



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

APROVECHAMIENTO DEL RASTROJO DE LA QUINUA Y DEL SUBPRODUCTO DEL MALTEADO DE LA QUINUA GENERADOS EN LA CORPORACIÓN (COPROBICH) DEL CANTÓN COLTA DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, PARA LA OBTENCIÓN DE HONGOS COMESTIBLES (*Pleurotus ostreatus*)

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: ISABEL ALEJANDRA PARDO SÁNCHEZ

DIRECTOR: Dr. EDGAR IVÁN RAMOS SEVILLA, PhD.

Riobamba – Ecuador

2022

©2022, Isabel Alejandra Pardo Sánchez

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, ISABEL ALEJANDRA PARDO SÁNCHEZ, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo 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, 19 de julio de 2022




A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Isabel Pardo Sánchez', with a stylized flourish extending from the end of the name.

Isabel Alejandra Pardo Sánchez

C.I: 180510642-2

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto de Investigación, **APROVECHAMIENTO DEL RASTROJO DE LA QUINUA Y DEL SUBPRODUCTO DEL MALTEADO DE LA QUINUA GENERADOS EN LA CORPORACIÓN (COPROBICH) DEL CANTÓN COLTA DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, PARA LA OBTENCIÓN DE HONGOS COMESTIBLES (*Pleurotus ostreatus*)**, realizado por la señorita: **ISABEL ALEJANDRA PARDO SÁNCHEZ**, 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. Juan Carlos Gonzáles García, MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-07-19
Dr. Edgar Iván Ramos Sevilla, PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-07-19
Ing. Sofía Carolina Godoy Ponce, MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-07-19

DEDICATORIA

Me enorgullece dedicar el presente trabajo a mis padres, Janela y Patricio; quienes han sido y seguirán siendo el pilar más importante en mi vida académica y crecimiento personal. Y a mí ángel con bigotes, quien con su compañía y ronroneos siempre estuvo conmigo como muestra de lealtad y, ahora me ve desde el cielo.

Isabel

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a mis padres, por su esfuerzo y dedicación durante mi proceso de formación. Por su ayuda desmedida en cada uno de mis logros y, principalmente por su confianza eterna, satisfacción sincera y compañía en mi camino académico trazado.

Así mismo, al Ing. Daniel Pilamunga asesor comercial de la corporación COPROBICH, por su gentileza y compromiso en el suministro de los residuales agrícolas de la planta ´procesadora de quinua.

Andrés Salazar, técnico de producción de hongos comestibles de la empresa Intiwasi, por su amabilidad e interés en compartir sus conocimientos sobre el cultivo del hongo ostra y tratamiento correcto de los sustratos.

A todos los docentes de la facultad de Ciencias que formaron parte de mi formación académica y, que con sus conocimientos han contribuido a en mi esencia profesional, en especial al Dr. Edgar Iván Ramos Sevilla, a la Ing. Sofía Godoy Ponce por su ayuda en la elaboración del presente trabajo de titulación. A la Dra. Maritza Yáñez y al Dr. Mauricio Álvarez personal de los laboratorios de Biotecnología y de investigación de la facultad de ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por su colaboración en la parte experimental y en los análisis llevados a cabo.

Isabel

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEORICO REFERENCIAL.....	4
1.1. Antecedentes de la investigación.....	4
1.2. Residuos.....	6
1.2.1. Residuos agroindustriales.....	6
1.2.2. Problemas ambientales de los residuos agroindustriales.....	7
1.2.3. Composición química.....	7
1.2.3.1. Celulosa.....	7
1.2.3.2. Hemicelulosa.....	7
1.2.3.3. Lignina.....	8
1.2.4. Quinoa.....	8
1.2.4.1. Generalidades.....	8
1.2.4.2. Taxonomía.....	8
1.2.4.3. Composición química.....	9
1.2.4.4. Subproductos del cultivo de la quinua.....	9
1.2.5. Derivados de la quinua.....	10
1.2.6. Malta de quinua.....	11
1.2.6.1. Generalidades.....	11
1.2.7. Aprovechamiento de los residuos agroindustriales.....	11
1.3. Los hongos.....	13
1.3.1. Métodos de reproducción.....	13
1.3.1.1. Reproducción sexual.....	14
1.3.1.2. Reproducción asexual.....	14

1.3.2.	<i>Nutrición</i>	15
1.3.3.	<i>Clasificación de los hongos</i>	17
1.3.3.1.	<i>Mastigomycota</i>	17
1.3.3.2.	<i>Zygomycota</i>	18
1.3.3.3.	<i>Basidiomycota</i>	18
1.3.3.4.	<i>Ascomycota</i>	19
1.3.3.5.	<i>Deuteromycetes</i>	19
1.4.	<i>Pleurotus Ostreatus</i>	19
1.4.1.	<i>Taxonomía</i>	19
1.4.2.	<i>Ciclo de vida</i>	20
1.4.3.	<i>Nutrición</i>	21
1.4.4.	<i>Factores que influyen en el crecimiento</i>	21
1.4.5.	<i>Estructura anatómica</i>	22
1.4.6.	<i>Propiedades nutricionales, medicinales y ambientales</i>	23
1.4.7.	<i>Cultivo del hongo ostra en Ecuador</i>	24
1.5.	Fermentación en estado sólido (FES)	25
1.5.1.	<i>Pasos para el cultivo de Pleurotus ostreatus por FES</i>	25
1.5.1.1.	<i>Acondicionamiento del sustrato</i>	25
1.5.1.2.	<i>Tratamiento térmico</i>	25
1.5.1.3.	<i>Siembra</i>	25
1.5.1.4.	<i>Incubación</i>	26
1.5.1.5.	<i>Riego por aspersión</i>	26
1.5.1.6.	<i>Fructificación</i>	26
1.5.1.7.	<i>Cosecha</i>	26

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	27
2.1.	Diseño experimental	27
2.1.1.	<i>Tipo y diseño de investigación</i>	27
2.2.	Hipótesis	28
2.2.1.	<i>Hipótesis de la investigación</i>	28
2.2.2.	<i>Hipótesis nula</i>	28
2.3.	Identificación de variables	28
2.3.1.	<i>Variables independientes</i>	28
2.3.2.	<i>Variables dependientes</i>	28

2.4.	Localización del estudio	28
2.4.1.	<i>Población de estudio</i>	29
2.4.2.	<i>Tamaño de la muestra</i>	29
2.4.3.	<i>Método de muestreo</i>	29
2.5.	Técnicas de recolección de datos	29
2.6.	Metodología para la caracterización fisicoquímica de los sustratos	30
2.6.1.	<i>Caracterización bromatológica y lignocelulósica de los sustratos</i>	30
2.6.1.1.	<i>Caracterización bromatológica</i>	30
2.6.1.2.	<i>Caracterización lignocelulósica</i>	30
2.7.	Metodología para el cultivo y producción de <i>Pleurotus ostreatus</i>	32
2.7.1.	<i>Inoculación in vitro de la cepa</i>	32
2.7.2.	<i>Obtención del inóculo primario</i>	32
2.7.3.	<i>Tratamiento de los sustratos</i>	33
2.7.4.	<i>Siembra</i>	35
2.7.5.	<i>Masificación del micelio</i>	35
2.7.6.	<i>Fructificación</i>	35
2.7.7.	<i>Cosecha</i>	36
2.7.8.	<i>Pesaje de las unidades experimentales post-cultivo</i>	36
2.7.9.	<i>Caracterización bromatológica y nutritiva de la biomasa fúngica obtenida</i>	36
2.7.10.	<i>Determinación de la eficiencia biológica (EB)</i>	37
2.7.11.	<i>Determinación del rendimiento (R)</i>	37
2.7.12.	<i>Análisis estadístico inferencial</i>	37

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	39
3.1.	Análisis bromatológico y lignocelulósico de los sustratos	39
3.2.	Determinación de la biomasa fúngica obtenida	40
3.3.	Determinación de la eficiencia biológica	43
3.4.	Determinación del rendimiento	45
3.5.	Análisis estadístico inferencial	46
3.5.1.	<i>Biomasa fúngica obtenida</i>	46
3.5.2.	<i>Eficiencia biológica</i>	48
3.5.3.	<i>Rendimiento</i>	50
3.6.	Análisis bromatológico y nutritivo de la biomasa fúngica	51

