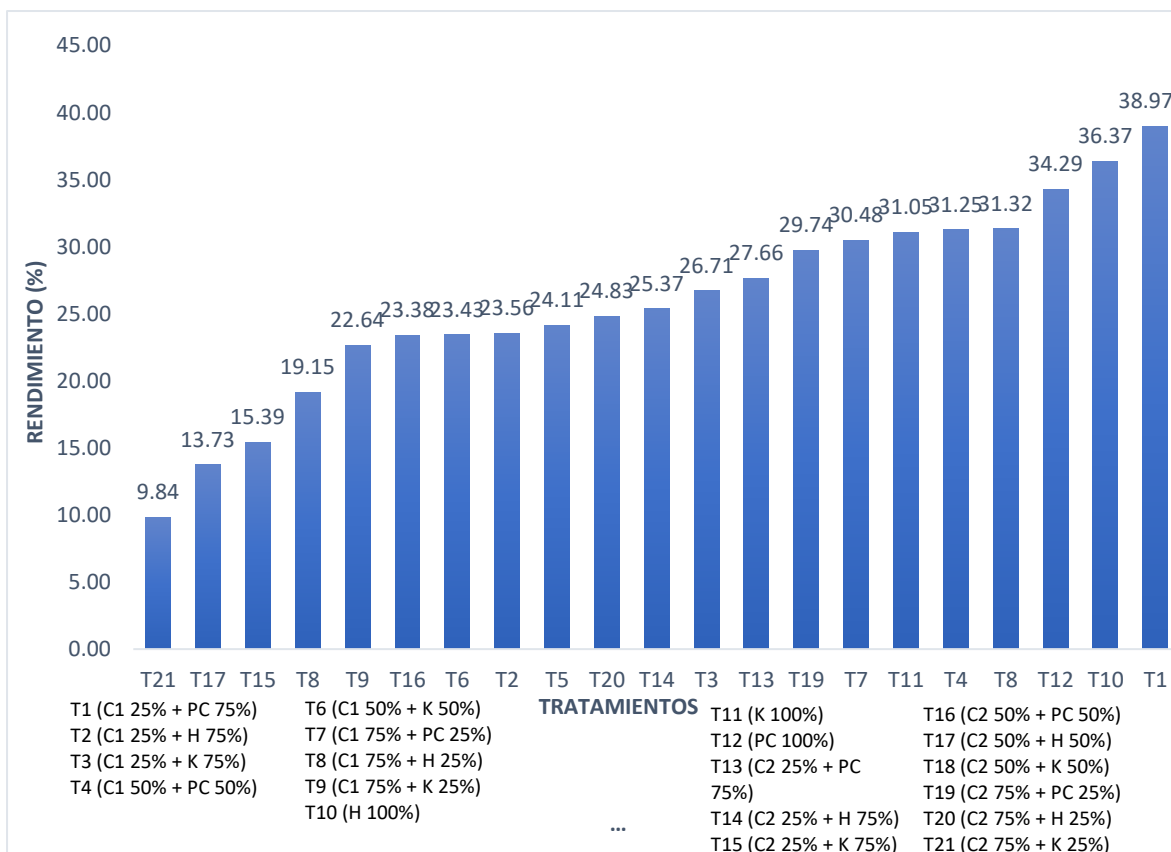


Ilustración 4-1: Rendimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* para cada combinación de sustratos.

Realizado por: Melañes, I. 2024.

Según la ilustración 4-1, se puede observar que el rendimiento es más elevado en el tratamiento 1 (C1 25% + TC 75%), alcanzando 38,97%. En un estudio realizado por (“Evaluación de la eficiencia de crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en residuos”., 2019), utilizó una combinación de hojas de quinua y tallos en proporción 50:50, reportando un promedio de rendimiento de 30,62%, el cual supera al obtenido en nuestro estudio en el tratamiento 5 (C1 50% + H 50%), que es de 24,11%. Por otro lado, (Aprovechamiento de residuos de plátano, cacao y maíz como sustratos para la producción del hongo “*Pleurotus ostreatus*”, 2018), en uno de sus sustratos utilizó partes iguales de hoja de plátano, tuza de maíz y mazorca de cacao, y reportó un rendimiento de 20,32%, una cifra bastante similar al del tratamiento 8 (C1 75% + H 25%), con un rendimiento de 19,15%.

Los resultados obtenidos en el estudio pueden atribuirse al uso de combinaciones que incluyen una cantidad de compost. Este compost contribuye al aumento de la materia orgánica en los sustratos utilizados, lo que a su vez mejora su fertilidad, estructura y capacidad de retención de agua.

4.2. Análisis de la eficiencia biológica del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*)

La calidad del sustrato utilizado en la producción de hongos está determinada por su eficiencia biológica, la cual se considera aceptable cuando alcanza al menos el 50%, según lo señalado por (“Valoración y crecimiento del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en cuatro sustratos generados a partir de procesos productivos agropecuarios, en el Municipio de Malaga, Santander”, 2017).

En la tabla 4-2 se muestra el promedio de la eficiencia biológica lograda en las 21 combinaciones para la producción del hongo *P. ostreatus* en las 3 repeticiones, indica que el tratamiento 1 (C1 25% + TC 75%), presentó mayor eficiencia biológica teniendo una media de 77,32%, Por consiguiente, este tratamiento se destaca como el sustrato con la eficiencia biológica más alta, seguido por el tratamiento 11 (H 100%) con 75,30% y el menos adecuado para la producción de este hongo es el tratamiento 21 (C2 75% + K 25%) con 15,42%.