CONCLUSIONES	55
RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Taxonomía de <i>Chenopodium quinoa</i>	8
Tabla 2-1:	Composición proximal de los granos de quinua.....	9
Tabla 3-1:	Composición lignocelulósica del tallo de la quinua	10
Tabla 4-1:	Clasificación general de los hongos.....	17
Tabla 5-1:	Taxonomía de <i>Pleurotus ostreatus</i>	20
Tabla 6-1:	Condiciones ambientales optimas en el desarrollo del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	21
Tabla 1-2:	Tratamientos	27
Tabla 2-2:	Unidades experimentales	27
Tabla 3-2:	Parámetros del análisis proximal de los residuales.....	30
Tabla 4-2:	Parámetros del análisis proximal de la biomasa fúngica	36
Tabla 5-2:	Parámetros del análisis de micronutrientes de la biomasa fúngica	37
Tabla 6-2:	Matriz ANOVA teórica.....	38
Tabla 7-2:	Matriz para la prueba de Tukey teórica.....	38
Tabla 1-3:	Análisis bromatológico de los sustratos	39
Tabla 2-3:	Análisis lignocelulósico de los sustratos	39
Tabla 3-3:	Pesos de la biomasa fúngica obtenida por tratamiento	41
Tabla 4-3:	Porcentaje de la eficiencia biológica obtenida en cada tratamiento.....	43
Tabla 5-3:	Porcentaje del rendimiento obtenido en cada tratamiento	45
Tabla 6-3:	Resultados del ANOVA de la biomasa fúngica obtenida en cada tratamiento	47
Tabla 7-3:	Resultados de la prueba de Tukey de la biomasa fúngica obtenida	47
Tabla 8-3:	Resultados del ANOVA de la eficiencia biológica obtenida en cada tratamiento	49
Tabla 9-3:	Resultados de la prueba de Tukey de la eficiencia biológica	49
Tabla 10-3:	Resultados del ANOVA del rendimiento de cada tratamiento	50
Tabla 11-3:	Resultados de la prueba de Tukey del rendimiento	51
Tabla 12-3:	Análisis bromatológico de la biomasa fúngica obtenida	52
Tabla 13-3:	Análisis nutritivo de la biomasa fúngica obtenida.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Tallos de la quinua y su composición medular	9
Figura 2-1:	Reproducción sexual de los hongos.....	14
Figura 3-1:	Estructuras con esporas internas	15
Figura 4-1:	<i>Chytridium spp</i>	18
Figura 5-1:	<i>Mucor spp</i>	18
Figura 6-1:	<i>Pleurotus djamor</i>	18
Figura 7-1:	<i>Aleuria aurantia</i>	19
Figura 8-1:	<i>Penicillium spp</i>	19
Figura 9-1:	Ciclo sexual Basidiomycetes	20
Figura 10-1:	Estructura anatómica de <i>P. ostreatus</i>	23
Figura 1-2:	Imagen satelital de la Corporación COPROBICH.....	29
Figura 2-2:	Equipo Dosi-Fiber para la determinación de lignina y celulosa	31
Figura 3-2:	Colonización de <i>P.ostreatus</i> in vitro	32
Figura 4-2:	Semillas de trigo.....	33
Figura 5-2:	Inóculo primario.....	33
Figura 6-2:	Tallos de quinua posterior al tiempo de secado	34
Figura 7-2:	Quinua malteada posterior al tiempo de secado.....	34
Figura 8-2:	Mezcla 50:50 de sustratos posterior al tiempo de secado	34
Figura 9-2:	Siembra en el sustrato.	35
Figura 1-3:	Contaminación del T3 por microorganismos ajenos al cultivo	42
Figura 2-3:	Fructificación en los diferentes sustratos.....	44

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1:	Clasificación de los hongos basado en su habitad natural	17
Gráfico.1-3:	Comparación de los promedios de la biomasa obtenida en los diferentes tratamientos	41
Gráfico 2-3:	Comparación de los promedios de la eficiencia biológica	43
Gráfico 3-3:	Comparación de los promedios del rendimiento de los diferentes tratamientos .	45
Gráfico 4-3:	Comparación de los intervalos de confianza para la biomasa fúngica obtenida .	48
Gráfico 5-3:	Comparación de los intervalos de confianza para la eficiencia biológica	49
Gráfico 6-3:	Comparación de los intervalos de confianza para el rendimiento	51
Gráfico 7-3:	Comparación de los parámetros bromatológicos de los tratamientos T1 y T2 ...	52
Gráfico 8-3:	Comparación de los parámetros nutricionales de los tratamientos T1 y T2	53

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: AVAL DE LA INVESTIGACIÓN

ANEXO B: REGISTRO FOTOGRÁFICO

ANEXO C: ANÁLISIS PROXIMAL DE LOS SUSTRATOS

ANEXO D: ANÁLISIS PROXIMAL Y NUTRITIVO DE LA BIOMASA FÚNGICA
OBTENIDA DE LOS TALLOS DE QUINUA

ANEXO E: ANÁLISIS PROXIMAL Y NUTRITIVO DE LA BIOMASA FÚNGICA
OBTENIDA DEL SUPRODUTO DEL MALTEADO DE LA QUINUA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ANOVA	Análisis de Varianza
°C	Grados centígrados
C/N	Relación carbono/nitrógeno
Ca	Calcio
Ca(OH)	Hidróxido de calcio
Cd	Cadmio
cm	Centímetros
CM	Cuadrado medio
CO₂	Dióxido de carbono
COPROBICH	Corporación de Productores y Comercializadores Orgánicos Bio taita Chimborazo
Cr	Cromo
Cu	Cobre
DC	Después de Cristo
E.E	Extracto etéreo
E.L.N	Extracto libre de nitrógeno
EB	Eficiencia Biológica
F	Valor crítico
F.N.D	Fibra Neutro Detergente
F₀	Factor calculado
FES	Fermentación en estado sólido
g	Gramos
h	Horas
H₂SO₄	Ácido sulfúrico
Hi	Hipótesis alternativa
Ho	Hipótesis nula
ICs	Intervalos de confianza
INIAP	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
Kg	Kilogramos
L	Litro
Lux	Iluminancia o nivel de iluminación
m	Metros
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca

mg	Miligramos
N	Número de datos
N₂O	Óxido nitroso
O₂	Oxígeno
P	Fósforo
p	Probabilidad
Pb	Plomo
PEBD	Polietileno de baja densidad
pH	Potencial de hidrógeno
ppm	Partes por millón
R	Rendimiento
S.A.D	Solución Acido Detergente
SC	Suma de cuadrados
TM	Toneladas métricas
UE	Unidad Experimental
Zn	Zinc
\bar{X}	Media o promedio
α	Nivel de significancia
σ	Varianza

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo, determinar en qué medida los tallos de la quinua (*Chenopodium quinoa*), el subproducto del malteado de la quinua y, la mezcla de ambos residuales generados en la corporación (COPROBICH) del cantón Colta provincia de Chimborazo, son sustratos óptimos para el cultivo de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*). Se siguió la técnica de Fermentación en estado sólido (FES), iniciando con la inoculación in vitro de la cepa de *P. ostratus*, seguido de su masificación micelial en granos de trigo, posteriormente se acondicionaron los sustratos; para ello los residuales se trituraron, se hidrataron con 300g de Ca(OH)/l y se secaron hasta alcanzar una humedad relativa del 60%. Se construyeron 8 bolsas de cultivo para cada tratamiento teniendo en total 24 unidades experimentales. En cada bolsa se colocó 1kg de sustrato y se sometieron a la autoclave. Posteriormente se sembraron 100g del micelio en grano en cada bolsa y, estas se colocaron en un espacio adecuado para su fructificación. Se realizó el análisis bromatológico y lignocelulósico de los sustratos y, para la biomasa fúngica obtenida se llevó a cabo el análisis bromatológico y nutritivo para la determinación de Ca y Zn. Se realizó el análisis ANOVA y la prueba de Tukey, para determinar la producción de biomasa fúngica, el porcentaje de Eficiencia biológica y el porcentaje de Rendimiento. Se concluyó que los residuales de manera individual son potenciales sustratos para el cultivo del hongo ostra, mientras que su combinación dificulta el desarrollo fúngico. Sin embargo, el primero de ellos es el mejor, con una EB del 47.48%, 9.94% de R y, una producción media del 99.6g de hongo fresco con 1600ppm de Ca y 206 ppm de Zn. Se recomienda disminuir el porcentaje del bagazo cervecero de la quinua dado a su alto nivel de nitrógeno.

Palabras clave: <BIOTECNOLOGÍA>, <HONGO OSTRA (*Pleurotus ostreatus*)>, <RESIDUALES DE LA QUINUA>, <DERIVADOS DE LA QUINUA>, <FERMENTACIÓN EN ESTADO SÓLIDO>, <BIOMASA>, <EFICIENCIA BIOLÓGICA>, <RENDIMIENTO>.



1619-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The aim of this research was to determine whether the quinoa (*Chenopodium quinoa*) stalks, the by-product of quinoa malting and the mixture of both residues generated at (COPROBICH) corporation located in Colta county, Chimborazo province, are optimal substrates for the cultivation of edible mushroom (*Pleurotus ostreatus*). The solid state fermentation technique (SSF) was used, starting with the in-vitro inoculation of the *P. ostratus* strain, followed by its mycelial massification in wheat grains, then the substrates were conditioned. For this, the residues were crushed, hydrated with 300g of Ca(OH)/l and dried until they reached a relative humidity of 60%. Eight culture bags were made for each treatment with a total of 24 experimental units. 1kg of substrate was placed in each bag for being autoclaved. Subsequently, 100g of grain spawn was sown in each bag and these were placed in a suitable space for their fructification. The bromatological and lignocellulosic analysis of the substrates was carried out and for the fungal biomass obtained, the bromatological and nutritional analysis was carried out in order to determine the Ca and Zn. On the other hand, ANOVA analysis and Tukey's test were performed to determine the fungal biomass production, the percentage of biological efficiency and the yield percentage. It was concluded that the individual residuals are potential substrates for oyster mushroom cultivation, while their combination hinders fungal development. However, the first one is the best since it reflects an EB of 47.48%, 9.94% of R and an average yield of 99.6g corresponding to fresh mushroom with 1600ppm of Ca and 206 ppm of Zn. It is recommended to decrease the percentage of quinoa brewing bagasse due to its high level of nitrogen.

Keywords: <BIOTECHNOLOGY>, <OYSTER FUNGUS (*Pleurotus ostreatus*)>, <QUINOA RESIDUES>, <QUINOA BYPRODUCTS>, <SOLID STATE FERMENTATION>, <BIOMASS>, <BIOLOGICAL EFFICIENCY>, <YIELD>.



Firmado electrónicamente por:

PAUL ROLANDO

ARMAS PESANTEZ

INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema

La actividad agroindustrial es uno de los pilares más importantes para el desarrollo económico de cada país, se fundamenta en la siembra, cosecha, procesamiento, venta y exportación a los mercados nacionales e internacionales de productos agrícolas. No obstante, en cada una de las etapas de los procesos productivos se generan subproductos conocidos como residuos agroindustriales, que a pesar de ser ricos en polisacáridos vegetales como celulosa, hemicelulosa y lignina, no son aprovechados ni tratados por las industrias, terminando por acumularse y convertirse en una fuente de contaminación ambiental.

Es así que, debido al rápido crecimiento agroindustrial, y a la extensión de terrenos cultivables, la cantidad de materiales orgánicos de desecho se ha incrementado, de tal forma que los grandes volúmenes rebasan la capacidad de biodegradación natural de los suelos, llegando a acumularse y a convertirse en un riesgo para el equilibrio de los ecosistemas, ya sea porque son depositados en terrenos en ausencia de un proceso de gestión, produciendo como consecuencia malos olores producto de la descomposición de materia orgánica y proliferación de roedores e insectos que se ven atraídos por estos, o bien, porque terminan siendo incinerados, provocando el incremento de la concentración de los contaminantes ambientales tales como: el metano, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, hidrocarburos y material particulado, que en su conjunto repercuten en el calentamiento global.

En el Ecuador, la agroindustria produce al año cerca 2200 millones de kilogramos de residuos agrícolas, de los cuales 1119 miles TM corresponden ingenio azucarero, 632miles TM a la industria aceitera y, en menor proporción a las procesadoras de cereales con 346miles TM. No obstante, en el 2017 a agroindustria de la quinua alcanzo las 400 TM, lo que es equivalente a 145.15 TM residuales del rastrojo con miras a ser aprovechables en varios procesos (Riera et al., 2018, p.236).

En esta consideración, en el país se generan una gran cantidad de residuos agrícolas con un alto potencial para ser servir como materia prima o sustratos el desarrollo de otros productos. En la parroquia de Cajabamba del cantón Colta de la provincia de Chimborazo, la Corporación de Productores y Comercializadores Orgánicos Bio taita Chimborazo (COPROBICH), busca la inclusión y soberanía de más de 600 familias indígenas Puruhá en el mercado agrícola, a través de la valoración de sus productos tales como, trigo, arroz, cebada, y la quinua; siendo esta última su producto estrella y de mayor realce dentro de la planta procesadora. Debido a este proceso, en la corporación se producen una gran cantidad de residuales agrícolas que requieren de atención en su aprovechamiento y en su disposición final.

Formulación del problema

¿En qué medida es eficiente el aprovechamiento del bagazo de la quinua y del subproducto del malteado de la misma en la obtención de productos alimenticios como los hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*)?

Justificación

La actividad agroindustrial del cultivo de la quinua en el país genera anualmente una gran cantidad de subproductos, tales como los tallos, las hojas y el jipi; que debido a su incapacidad para ser incorporados en la dieta humana, terminan siendo acumulados o incinerados lo que conlleva al incremento de los contaminantes ambientales. Por su parte, los derivados de la quinua como el bagazo cervecero de quinua producido durante la elaboración de la cerveza, es empleado en pocas ocasiones como alimento para el ganado ya que, por ser un residuo fermentable la mayor parte del tiempo es depositado en rellenos sanitarios. Estos residuales debido a sus propiedades fisicoquímicas y composición lignocelulósica; hacen que sean difíciles de degradar, pudiendo constituirse en una fuente de carbono y nitrógeno para el desarrollo y crecimiento de organismos beneficiosos como los hongos comestibles.

Debido a la capacidad de *P. ostreatus* para crecer en un amplio intervalo de temperaturas y, por su habilidad para utilizar como soporte alimenticio diversos materiales ricos en lignina y celulosa, hacen de su cultivo y producción una forma de tecnología más limpia para el aprovechamiento de los residuos, ya que, por un lado, al otorgar un segundo uso a los rastrojos se reduce su presencia en los rellenos sanitarios y, por otro, se minimizan los impactos ambientales sobre el suelo, debido a que el sustrato post-cultivo del hongo; conocido comúnmente como sustrato remanente tiene un alto potencial para ser empleado como abono orgánico, de manera que su presencia en el suelo mejora las propiedades que se han visto afectadas por el uso de abonos químicos, reduciendo indirectamente los costos del tratamiento ocasionados por estos abonos. Además, sirve como alimento de ganado bovino y porcino, particularidad que permite darle mayor sostenibilidad al cultivo de la quinua.

En términos de relevancia social, al utilizar estos subproductos como sustrato en la producción de hongos, los miembros de las comunidades podrían emprender un nuevo proceso de aprovechamiento con revalorización de estos residuos, generando beneficios económicos, sociales y ambientales a través de la implementación de un sistema de economía circular, y adicionalmente, se impulsaría a la protección ambiental a través la importancia de la responsabilidad social que involucra a las actividades agroindustriales con el medio ambiente.

Objetivos de la investigación

Objetivo General

- Aprovechar el rastrojo de la quinua y el subproducto del malteado de la quinua generados en la corporación (COPROBICH) del cantón Colta provincia de Chimborazo, para la obtención de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*).