Tabla 4-2: Cálculo de la eficiencia biológica para cada combinación

Combinación Réplicas	Promedio de la biomasa fúngica (g)	Promedio del peso seco del sustrato (g)	Promedio de la eficiencia biológica (%)
C1 25% + TC 75%	389,7	504	77,32
C1 25% + H 75%	235,6	488	48,28
C1 25% + K 75%	267,1	428	62,41
C1 50% + TC 50%	312,5	568	55,02
C1 50% + H 50%	241,1	528	45,66
C1 50% + K 50%	234,3	627	37,37
C1 75% + TC 25%	304,8	627	48,61
C1 75% + H 25%	191,5	648	29,55
C1 75% + K 25%	226,4	614	36,87
H 100%	363,7	483	75,30
K 100%	310,5	468	66,35
TC 100%	342,9	501	68,44
C2 25% + TC 75%	276,6	426	64,93
C2 25% + H 75%	253,7	432	58,73
C2 25% + K 75%	153,89	421	36,55

C2 50% + TC 50%	233,8	534	43,78
C2 50% + H 50%	137,3	557	24,65
C2 50% + K 50%	313,2	526	59,54
C2 75% + TC 25%	297,4	601	49,48
C2 75% + H 25%	248,3	628	39,54
C2 75% + K 25%	98,4	638	15,42

Realizado por: Melañós, I. 2024.

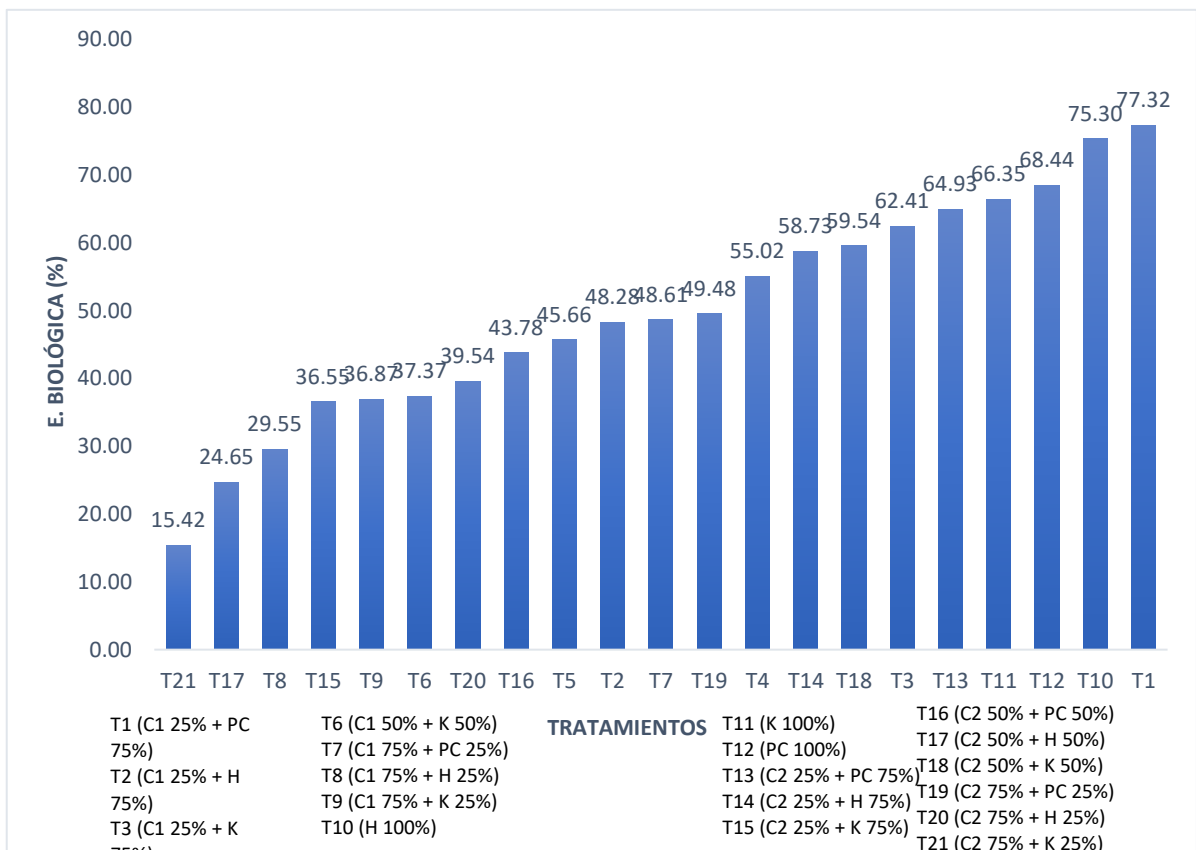


Ilustración 4-2: Eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus* para cada combinación de sustratos.

Realizado por: Melañós, I. 2024.

Basándose en la ilustración 4-2, se observa que la eficiencia biológica es más alta en el tratamiento 1 (C1 25% + TC 75%), alcanzando 77,32%. Este valor es similar al informado por (Evaluación de la eficiencia biológica de cepas de *Pleurotus pulmonarius* en paja de cebada fermentada, 2009), quienes reportan una eficiencia de 71,25% en uno de sus tratamientos con paja de cebada sin fermentar. Por otro lado, la investigación realizada por (“Evaluación de la eficiencia de crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en residuos”, 2019) utilizando una combinación 50:50 de hojarasca de quinua y tallo, logró una eficiencia

biológica de 88,49%, superando la del tratamiento 5 (C1 50% + H 50%), que reporta 45,66%. Los resultados obtenidos, que se asemejan con los de un estudio previo realizado por (Evaluación de la eficiencia biológica de cepas de *Pleurotus pulmonarius* en paja de cebada fermentada, 2009), se explican porque se empleó paja de cebada sin fermentar, al igual que en nuestro estudio. Sin embargo, las diferencias en otros resultados pueden ser atribuibles al hecho de que el autor del estudio anterior empleó residuos que contenían una mayor cantidad de lignocelulosa, como el tallo de quinua.

4.3. Análisis del método de secado natural del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*)

Según se puede apreciar en la Tabla 4-8, las cualidades físicas y organolépticas de los cuerpos fructíferos se preservan de forma adecuada. Estos hallazgos coinciden con los informados por ("Avances en el sabor y aroma umami de los hongos comestibles", 2020) en su investigación titulada "Avances en el sabor y aroma umami de los hongos comestibles", mediante este proceso de secado natural, el color y la forma del hongo se mantienen en un 70%.

Los resultados del estudio se explican por el hecho de que el método de secado natural preserva las propiedades nutritivas, físicas y organolépticas del hongo, como se puede observar en el Anexo H. Estas características destacadas incluyen la conservación de la forma del hongo fresco, una textura áspera y rugosa, un suave aroma a hongo y un sabor carnoso.

Tabla 4-3: Características físicas y organolépticas de los cuerpos fructíferos obtenidos en la combinación óptima

Tipo de conservación		Secado natural
Duración (d)		5 - 10
Temperatura (°C)		20 - 23
Características	Forma	Conserva
	Textura	Áspera y rugosa
	Color	Amarillento
	Sabor	Cárnico
	Olor	Fúngico suave

Realizado por: Melañes, I. 2024.

4.4. Análisis de las características bromatológicas de los hongos

Tras identificar que el tratamiento 1 (C1 25% + TC 75%) es más adecuado para la producción, se procedió a analizar las características bromatológicas de este mediante el laboratorio Multianalityca S.A, en base seca, cuyos resultados se presentan en la tabla 4-4. Según lo señalado por (Rendimiento, contenido nutricional y actividad antioxidante de *Pleurotus ostreatus* en mazorcas de maíz suplementadas con residuos de hierbas, 2018), quienes obtuvieron un contenido de proteína del 25,68% en un tratamiento de mazorcas de maíz suplementadas con residuos de hierbas, los valores obtenidos son inferiores a los reportados en nuestra investigación con un contenido de proteína de 34,72%.

Los resultados del estudio pueden explicarse por la utilización de combinaciones que incorporan tanto compost como residuos lignocelulósicos, como la paja de cebada. Asimismo, es importante tener en cuenta que un factor determinante para la calidad nutricional de un alimento radica principalmente en su contenido proteico. Por lo tanto, nuestros hallazgos pueden considerarse satisfactorios, ya que la variación en el contenido de proteínas está relacionada con el sustrato empleado.

Tabla 4-4: Resultados del análisis de las características bromatológicas del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*)

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO REFERENCIA
Humedad	12.55	%	MFQ-04	AOAC 925.10/ Gravimetría, Horno de aire
Proteína	34.72	%	MFQ-01	AOAC 2001.11/ Volumetría, Kjeldahl
Grasa	3.08	%	MFQ-02	AOAC 2003.06/ Gravimetría, Soxhlet
Ceniza	9.48	%	MFQ-03	AOAC 923.03/ Gravimetría, directo
Fibra bruta	5.54	%	MFQ-06	NTE INEN 522:2013/

				Gravimetría
Carbohidratos	34.63	%	MFQ-11	FAO Tabla composición alimentos/ Cálculo
Calorías	305.12	kcal/100g	MFQ-12	NTE INEN 1334-2:2011/ Cálculo

Realizado por: Multianalityca S.A.

4.5. Comprobación de hipótesis

4.5.1. Hipótesis nula

El uso de las combinaciones de los residuos agrícolas y de poda de la Estación Experimental Tunshi, como sustratos para la producción del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*), no influye en la eficiencia biológica y rendimiento mediante cálculo estadístico ANOVA, $p \leq 0.05$.

4.5.2. Hipótesis alternativa

El uso de al menos una de las combinaciones de los residuos agrícolas y de poda de la Estación Experimental Tunshi, como sustratos para la producción del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*) influye en la eficiencia biológica y rendimiento mediante cálculo estadístico de intervalo de tolerancia, $p \leq 0,05$.

4.6. Comprobación de la hipótesis en base al rendimiento

Tabla 4-5: Rendimiento en todas las unidades experimentales

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21
13.76	6.78	5.54	13.76	7.17	7.12	14.53	7.42	6.63	13.94	9.72	7.24	7.4	8.54	4.059	7.21	4.88	11.43	13.79	7.5	2.87
12.61	5.46	8.6	12.61	3.04	8.1	6.84	5.52	7.81	12.21	8.71	14.85	10.3	9.1	6.04	6.62	4.22	11.57	11.74	8.68	3.41
12.6	11.32	17.11	12.6	13.9	8.21	9.11	6.21	8.2	10.22	12.62	12.2	9.96	7.73	5.29	9.55	4.63	8.32	4.21	8.65	3.56

Realizado por: Melañes, I. 2024.

En la tabla 4-6 se observa la prueba de hipótesis mediante ANOVA en base a la eficiencia biológica, se determina un valor p 0,002 cual es menor al nivel de significancia de 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna y de tal forma, se comprueba que el uso de al menos una de las combinaciones de los residuos agrícolas y de poda de la Estación Experimental Tunshi, como sustratos para la producción del hongo ostra gris (*Pleurotus*

ostreatus) influye en el rendimiento.

Tabla 4-6: Análisis de varianza del rendimiento

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	20	411,3	20,564	2,84	0,002
Error	42	304,6	7,253		
Total	62	715,9			

Realizado por: Melañes, I. 2024.

Tabla 4-7: Comprobación de hipótesis en base al rendimiento

Nivel de confianza del 95%	Prueba p	Si/No
¿Existe diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento entre los veintidós grupos?	0,002	Si
Error muestral	0,05	

Realizado por: Melañes, I. 2024.