Objetivos Específicos

- Realizar el análisis bromatológico del rastrojo de la quinua y del subproducto de la malta generado en el proceso de obtención de la cerveza artesanal y derivados de la malta.
- Desarrollar la fermentación en estado sólido para obtener el hongo comestible *Pleurotus ostreatus*.
- Determinar la eficiencia biológica y el rendimiento de la producción de la biomasa fúngica en los residuales utilizados como sustrato.
- Determinar la composición bromatológica de la biomasa fúngica y las concentraciones de calcio y zinc.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEORICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la investigación

Una de las actividades con mayor trascendencia histórica es el cultivo de hongos. Sus inicios se remontan en el continente asiático alrededor del año 600 D.C, época en la cual se cultivó por primera vez en China el hongo *Auricularia auricula-judae* comúnmente conocido como oído de madera. Años más tarde en Europa, como consecuencia de las técnicas de fungicultura y con el desarrollo y expansión del mercado de las cepas de champiñón, el conocimiento asociado al cultivo de especies se encontraba avanzado, de manera que para 1917 se reportó en Alemania el primer cultivo de *Pleurotus ostreatus* en troncos y tocones.

Hoy en día se sabe que existen al menos 12000 especies fúngicas en el mundo, de las cuales 2000 son consideradas comestibles, y de estos, únicamente 200 especies se han empleado para diversos fines médicos en especial con miras farmacéuticas y, aproximadamente 35 especies se han cultivado para su comercialización (Aida et al., 2009, p. 557). Es así que, en la actualidad, la especie fúngica más cultivada, es *Agaricus bisporus* (hongo botón), seguido de *Pleurotus spp* (hongo ostra), *Auricula auricula* (seta de oreja de madera), *Flamulina velutipes* (seta de invierno) y *Volvarellae volvacea* (seta de paja). No obstante, datos estadísticos reportados en el 2017 por Sánchez y Royse (2017, p. 18) demuestran que *Pleurotus spp* a pesar de no encabezar la producción mundial, es cultivado en los cinco continentes con una producción que supera las 6.46×10^6 toneladas anuales.

El género *Pleurotus spp* es parte del grupo de hongos de la podredumbre blanca, a razón de que su colonización produce un micelio blanco como respuesta a su capacidad metabólica para degradar una amplia variedad de rastros lignocelulósicos; tales como: paja, aserrín, cáscaras de yuca, mazorcas de maíz, paja de arroz, caña de azúcar, hojas de bambú, tallos de girasol, tallos de maíz y residuos de algodón. Particularidad que hace de esta especie un blanco de estudio de alto interés biotecnológico ambiental (Iwuagwu et al., 2020, p. 29).

Los tallos de la quinua y de la cebada son sustratos potenciales para el hongo. En su estado natural el contenido de lignina, celulosa y hemicelulosa de la cebada es 34.60%, 58.54% y 16.60% respectivamente y, de la quinua es 53.46%, 69.26% y 13.23%. Cáceres, (2017, pp. 51-53) menciona que el éxito del crecimiento de la biomasa fúngica se relaciona directamente con el contenido de estos polisacáridos, sin embargo, advierte que contenidos inferiores de celulosa y lignina y, superiores de hemicelulosa en la quinua constituyen un medio óptimo para *P. ostreatus*, argumentando que el grado de maduración del tallo de la planta influye desfavorablemente en la

obtención del hongo, ya que altos contenidos de lignina impiden o dificultan el desarrollo del micelio. Las hojas de la planta de quinua también forman parte de los soportes lignocelulósicos, no obstante, su composición física y química resulta contraproducente en el cultivo de hongos comestibles, debido a su alto contenido de humedad y a la presencia de betacianinas y saponinas; siendo estas últimas las responsables del sabor amargo y de producir espumosidad.

El proceso de mateado de los granos de quinua produce la saponificación de los mismos, dando como resultado un subproducto libre de este componente y rico en azúcares, fibra y aminoácidos libres. De acuerdo a Castañeda y sus colaboradores (2018, p. 21) el malteado tiene como objetivo germinar los granos y generar en estos enzimas hidrolíticas endógenas, responsables de descomponer los principales constituyentes químicos para proporcionar azúcares fermentables, nitrógeno libre, y otros componentes útiles para el proceso de fermentación alcohólica. El subproducto sólido del proceso de malteado de la quinua tiene propiedades nutricionales para ser empleado como sustrato en el cultivo del hongo de interés.

La fermentación en estado sólido es un proceso fermentativo empleado desde varias décadas atrás como baja tecnología en la producción de piensos para animales y, en actualidad es una alternativa prometedora en el campo de la biorremediación, biotecnología y farmacéutica. Consiste en “hacer crecer un microorganismo sobre un sustrato empleando una fuente de nitrógeno y sales mineralizadas (ricas en macro y micronutrientes), bajo ciertas condiciones de humedad, pH, aireación y temperatura” (Borrás-Sandoval y Torres-Vidales, 2016, p. 49). Los sustratos post-cultivos pueden incorporarse directamente en el suelo a manera de abono orgánico, o bien, pasar por un proceso de compostaje tradicional o vermicompostaje como una alternativa con miras a una agricultura orgánica.

Finalmente, a raíz de sus propiedades nutricionales y medicinales, los hongos *P.ostreatus* tienen un alto valor económico y gastronómico. Su composición nutricional depende del sustrato sólido lignocelulósico y de la especie; sabiendo que existen tres tipos de setas en función a su coloración; blanca, morena y rosa. Contienen alto contenido de proteínas y fibra, una buena disposición de aminoácidos esenciales y no esenciales y, bajo contenido de grasas y azúcares. La mayor cantidad de micronutrientes se albergan en el cuerpo fructífero del hongo, destacándose según Nieto et al. (2019, p. 424) el potasio, seguido por el fósforo, magnesio, sodio, hierro, manganeso, zinc y cobre. Son una fuente importante de calcio y fósforo y, a nivel vitamínico, son ricos en tiamina (vitamina B1), riboflavina (B2), piridoxina (B6) y cobalamina (B12). Dotan alrededor de 7 µg de compuestos fenólicos y 0.8 µg de flavonoides; que de acuerdo a (Cano y Romero, 2016, p. 77) son principios activos significativos para prevenir la oxidación celular.

1.2. Residuos

Son aquellos materiales en estado sólido, semisólido o líquido resultantes de toda actividad industrial y antropogénica, que a pesar de ser desechados pueden tener una segunda vida, ya sea reciclándolos o reutilizándolos, lo que significa que son susceptibles a ser revalorizados o bien, pueden sujetarse a diferentes sistemas de tratamiento y gestión para garantizar su correcta disposición final (SEMARNAT, 2012, p.318).

De acuerdo a su naturaleza los residuos se califican en domiciliarios, industriales, hospitalarios y de construcción, y en función de su capacidad para biodegradarse estos pueden ser; orgánicos e inorgánicos. De estos dos grandes grupos; los residuos orgánicos compuestos por materias vegetales, animales y comestibles, se conocen como residuos agroindustriales, que si bien, tienen a descomponerse e incorporarse nuevamente en el suelo, cuando sobrepasan la capacidad de colecta y de biodegradación natural, se acumulan en los suelos acarreado serios impactos ambientales (Cortés et al., 2020, p.12).

1.2.1. Residuos agroindustriales

Los residuos agroindustriales son aquellos que provienen de las actividades; florícola, agrícola, hortícola, maderera y avícola. Están constituidos principalmente por los restos de frutas, verduras, residuos de comida, tallos y hojas con calidad no comercial, así como por los residuos de la ganadería tales como; estiércoles, purines y plumas (Gavilanes, 2016).

Debido a su alto contenido de polisacáridos estructurales y a sus propiedades fisicoquímicas, los residuos agroindustriales se los conoce a su vez como residuos lignocelulósicos. En términos de Bardales (2020, p.101), los residuos generados durante las cosecha, poscosecha y poda , tales como pajas, bagazos, rastrojos, y aquellos subproductos resultantes de la actividad industrial alimenticia y cervecera son conocidos como residuos lignocelulósicos agroindustriales. Químicamente el 90% del peso seco de los mismos están construido por lignocelulosa; un componente macromolecular de la pared celular vegetal constituido a su vez por tres polímeros estructurales, siendo estos: celulosa, hemicelulosa y lignina. La composición porcentual de cada componente varía en cada residuo, pues depende del tipo de biomasa, tejido vegetal, edad de la especie, estado fisiológico y condiciones ambientales (Sánchez y Royse, 2017, p.66).