4.7. Comprobación de la hipótesis en base a la eficiencia biológica

Tabla 4-8: Eficiencia biológica en todas las unidades experimentales

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21
27,30	13,89	12,94	24,23	13,58	11,36	23,17	11,45	10,80	28,86	20,77	14,45	17,37	19,77	9,64	13,50	8,76	21,73	22,95	11,94	4,50
25,02	11,19	20,09	22,20	5,76	12,92	10,91	8,52	12,72	25,28	18,61	29,64	24,18	21,06	14,35	12,40	7,58	22,00	19,53	13,82	5,34
25,00	23,20	39,98	22,18	26,33	13,09	14,53	9,58	13,36	21,16	26,97	24,35	23,38	17,89	12,57	17,88	8,31	15,82	7,00	13,77	5,58

Realizado por: Melañes, I. 2024.

En la tabla 4-9 se observa la prueba de hipótesis mediante ANOVA en base a la eficiencia biológica, se determina un valor p 0,000 cual es menor al nivel de significancia de 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna y de tal forma, se comprueba que el uso de al menos una de las combinaciones de los residuos agrícolas y de poda de la Estación Experimental Tunshi, como sustratos para la producción del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*) influye en la eficiencia biológica.

Tabla 4-9: Análisis de varianza de la eficiencia biológica

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	20	2062	103,09	3,61	0,000

Error	42	1199	28,55		
Total	62	3261			

Realizado por: Melanos, I. 2024.

Tabla 4-10: Comprobación de hipótesis en base a la eficiencia biológica

Nivel de confianza del 95%	Prueba p	Si/No
¿Existe diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento entre los veintiún grupos?	0,000	Si
Error muestral	0,05	

Realizado por: Melanos, I. 2024.

CONCLUSIONES

- ❖ Se evaluaron los rendimientos de producción del hongo *Pleurotus ostreatus*, observando que el tratamiento 1 (C1 25% + TC 75%) fue el más eficaz, alcanzando un rendimiento de 38,97%. Esta combinación se considera la más apropiada y eficiente. Le sigue el tratamiento 11 (H 100%) con 36,37%. Por otro lado, el tratamiento 21 (C2 75% + K 25%) es el menos adecuado para la producción de este hongo con solo 9,84% de rendimiento tratamiento 11 (H 100%) con 75,30% y el menos adecuado para la producción de este hongo es el tratamiento 21 (C2 75% + K 25%) con 15,42%.
- ❖ Se concluyó que el tratamiento 1 (C1 25% + TC 75%) posee la eficiencia biológica más alta con una media de 77,32%. Por lo tanto, este tratamiento sobresale como el sustrato con la eficiencia más elevada, seguido por el tratamiento 11 (H 100%), que alcanza un 75,30%. En contraste, el tratamiento 21 (C2 75% + K 25%) es el menos adecuado para la producción de este hongo, con solo 15,42% de eficiencia.
- ❖ El proceso de secado natural conserva las características físicas y organolépticas del hongo, incluyendo la forma del hongo fresco, una textura áspera y rugosa, un suave olor fúngico y un sabor carnosos.
- ❖ Tras llevar a cabo el análisis de las características bromatológicas del hongo cultivado en el tratamiento 1 (C1 25% + TC 75%), el cual fue el óptimo, se puede deducir que este es una excelente fuente de proteínas; al igual que productos como la carne, los huevos y la leche, puede ser considerado como un alimento funcional, principalmente debido al alto porcentaje de proteínas presente, que alcanza el 34,72%.

RECOMENDACIONES

- ❖ Conducir estudios adicionales que involucren otros residuos disponibles en la Estación Experimental Tunshi.
- ❖ Llevar a cabo un análisis exhaustivo de la composición química y estructural de cada residuo, con el fin de identificar posibles interferencias en el desarrollo y crecimiento del hongo.
- ❖ Contemplar la introducción de la producción de hongos comestibles como una opción para generar empleo y aumentar los ingresos económicos de las familias.
- ❖ Emplear el residuo remanente del cultivo del *Pleurotus ostreatus* en nuevos procesos con el objetivo de añadirle un mayor valor a este subproducto.
- ❖ Promover la inclusión del hongo *Pleurotus ostreatus* en la dieta, colaborando con organizaciones dedicadas a la promoción de la seguridad alimentaria para resaltar su valor nutricional.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ACEVEDO, Catalina.** “Valoración y crecimiento del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en cuatro sustratos generados a partir de procesos productivos agropecuarios, en el Municipio de Malaga, Santander”. *Revista colombiana de investigaciones agroindustriales*, 2017, págs. 15-23.
2. **ATLAS, Ronald. & BARTHA, Richard.** *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. s.l. : Addison Wesley, 2002, pp 45-79.
3. **BARBADO, José.** *Hongos Comestibles*. s.l. : Editorial Albatros, 2003.
4. **BARNERS, Robert.** *Science of Grassland Agriculture*. s.l. : Blackwell Publishing., 2007.
5. **CEPERO DE GARCÍA, María.** *Biología de hongos*. s.l. : Ediciones Uniandes-Universidad de los Andes, 2012.
6. **CUEVA, Consuelo.** Aprovechamiento de residuos de plátano, cacao y maíz como sustratos para la producción del hongo “*Pleurotus ostreatus*”. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba-Ecuador: 2018, págs. 1-50. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/10172/1/236T0370.PDF>
7. **CURY, Ramiro. & SUN, Sonia.** “Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento”. *Revista colombiana de Ciencia Animal*, 2017, págs. 122-132.
8. **DONG, Wenjiang. & JIN, Zhao.** *Effect of different drying techniques on bioactive components, fatty acid composition, and volatile profile of robusta coffee beans*. s.l. : Quimica de alimentos , 2017.
9. **FERNANDEZ, Michel.** *Guia practica de produccion de Setas*. . s.l. : Fungitec Asesorias., 2004.
10. **FISHER, Johnstone.** *Analisis Moderno De Los Alimentos*. . s.l. : España: Acribia., 1971.
11. **GAITÁN, Rigoberto., HERNÁNDEZ, Dulce. & PEREZ, Rosalía.** “Evaluación de la eficiencia biológica de cepas de *Pleurotus pulmonarius* en paja de cebada fermentada”. *Revista mexicana de micología*. 2009, págs. 62-71.
12. **GONZALEZ, María.** *Alimentos funcionales obtenidos a partir de hongos*. Universidad Tecnologica De Pereira, Facultad De Tecnologías Química Industrial., 2016, págs. 1-132.
13. **GOWEN, Aoife., ABU-GHANNAN, Nicole. & FRIAS, Jesús.** *Optimisation of dehydration properties of cooked chickpeas (*Cicer arietinum L.*) undergoing microwave-hot air combination drying*. s.l. : Food Science & Technology, 2006.
14. **HERNÁNDEZ, Roberto., SALMONES, Dulce. & PÉREZ, Rosalía.** “Evaluación de la eficiencia biológica de cepas de *Pleurotus pulmonarius* en paja de cebada fermentada”.

Revista mexicana de micología, 2009, págs. 63-71.

15. NIETO, Ivonne. & CHEGWIN, Carolina. “Influencia del sustrato utilizado para el crecimiento de hongos comestibles sobre sus características nutraceuticas”. *Revista Colombiana de Biotecnología*, Colombia: 2010, págs. 169-178 .
16. JIN, Zhue., LIN, Yhaju. & REN, Jein. “Rendimiento, contenido nutricional y actividad antioxidante de *Pleurotus ostreatus* en mazorcas de maíz suplementadas con residuos de hierbas”. *Microbiologia*, 2018, págs. 24-32.
17. JOB, Diana. “La utilización de la borra del café como sustrato de base para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kummer”. *Revista Iberoamericana de Micología*, 2004, págs. 195-197.
18. LBRADA, Rosa. & CASELEY, Juan. *Manejo de Malezas Para Países en Desarrollo*. s.l. : Italia: FAO., 1996.
19. MARCAL, Sara., SOUSA, Ana. & TAOFIQ, Oludemi. *Impact of postharvest preservation methods on nutritional value and bioactive properties of mushrooms..* s.l. : Trends in Food Science & Technology, 2021.
20. MENDIETA, Oscar. & MEDINA, Mari. *Secado natural y solar de hongos comestibles silvestres de la región San Martín*. s.l. : Folia amazónica, 1995.
21. MICHELIS, Antonio. & RAJCHENBERG, Mario. *Hongos Comestibles: Teoría y práctica para la y práctica para la recolección, elaboración y conservación*. s.l. : Estación Experimental Agropecuaria Bariloche, 2006.
22. MILES, Philip. *Mushroom biology,concise basics and current development*. 1997.
23. MORENO, Joaquin. & HERRERO, Raul. *Compostaje*. s.l. : Ediciones Mundi-Prensa., 2011.
24. OCEGUERA, Sergio. & HERRERA, Diego. Deshidratación de un hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*) con y sin atemperamiento. [En línea]. (Trabajo de titulación), Universidad de Nariño, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, San Juan de Pasto-Colombia. 2018, Disponible en: <https://sired.udenar.edu.co/9280/1/27521.pdf>
25. OIE. *Mushroom cultivation. Backhuys*. 2003.
26. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. *Manual para el agricultor*. s.l. : Experiencias en America Latina, 2013.
27. PEDREÑO, Jesús. *Residuos orgánicos y agricultura*. s.l. : Universidad de Alicante., 1995.
28. PIÑA, Ana. & NIETO, Diego. “Utilización de residuos agrícolas y agroindustriales en el cultivo y producción del hongo comestible seta (*Pleurotus spp.*) ”. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*. 2015, págs. 141-151.
29. PISKOV, Serjey. *Effects of Various Drying Methods on Some Physico-Chemical*

Properties and the Antioxidant Profile and ACE Inhibition Activity of Oyster Mushrooms (Pleurotus Ostreatus). s.l. : Foods, 2020.

30. **RED ESPAÑOLA DE COMPOSTAJE.** *Residuos orgánicos y agricultura intensiva III.1. (2015)*. España: Ediciones Mundi-Prensa. s.l. : Ediciones Mundi-Prensa., 2015.
31. **RIVERA, Omar., LUNA, Luis. & MARTINEZ, Diana.** “Evaluación de residuos agrícolas como sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus*”. *Scielo*, 2013, págs. 89-100.
32. **ROBLEDO, Jimena.** “Cultivo de hongos comestibles”. *Scielo* [En línea], 2009, (Perú), vol. 12 (1), págs. 31-59. [Consulta: 20 diciembre 2023], Disponible en: http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/44/098/44098465.pdf.
33. **RODRIGUEZ, Angel.** Evaluación de la eficiencia de crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en residuos. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Pregrado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental. Riobamba-Ecuador: 2019, págs. 35-55. [Consulta: 2023-12-20] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14068/1/236T0481.pdf>
34. **RODRIGUEZ, Ana., MARTINEZ, Anelia. & BUGLIONE, Maria.** “Cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kummer sobre orujo de pera: Evaluación de la productividad y composición química del sustrato biodegradado”. *Canales de Biología*, (2018), págs. 21-30.
35. **ROMERO, Omar., HUERTA, Marcela. & MACIAS, Aracely.** “Valor económico, nutricional y medicinal de hongos comestibles silvestres”. *Revista Chilena de Nutrición*, 2016, págs. 75-80.
36. **SALMONES, Dulce.** “*Pleurotus djamor*, un hongo con potencial aplicación biotecnológica para el neotrópico”. *Revista mexicana de micología*, 2017, págs. 73-85.
37. **SIERRA, Santiago.** *Los hongos comestibles y su cultivo. Historia, desarrollo actual y perspectivas en México y el mundo*. Lab. de Taxonomía de Hongos Tremeloides (Heterobasidiomycetes), 2009, págs. 1-8.
38. **SAVAL, Susana.** “Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro”. *BioTecnología*, 2012, págs. 14-46.
39. **SUN, Libin., ZHANG, Zhi-yong. & XING, Guang.** “Avances en el sabor y aroma umami de los hongos comestibles”. *Tendencias en ciencia y tecnología de los alimentos*, 2020, págs. 176-185.
40. **STAMETS, Paul.** *Growing gourmet and medicinal mushrooms*. s.l. : Ten Speed., 2000.
41. **VARGAS, Pamela., HOYOS, Juan. & MOSQUERA, Miryam.** “Uso de hojarasca de roble y bagazo de caña en la producción de *Pleurotus ostreatus*”. *Revista Unicuca*, 2012, págs. 136-145.
42. **VARGAS, Pilar.** “Uso de hojarasca de roble y bagazo de caña en la producción de