1.2.2. Problemas ambientales de los residuos agroindustriales

la presencia de lignina, celulosa y hemicelulosa hacen que los residuos lignocelulósicos sean difíciles de degradar e hidrolizar, por lo que permanecen acumulados en el ambiente durante mucho tiempo, favoreciendo a su vez a la proliferación microorganismos, roedores, plagas e insectos que se ven atraídos por los procesos de fermentación y descomposición. Como sostiene Mejías et al. (2016, p.32), la presencia de estos insectos y roedores repercute negativamente en la salud de las personas de las localidades aledañas, ya que estos son considerados como vectores epidemiológicos de graves enfermedades.

Por otro lado, el incremento de la materia orgánica, minerales, fitotoxinas, patógenos vegetales y animales y, compuestos químicos derivados del uso de pesticidas (Díaz, 2011, p.5), terminan por contaminar al suelo, a las aguas superficiales y subterráneas, y por ende causan desequilibrios en los ecosistemas y daños en la fauna y flora de los mismos. La combustión de la biomasa vegetal como alternativa para deshacerse de los grandes volúmenes de residuos, incrementa los contaminantes ambientales (CO₂ y N₂O) influyendo en el cambio climático.

1.2.3. Composición química

1.2.3.1. Celulosa

Homopolímero de cadena lineal no ramificada y principal componente de la pared celular de las plantas. Estructuralmente formado por moléculas de glucosa unidas a través de enlaces β 1-4 glucosídicos. Dependiendo de su naturaleza, las cadenas pueden variar desde 1000 hasta 12000 unidades de glucosa y, a nivel celular, los monómeros se disponen en paquetes en forma de microfibrillas, que en su conjunto forman las fibras de celulosa, difícilmente hidrolizables (Sánchez y Royse, 2017, p.66). Este compuesto es uno de los más abundantes del planeta ya que solo algunos organismos saben aprovecharlo como fuente de carbono (Ochoa, 2016, p.21).

1.2.3.2. Hemicelulosa

Heteropolisacarido de configuración amorfa e hidrofilia, encargada de enlazar a la celulosa y la lignina. Estructuralmente está compuesta por dos pentosas (L-arabinosa y D-xilosa), tres hexosas (D-manosa, D-glucosa y D-galactosa) y concentraciones de ácido glucurónico en pequeñas cantidades (Ochoa, 2016, p.22). Sin embargo, su estructura y composición pueden variar en dependencia de la biomasa vegetal, pudiendo ser altamente ramificadas en algunos casos (Sánchez y Royse, 2017, p.66).

1.2.3.3. Lignina

Heterolímero aromático insoluble en agua, asociado a las microfibrillas de celulosa para otorgar soporte, durabilidad, impermeabilidad, estabilidad, resistencia al ataque microbiano y al estrés oxidativo a los tallos las plantas maderables. Todas estas particularidades hacen de este compuesto el más recalcitrante de la pared celular, dificultando su degradación o hidrólisis. Estructuralmente está compuesto por tres precursores alcohólicos (alcohol cumarílico, alcohol coniferílico y alcohol sinapílico) unidos por medio de enlaces carbono –carbono y carbono -oxígeno (Sánchez y Royse, 20017; Piña et al., 2016).

1.2.4. Quinoa

1.2.4.1. Generalidades

La quinoa o *Chenopodium quinoa* es un pseudocereal originario de la región andina de América del Sur, sus cultivos se remontan al periodo preincaico, época en la cual y hasta hoy en día se desataca por su alto valor nutricional en comparación a otros cereales. Investigaciones han demostrado que contiene propiedades medicinales para ser empleada como antiinflamatorio, analgésico y purificador del sistema urinario (Rodríguez, 2018, p.3). Tiene la facilidad para adaptarse a diferentes climas, donde la humedad relativa oscile entre 40– 88%, y la temperatura se contemple entre los 15 -25°C, aunque también puede crecer a temperaturas superiores a los 38°C.

1.2.4.2. Taxonomía

Tabla 1-1: Taxonomía de *Chenopodium quinoa*

DOMINIO	Eukaryota
REINO	Plantae
PHYLUM	Streptophyta
SUBPHYLUM	<u>Streptophytina</u>
CLASE	Magnoliopsida
ORDEN	Caryophyllales
FAMILIA	Amaranthaceae
SUBFAMILIA	Chenopodioideae
GENERO	<i>Chenopodium</i>
ESPECIE	<i>Chenopodium quinoa</i>

Fuente: Schoch CI et al., 2020.

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

1.2.4.3. Composición química

A diferencia de otros cereales, *Chenopodium quinoa* es el ser el único alimento nutricionalmente completo para la dieta humana, gracias a su adecuado balance de proteínas, carbohidratos, minerales y aminoácidos.

Tabla 2-1: Composición proximal de los granos de quinua

Parámetro	Cantidad (g/100g de materia seca)
Proteínas	14.6
Grasas	6.0
Fibra Cruda	4.0
Cenizas	2.9
Carbohidratos	72.6

Fuente: Bergesse et al., 2015.

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

1.2.4.4. Subproductos del cultivo de la quinua

Durante el proceso para obtener los granos de la quinua se generan una gran cantidad de hojas, tallos y jipi; siendo este último el residuo de la trilla del grano.

- **Tallos**

Las plantas alcanzan una estatura de 0.3 a 0.5m de altura. Dotan de un tallo cilíndrico y, anguloso en el área del nacimiento de las ramas, su interior está constituido por una medula que a medida que madura cambia su consistencia de esponjosa a seca, al tiempo que adquiere mayor rigidez gracias a la presencia de lignina (Rojas, 2021, p.5).



Figura 1-1: Tallos de la quinua y su composición medular

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

Tabla 3-1: Composición lignocelulósica del tallo de la quinua

Componente	Cantidad (%)
Celulosa	49.5 - 50.9
Hemicelulosa	37.60
Lignina	19.98 - 33.66

Fuente: Chambi y Cancapa, 2012, p.6.

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

- **Hojas**

Las hojas varían de simples a romboidales, de acuerdo a la edad de la planta pueden pasar de verdes-purpura a naranjas o amarillas. Es la parte de la planta con mayor disponibilidad de agua debido a que se encuentran cubiertas por una estructura granular blanca denominada pubescencia granular, misma que contiene oxalato de calcio capaz de absorber agua del medio ambiente e incrementar la humedad relativa, incidiendo en el comportamiento de las células y en la transpiración (Gómez y Aguilar, 2016: p.8). Por sus propiedades nutricionales forman parte una variedad de sopas y ensaladas, y como materia prima para la elaboración de harinas vegetales (Sáez., et al, 2018, p.234).

- **Jipi**

El residual del grano de quinua que surge después de separar los granos del bagazo se denomina jipi. Por su composición nutricional y a su alto porcentaje de proteínas es empleado como insumo en el pienso para las aves de corral, así mismo Apaza (2016, p.27) menciona que la presencia de micronutrientes como el Ca y el P es lo que hacen que este residuo post-cosecha sea uno de los más relevantes para utilizado en la alimentación de animales de granja.

1.2.5. Derivados de la quinua

Dentro de los derivados de la quinua más relevantes a nivel industrial se encuentran; el pan de quinua, el majar, el helado y la cerveza de quinua. La malta se utiliza para la elaboración de productos de cerveza y de este proceso se obtiene un subproducto sólido denominado bagazo cervecero que puede estar combinado con otros granos fermentables como la quinua. El subproducto del malteado de la quinua en función de sus propiedades nutricionales y lignocelulósicas, puede ser empleado como soporte nutricional para el cultivo y producción de hongos comestibles.