Pleurotus ostreatus”. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustria*, 2012, págs. 136-145.

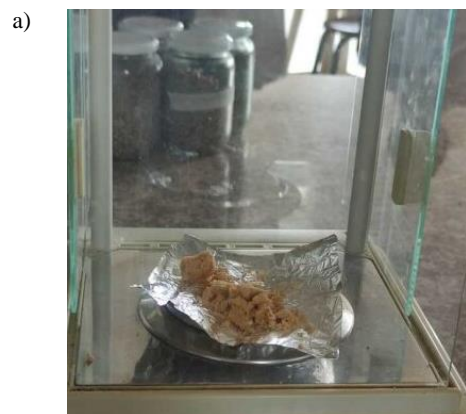
43. **WANG, Qingkui.** *Comparisons of litterfall, litter decomposition and nutrient return in a monoculture Cunninghamia lanceolata and a mixed stand in southern China.* s.l. : Forest Ecol, 2008.
44. **XU, Lei.** *Effects of high-temperature pre-drying on the quality of air-dried shiitake mushrooms (Lentinula edodes).* s.l. : Química de alimentos, 2019 págs. 50-55.
45. **ZHANG, Kexin., PU, Yuan. & SUN, Dawen.** “Recent advances in quality preservation of postharvest mushrooms (Agaricus bisporus): A review”. *Trends in Food Science & Technology*, 2018, págs. 72-82.

Total 45 referencias bibliográficas



ANEXOS

ANEXO A: PREPARACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO



DESCRIPCIÓN:

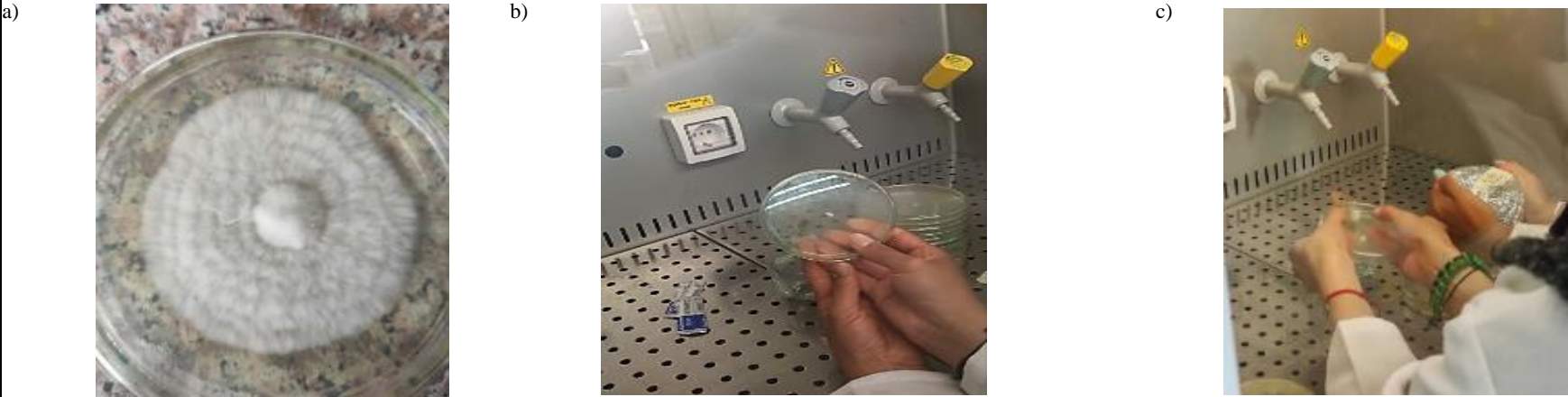
- a) Pesaje de Agar de Dextrosa de Patata.
- b) Preparación del Agar de Dextrosa de Patata.
- c) Vertido del medio esterilizado en cada caja Petri.

**ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DE
CHIMBORAZO**
ELABORADO POR:
*Melaños Marcela

ANEXO A: PREPARACION DE LOS SUSTRATOS

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	2024/04/12

ANEXO B: MULTIPLICACIÓN DEL MICELIO DEL HONGO OSTRA GRIS (*Pleurotus ostreatus*)



DESCRIPCIÓN:

- a) Selección de caja Petri previamente preparada que contiene micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*.
- b) Colocación de micelio en caja Petri para su posterior multiplicación.
- c) Etiquetado de cajas Petri.

**ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DE
CHIMBORAZO**
ELABORADO POR:
*Melaños Marcela

ANEXO B: MULTIPLICACIÓN DEL MICELIO DEL HONGO OSTRA GRIS (<i>Pleurotus ostreatus</i>)		
LÁMINA	ESCALA	FECHA
2	1:1	2024/04/12

ANEXO C: MASIFICACIÓN DEL HONGO OSTRA GRIS (*Pleurotus ostreatus*)

a)



b)



c)



DESCRIPCIÓN:

- a) Esterilización de granos de cebada en autoclave.
- b) Enfriamiento de frascos en la cámara de flujo laminar.
- c) Expansión del micelio en el frasco.

**ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DE
CHIMBORAZO**
ELABORADO POR:
*Melaños Marcela

**ANEXO C: MASIFICACIÓN DEL HONGO
OSTRA GRIS (*Pleurotus ostreatus*)**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
3	1:1	2024/04/12

ANEXO D: PREPARACIÓN DE LOS SUSTRATOS



DESCRIPCIÓN:

- a) Recolección de residuos de poda (paja de cebada, hojarasca de eucalipto y kikuyo), proveniente de la Estación Experimental Tunshi – ESPOCH.
- b) Corte manual de los residuos de poda (kikuyo) provenientes de la Estación Experimental Tunshi – ESPOCH.
- c) Preparación y limpieza de residuos agrícolas y de poda (paja de cebada, hojarasca de eucalipto y kikuyo), al igual que composta (residuos vegetales y residuos pecuarios) provenientes de la Estación Experimental Tunshi – ESPOCH.

**ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DE
CHIMBORAZO**
ELABORADO POR:
*Melaños Marcela

**ANEXO D: PREPARACIÓN DE LOS
SUSTRATOS**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
4	1:1	2024/04/12

ANEXO E: SIEMBRA DEL HONGO OSTRA GRIS (*Pleurotus ostreatus*) EN LOS TRATAMIENTOS ESTABLECIDOS

a)



b)



c)



DESCRIPCIÓN:

- a) Incorporación de la cepa de hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*) dentro de las bolsas.
- b) Bolsas de sustratos (residuos agrícolas, residuos de poda y composta) con la cepa del hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*)
- c) Perforación de bolsas mediante de una aguja estéril bolsas.

**ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DE
CHIMBORAZO**
ELABORADO POR:
*Melaños Marcela

**ANEXO E: SIEMBRA DEL HONGO OSTRA
GRIS (*Pleurotus ostreatus*) EN LOS
TRATAMIENTOS ESTABLECIDOS**

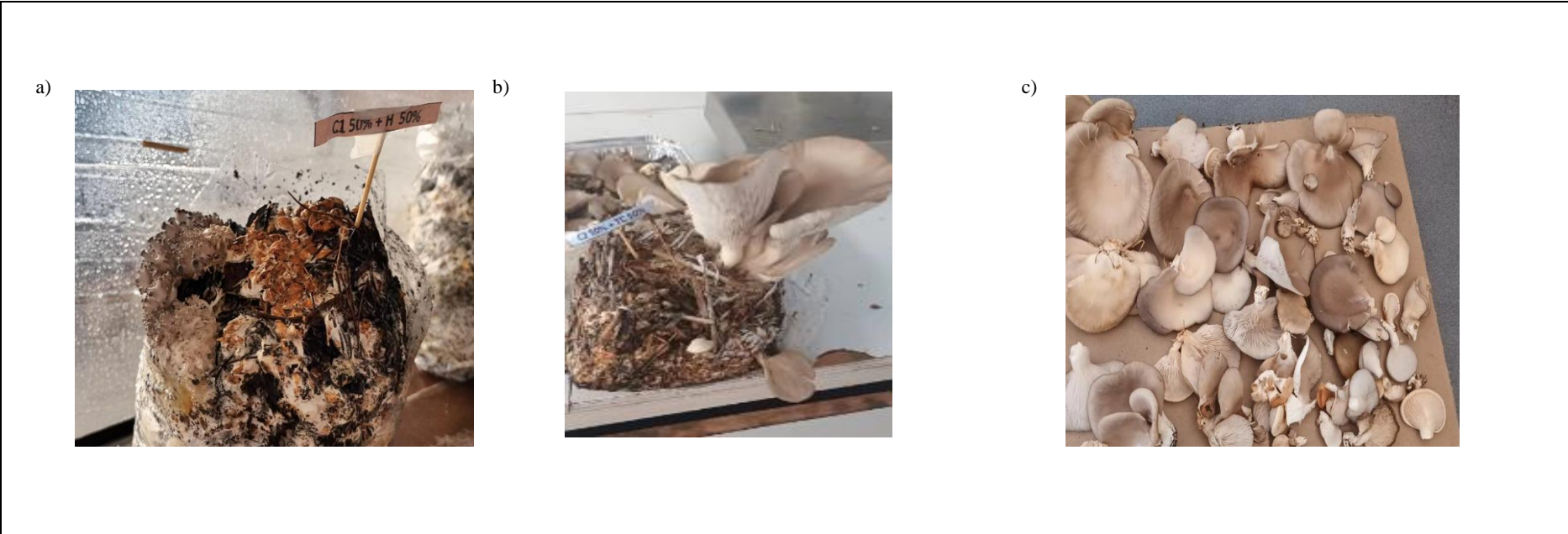
LÁMINA	ESCALA	FECHA
5	1:1	2024/04/12

ANEXO F: INCUBACIÓN DE LOS SUSTRATOS



DESCRIPCIÓN: a) Colocación de las bolsas preparadas en la incubadora casera. b) Revisión de bolsas pobladas con micelio. c) Colonización de bolsas.	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO ELABORADO POR: *Melaños Marcela	ANEXO C: INCUBACIÓN DE LOS SUSTRATOS		
		LÁMINA	ESCALA	FECHA
		6	1:1	2024/04/12