1.2.6. Malta de quinua

1.2.6.1. Generalidades

El malteado es el primer paso del proceso de la elaboración de la cerveza. Tiene como objetivo generar enzimas hidrolíticas endógenas responsables de descomponer los principales constituyentes químicos y proporcionar azúcares fermentables a los microorganismos fermentadores (Castañeda et al., 2018, pp.17-21). Consiste en la germinación controlada de los granos de quinua hasta el surgimiento de la plúmula, momento en el cual se interrumpe la germinación con el secado de los granos a temperaturas superiores a 60°C, en consecuencia, el residual obtenido se conoce como malta de quinua o bagazo cervecero.

Este residuo corresponde el 85% del total de los desechos generados en la elaboración de la cerveza, es rico en proteína y fibra (20-70 %) en base seca y, al estar constituido por la cascara del grano, pericarpio y fragmentos del endospermo forma parte de la biomasa lignocelulósica (Mussatto et al., 2004; Buffigton, 2014).

El proceso de malteado elimina compuestos orgánicos no deseables o que de alguna manera influyen negativamente en el sabor y calidad de las cervezas. En los granos de quinua, las saponinas son compuestos glucósidos, que en materia de nutrición presentan poca actividad, ya que producen un sabor amargo, forman de espumas en presencia del agua y, tienden a formar complejos con el colesterol, mientras a nivel microbiano, contienen propiedades antimicóticas y molusquicida (Elizalde, 2009, p.48).

1.2.7. Aprovechamiento de los residuos agroindustriales

Los residuos agroindustriales poseen un alto potencial para ser aprovechados en diferentes procesos generando beneficios para el ambiente y la sociedad. Gracias a su facultad para ser reutilizados y reciclados, es posible elaborar a partir de ellos nuevos productos, aportar valor agregado a los productos originales e indirectamente, prevenir la contaminación de los ecosistemas y, recuperar las condiciones ambientales alteradas por su mal manejo y acumulación.

• Bioenergéticos

La composición lignocelulósica de los residuos agroindustriales está relacionada con el potencial energético de la biomasa vegetal, esto significa que los rastrojos vegetales son potencialmente energéticos, y que por medio de tecnologías de pretratamiento encargadas romper y transformar la biomasa lignocelulósica, por acción de la combustión, pirolisis, fermentación y gasificación, es posible obtener bioenergéticos como el bioetanol, biodiesel y biogás (Muños et al., 2014, p.13).

Con el empleo de biocombustibles lo que se busca es disminuir el uso de los combustibles fósiles, reducir las emisiones de CO₂ causantes del cambio climático y efecto invernadero y, a nivel económico aumentar la competitividad. Vargas y Pérez (2018, p.62) añaden que los residuos agroindustriales al no estar expuestos directamente al ambiente previenen la contaminación ambiental al permitir conservar los recursos renovables y no renovables, contribuyendo con la economía nacional e incentivando al desarrollo sostenible.

- **Compostaje**

La variabilidad de residuos de origen vegetal y animal hace posible que estos puedan ser utilizados en la elaboración de abonos orgánicos. El compostaje permite la recuperación de residuos orgánicos heterogéneos mediante un bioproceso aeróbico que los convierte en compost. El resultado es un abono orgánico homogéneo de gran calidad, que al incorporarse en el suelo incrementa la población microbiana mejorando el estado fisicoquímico del mismo y aumentando su fertilidad, lo que supone a su vez la reducción o eliminación del uso de fertilizantes químicos (Vargas y Pérez, 2018, p.62-65), causantes de la eutrofización en los cuerpos de agua.

- **Alimentos para animales**

Los residuos de origen vegetal por lo general son incluidos en la dieta de animales como el ganado vacuno, porcino y otras especies de corral. Los residuales como la cáscara del boniato, foliares del plátano y restos de frutas cítricas son incorporados en la alimentación de los cerdos, debido principalmente a su alta composición en vitaminas y proteínas, en países como en Cuba, estos residuos son usados para reemplazar un 10 % de los piensos comerciales consumidos por cerdos destetados con resultados satisfactorios (Vargas y Pérez, 2018, p.66). Otros rastrojos resultantes de las cosechas y post-cosechas de los cultivos, como la caña, salvado, residuos de hortalizas, residuales de cervecería y melazas, también han sido empleados como alimento animal, aunque las melazas, se han destacado por ser la fuente de energía para rumiantes y animales monogástricos debido a su alto contenido de azúcares.

- **Remoción de compuestos químicos contaminantes**

Residuos como la cascarilla de arroz, son eficaces en la remoción de colorantes textiles como el azul de metileno y el rojo básico 46, autores como Moreno et al. (2012, p.17) señalan que este residual es capaz de remover hasta en un 99% el colorante textil considerándose como un buen absorbente de colorantes catiónicos. Por su parte, el bagazo de caña, las cáscaras de mandarina,

cáscaras de banano y los residuos del café, se han utilizado para remover metales pesados como el: Pb, Cr, Cd y Cu, presentes en las aguas residuales de las industrias y en los cuerpos hídricos contaminados por estos (Vargas y Pérez, 2018, p.66).

- **Producción de hongos comestibles**

Una de las alternativas más sustentables y con beneficios económicos en el aprovechamiento de los residuos agroindustriales, radica en su empleo como soportes lignocelulósicos para el crecimiento y desarrollo de hongos comestibles. Piña et al. (2016, p.143) argumentan que los residuos agroindustriales aptos para el cultivo de setas se clasifican en seis categorías: pajas (arroz, cebada, trigo, avena, zacate); rastrojos (de maíz, garbanzo, frijol); pulpas (limón y café), bagazos (caña de azúcar, maguey tequilero, henequén); residuos forestales (ramas, tallos, aserrín, viruta) y otros (Papel, hojas de piña, lirio acuático, tallos de plátano y desechos de la industria textil)

1.3. Los hongos

Son organismos eucariontes pertenecientes al Reino fungi. A diferencia de los organismos vegetales, carecen de clorofila y, su pared celular está constituida por quitina; un polisacárido estructural nitrogenado que otorga rigidez y resistencia. Algunos autores los consideran como organismos cosmopolitas y ubicuos, dada a su versatilidad para crecer en diferentes hábitats con distintas condiciones ambientales; siempre y cuando exista materia orgánica y agua. Se estima que existen cerca de 1500.000 especies entre unicelulares como las levaduras y, pluricelulares en el caso de las hifas propias de los hongos filamentosos, no obstante, únicamente cerca del 5% de ellos son reconocidos científicamente (Ardón, 2007, p. 7).

1.3.1. Métodos de reproducción

En sentido amplio, su reproducción es de carácter sexual y asexual por medio de esporas, pudiendo ser estas móviles o inmóviles. La manera en como las esporas son liberadas al medio difiere entre especies. Algunos autores como (Gallego y Sánchez, 2016; Tapia et al, 2008) argumentan que varios hongos producen esporas en estructuras microscópicas, y otros por su parte, forman cuerpos fructíferos denominadas setas, cuya zona inferior interna conocida como himenóforo compuesto por láminas o laminillas intercaladas alberga a los basidios que dan lugar a las esporas, que posterior a su maduración son expulsadas, para finalmente dar lugar a las hifas que en conjunto constituyen al micelio. Así mismo, (Castiglia et al., 2013, p.11) indica que el himenóforo es una de las principales estructuras a considerar al momento de identificar las especies fúngicas.

1.3.1.1. . Reproducción sexual

Es el tipo de reproducción propia de los hongos zigomicetos, ascomicetos y basidiomicetos, aunque algunas especies persiguen ambos ciclos de reproducción durante su vida. Ocurre cuando dos hifas somáticas haploides o también denominadas meiosporas de una misma especie, se fusionan por un proceso de plasmogamia seguido de la cariogamia, dando lugar a una espora diploide llamada cigospora, que posee una genética diferente a la de sus progenitores. Dichas esporas sexuales haploides son el resultado de una meiosis y, en dependencia del filo taxonómico se originan en diferentes zonas del hongo. Las ascosporas tienen lugar en las ascas de los ascomicetos; las basidiosporas se producen en los basidios de los basidiomicetos y, en el caso de las cigosporas en los zigomicetos (Álvarez Bernard, 2022). Garcés de Granda et al. (2016, p.24) por su parte mencionan que las meiosporas que intervienen en la copulación gametangial deben ser de dos tipos: progametangios o zigóforos y, a su vez resaltan, que estas gametas desnudas pueden ser morfológicamente iguales y del mismo tamaño o viceversa.

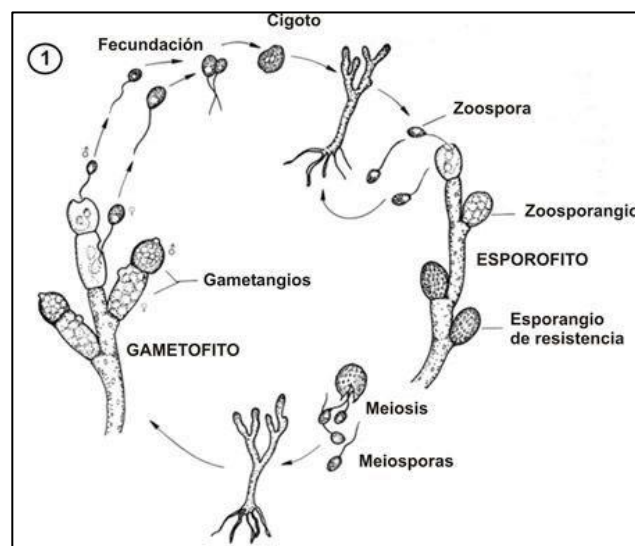


Figura 2-1: Reproducción sexual de los hongos

Fuente: Pérez Manjarrez, 2016.

1.3.1.2. Reproducción asexual

Es el tipo de reproducción característica de los hongos deuteromicetos, no obstante, algunos ascomicetos también la experimentan. Al no existir fecundación gametangial, los hongos descendientes provienen de un único progenitor, razón por la cual se consideran clones exactos de la célula haploide progenitora. Las esporas asexuales conocidas como mitoesporas, se originan a partir de la segmentación de una célula conidiógena o hifa fértil, dando como resultado a células asexuales denominadas conidiosporas y esporangiosporas, que a pesar de ser del mismo carácter,

difieren en la estructura en donde se producen. De acuerdo a (Pérez Manjarrez, 2016, p.7) las conidiosporas se originan exógenamente en los extremos o lados de las hifas, mientras que las segundas se producen endógenamente en sacos conocidos como esporangios.

Por su parte (Álvarez Bernard, 2022) añade que las conidiosporas pueden ser de tres tipos: artroconidios, aquellas que se forman por la fragmentación de un tabique grueso; clamidoconidios, originados como resultado del engrosamiento de la hifa y; los blastoconidios, productos de la gemación como es el caso de las levaduras. En consecuencia, el contacto de las células asexuales con el sustrato bajo condiciones ambientales favorables, facilita la germinación y colonización, asegurando el crecimiento de nuevas hifas que en su conjunto constituirán al nuevo micelio.

A nivel de laboratorio, la producción de hongos comestibles se encuentra mediada por una reproducción asexual también conocida como somática, en la cual al no existir fusión de núcleos, es posible replicar la cepa de interés por medio del fraccionamiento del micelio, mismo que al someterse a condiciones adecuadas de temperatura, sustrato y humedad da origen a un nuevo organismo con las mismas características de la cepa que se desea cultivar (Ardón, 2007, p. 15).

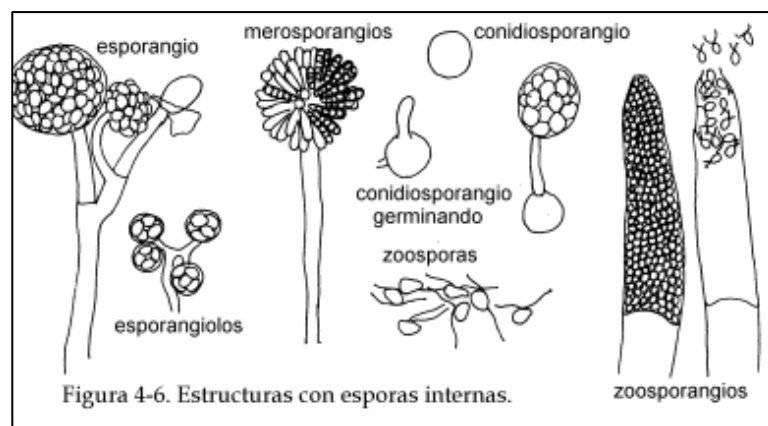


Figura 3-1: Estructuras con esporas internas

Fuente: Pérez Manjarrez, 2016.

1.3.2. Nutrición

Al no poseer pigmentos clorofílicos los hongos son heterótrofos, es decir, son incapaces de producir su propio alimento, por lo que adquieren sus nutrientes a partir de la materia previamente elaborada por otros organismos. No obstante, a diferencia de los animales, los hongos son inhábiles para ingerir y digerir directamente la materia orgánica del medio, razón por la cual, poseen mecanismos de nutrición absorptiva de carácter osmotrófica mediada por enzimas, que les permiten descomponer la materia orgánica en sus monómeros más pequeños (Honrubia, 2009, p.6).

En términos generales, se alimentan por absorción; segregan enzimas hidrolíticas al medio para romper las macromoléculas de la materia orgánica de su alrededor en pequeñas moléculas de azúcares e iones minerales fáciles de absorber, estos compuestos simples finalmente son incorporados en su sistema por medio de las membranas de sus células y de las membranas de sus hifas; conociéndose a este fenómeno como digestión externa o lisotrofia. Conforme a lo estipulado por Garcés de Granda et al. (2016, p.3) las enzimas que intervienen pueden ser de dos tipos: enzimas constitutivas y, enzimas inducidas; las primeras surgen por naturaleza metabólica propias de las colonias en crecimiento, y las segundas, son liberadas como respuesta a un determinado sustrato.

En función de su alimentación, los hongos pueden ser: saprofitos, parásitos y simbioses.

Saprófitos: obtienen los nutrientes a partir de materia orgánica no viva, por lo que son considerados como los descomponedores más relevantes de la hojarasca forestal, jugando un papel clave en el ciclo del carbono y nitrógeno del suelo. Aunque la mayor parte de los hongos son capaces de descomponer diferentes sustratos, son los basidiomicetos los principales agentes saprófitos, gracias a su capacidad para segregar una amplia variedad de enzimas ligninocelulolíticas (Reverchon et al., 2010, p.3).

Parásitos: se alimentan y se hospedan dentro de un organismo vivo a quien consideran anfitrión, pudiendo causar enfermedades en el mismo. Dotan de enzimas con las descomponen el tejido vivo del hospedador al influir en la permeabilidad de las membranas citoplasmáticas, terminando por provocar la salida de azúcares y aminoácidos que son absorbidos por el hongo hospedante (Cubas, 2015, p.3).

Simbioses mutualistas: son aquellos que viven asociados a otros organismos en busca de un beneficio en común. Los líquenes son un organismo conformado por la asociación de un hongo filamentoso y una alga microscópica, en esta simbiosis el hongo-microbionte se encarga de proteger al alga-fotobionte de las radiaciones solares, al tiempo que le proporciona agua y sales, por su parte, el alga al ser un organismo fotosintético, suministra alimento y vitaminas al hongo (Vaillant, 2014, p.51). La interacción entre un hongo y las raíces de una planta se denomina micorrizas, en esta simbiosis, el hongo proporciona fósforo, oligoelementos y agua a la planta gracias a la extensión de su micelio que permite absorber estos compuestos en una mayor área, al tiempo que otorga resistencia a organismos fitopatógenos y enfermedades fúngicas (Martin, 2017, p.1), por su lado, los hongos absorben los hidratos de carbono producidos como resultado de la actividad fotosintética (Harris et al., 2016, p. 680)

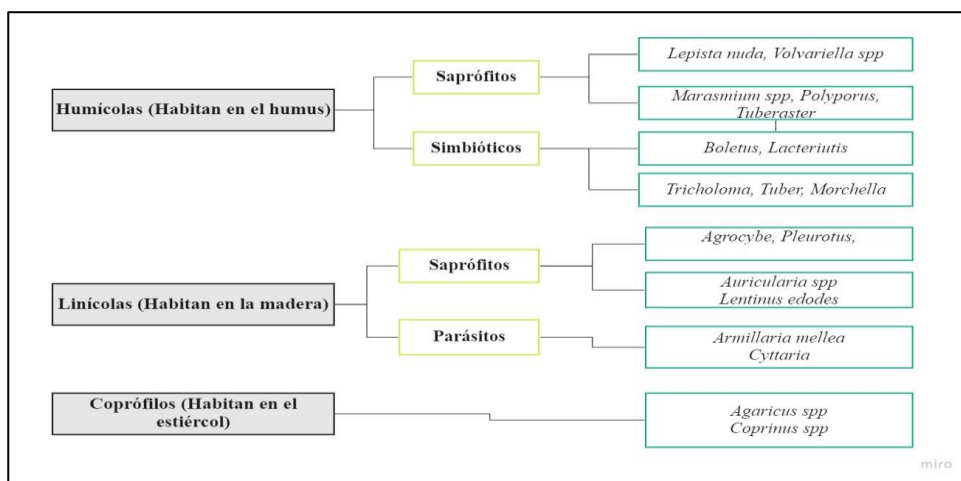


Gráfico 1-1: Clasificación de los hongos basado en su hábitat natural

Fuente: SAINI MANDAL, 2016, p.2.