ANEXO G: FRUCTIFICACIÓN Y COSECHA DEL HONGO OSTRÁ GRIS (*Pleurotus ostreatus*)



DESCRIPCIÓN: a) Aparición de primordios del hongo <i>P. ostreatus</i> b) Fructificación del hongo <i>P. ostreatus</i> c) Cosecha del hongo <i>P. ostreatus</i> .	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO ELABORADO POR: *Melaños Marcela	ANEXO G: FRUCTIFICACIÓN Y COSECHA DEL HONGO OSTRÁ GRIS (<i>Pleurotus ostreatus</i>)		
		LÁMINA	ESCALA	FECHA
		7	1:1	2024/04/12

ANEXO H: CONSERVACIÓN DE DEL HONGO OSTRA GRIS (*Pleurotus ostreatus*)

a)



b)



DESCRIPCIÓN:

- a) Secado natural del hongo *P. ostreatus*
- b) Enfundado en bolsas de polietileno.

**ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DE
CHIMBORAZO**
ELABORADO POR:
*Melaños Marcela

**ANEXO H: CONSERVACIÓN DE DEL
HONGO OSTRA GRIS (*Pleurotus ostreatus*)**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
8	1:1	2024/04/12

ANEXO I: ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS DEL HONGO OSTRA GRIS (*Pleurotus ostreatus*) CULTIVADO EN LA COMBINACIÓN ÓPTIMA.



INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.101663a

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	MELAÑOS TOVAR INGRID MARCELA
Dirección:	Latacunga
Teléfono:	0962986362

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Hongo comestible (<i>pleurotus ostreatus</i>)		
Lote:	--	Contenido declarado:	100g
Fecha de elaboración:	--	Fecha de vencimiento:	--
Fecha de recepción:	2024/03/26	Hora de recepción:	12:09:16
Fecha de análisis:	2024/03/26	Fecha de emisión:	2024/04/04
Material de envase:	--		
Toma de muestra realizada por:	EL CLIENTE		
Procedencia de los datos:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico	Olor:	Característico
Estado:	Sólido	Conservación:	Ambiente
Temperatura de la muestra:	Ambiente		

RESULTADO FISICOQUIMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
Humedad	12.55	%	MFQ-04	AOAC 925.10/ Gravimetría, Horno de aire
Proteína	34.72	(F: 6.25)%	MFQ-01	AOAC 2001.11/ Volumetría, Kjeldahl
Grasa	3.08	%	MFQ-02	AOAC 2003.06/ Gravimetría, Soxhlet
Ceniza	9.48	%	MFQ-03	AOAC 923.03/ Gravimetría, directo
Fibra bruta	5.54	%	MFQ-06	NTE INEN 522:2013/ Gravimetría
Carbohidratos	34.63	%	MFQ-11	FAO Tabla composición alimentos/ Cálculo
Calorías	305.12	kcal/100g	MFQ-12	NTE INEN 1334-2:2011/ Cálculo

ANEXO J: ANOVA DE UN SOLO FACTOR: RENDIMIENTO vs. TRATAMIENTO

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	21	T1; T10; T11; T12; T13; T14; T15; T16; T17; T18; T19; T2; T20; T21; T3; T4; T5; T6; T7; T8; T9

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	20	411,3	20,564	2,84	0,002
Error	42	304,6	7,253		
Total	62	715,9			

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
2,69309	57,45%	37,19%	4,26%

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación		
T4	3	12,990	A		
T1	3	12,990	A		
T10	3	12,12	A	B	
T12	3	11,43	A	B	C
T18	3	10,44	A	B	C
T3	3	10,42	A	B	C
T11	3	10,35	A	B	C
T7	3	10,16	A	B	C
T19	3	9,91	A	B	C
T13	3	9,220	A	B	C
T14	3	8,457	A	B	C
T20	3	8,277	A	B	C
T5	3	8,04	A	B	C
T2	3	7,85	A	B	C
T6	3	7,810	A	B	C
T16	3	7,793	A	B	C
T9	3	7,547	A	B	C
T8	3	6,383	A	B	C
T15	3	5,130	A	B	C
T17	3	4,577		B	C
T21	3	3,280			C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANEXO K: ANOVA DE UN SOLO FACTOR: EFICIENCIA BIOLÓGICA vs. TRATAMIENTO

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	21	T1; T10; T11; T12; T13; T14; T15; T16; T17; T18; T19; T2; T20; T21; T3; T4; T5; T6; T7; T8; T9

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	20	2062	103,09	3,61	0,000
Error	42	1199	28,55		
Total	62	3261			

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
5,34276	63,23%	45,72%	17,27%

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación		
T1	3	25,774	A		
T10	3	25,10	A		
T3	3	24,34	A	B	
T4	3	22,870	A	B	
T12	3	22,81	A	B	
T11	3	22,12	A	B	
T13	3	21,64	A	B	C
T18	3	19,85	A	B	C
T14	3	19,576	A	B	C
T19	3	16,49	A	B	C
T7	3	16,20	A	B	C
T2	3	16,09	A	B	C
T5	3	15,22	A	B	C
T16	3	14,59	A	B	C
T20	3	13,179	A	B	C
T6	3	12,456	A	B	C
T9	3	12,291	A	B	C
T15	3	12,18	A	B	C
T8	3	9,851	A	B	C
T17	3	8,217		B	C
T21	3	5,141			C

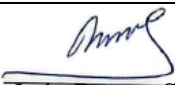

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 28/06/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Ingrid Marcela Melañes Tovar
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título a optar: Ingeniera Ambiental
<p style="text-align: center;"> Dr. Edgar Iván Ramos Sevilla PhD. Director del Trabajo de Titulación</p> <p style="text-align: center;"> Ing. Alfonso Leonel Suarez Tapia, PhD. Asesor del Trabajo de Titulación</p>