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

1.3.3. Clasificación de los hongos

En función de su taxonomía los hongos se clasifican en dos divisiones principales: Myxomycota y Eumycota; la primera pertenece a los mohos mucilaginosos sin pared celular, mientras que la segunda a los hongos verdaderos. Esta última división permite clasificar al Reino fungi cuatro filos y en un grupo; siendo este último el de los hongos imperfectos o deuteromycetes.

Tabla 4-1: Clasificación general de los hongos

Hongos (Reino fungi)		
Myxomycota	Eumycota	
Filos	Filos	Clases
Acrasiomycota	Mastigomycota	Chytridiomycetes y Oomycetes
Hidromycota	Zygomycota	Zygomycetes y Trichomycetes
Mixomycota	Basidiomycota	Teliomycetes, Hymenomycetes y Gasteromycetes
	Ascomycota	Hemiascomycetes y Erotiales

Fuente: Montes et al., 2016, p.216.

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

1.3.3.1. Mastigomycota

En su mayoría son hongos acuáticos, razón por la cual poseen esporas móviles denominadas zoosporas que les permiten desplazarse en su hábitat gracias a la presencia de flagelos provistos de mastigonemas. Su micelio es filamentoso y cenocítico, aunque en su estado unicelular algunos géneros presentan pseudoseptos, son de reproducción sexual mediada por el contacto de oosporas, y a nivel nutricional son saprofitos y parásitos dañinos de plantas (Padalia, 2017, p.3).

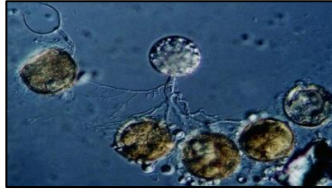


Figura 4-1: *Chytridium spp*

Fuente: Padalia, 2017, p.4.

1.3.3.2. Zygomycota

Se caracterizan por que sus esporas carecen de flagelos, en su mayoría se reproducen asexualmente por esporangiosporas inmóviles, razón por la cual su micelio es cenocítico y de cuerpo vegetativo haploide. En términos de nutrición la mayor parte son coprófilos y saprofitos y, solamente algunos son parásitos de animales y plantas (Padalia, 2017; Gallego, 2016).



Figura 5-1: *Mucor spp*

Fuente: Padalia, 2017, p.15.

1.3.3.3. Basidiomycota

Son hongos macroscópicos evolucionados. Presentan un cuerpo fructífero constituido por un pie y un sombrero, destacándose entre ellos las setas comestibles, hongos fitopatogenos y hongos alucinógenos. Sus hifas son tabicadas pero no completamente cerradas. Persiguen una reproducción sexual por medio de basidiosporas producidas en los basidios que se forman en la zona del himenio de las setas, en función a su nutrición, pueden ser saprofitos, parásitos y simbioses (Gómez, 2018; Rojas, 2013).



Figura 6-1: *Pleurotus djamor*

Fuente: Salmenes, 2017, p.75.

1.3.3.4. Ascomycota

La mayor cantidad de especies fúngicas pertenecen a este filo. Dotan de hifas tabicadas, es decir, que entre las células existe un poro que facilita la interacción entre estas. Su reproducción puede ser sexual mediante esporas endógenas denominadas ascosporas producidas en estructuras conocidas como ascas, o asexual, por medio de esporas exógenas denominadas conidios (Prieto, 2017).



Figura 7-1: *Aleuria aurantia*

Fuente: Prieto, 2017.

1.3.3.5. Deuteromycetes

Se conocen como hongos imperfectos debido a que carecen de una fase sexual reproductiva, en su defecto, su reproducción se realiza por conidios análogo al ciclo asexual de los ascomicetos. Dotan de hifas septadas y ramificadas, y generalmente son parásitos oportunistas (Menéndez, 2014).

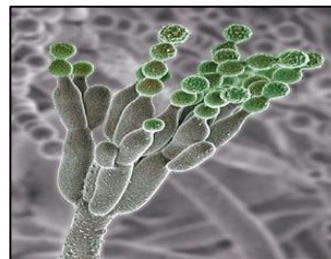


Figura 8-1: *Penicillium spp*

Fuente: Menéndez, 2014.

1.4. *Pleurotus Ostreatus*

1.4.1. Taxonomía

La tabla 5-1 muestra la clasificación taxonómica de *Pleurotus ostreatus*.

Tabla 5-1: Taxonomía de *Pleurotus ostreatus*

DOMINIO	Eukaryota
REINO	Fungi
PHYLUM	Basidiomycota
SUBPHYLUM	Agaricomycotina
CLASE	Agaricomycetidae
ORDEN	Agaricales
FAMILIA	Pleurotaceae
GENERO	<i>Pleurotus</i>
ESPECIE	<i>ostreatus</i>

Fuente: Schoch CI et al., 2020.

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

1.4.2. Ciclo de vida

Al pertenecer al Phylum Basidiomycota su reproducción es sexual. En la punta de los basidios se forman las células sexuales haploides denominadas basidiosporas, posterior a su germinación se produce un micelio haploide que al aparearse con otro micelio compatible y experimentar un proceso de plasmogamia, da lugar a un nuevo micelio dicariótico, a partir del cual se forma el cuerpo fructífero. La cara inferior de la fructificación se denomina himenóforo y está conformado por estructuras laminares en las que se originan los basidios. Estos basidios jóvenes al inicio son dicarióticos pero al sufrir un cariogama, se obtiene un solo núcleo diploide, que tras experimentar las dos fases meióticas da lugar a cuatro nuevas basidiosporas haploides, que finalmente son liberadas al medio para recomenzar el ciclo (Castiglia et al., 2013, pp.13-15).

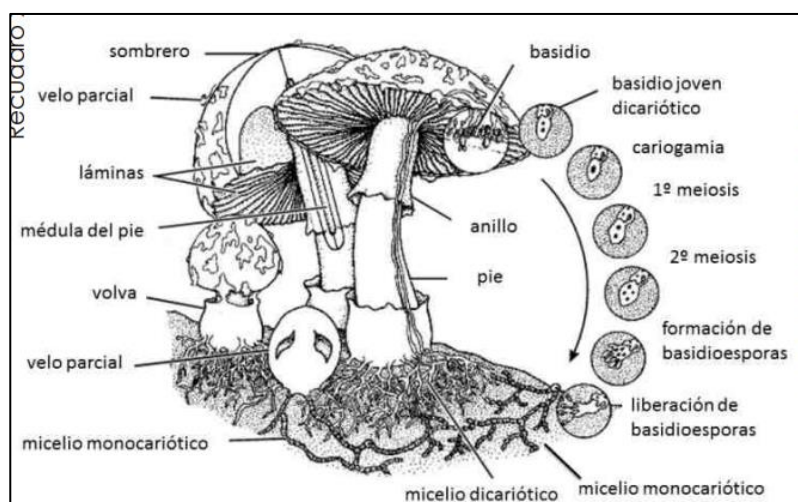


Figura 9-1: Ciclo sexual Basidiomycetes

Fuente: Castiglia et al., 2013, pp.15.

1.4.3. Nutrición

Su versatilidad para desarrollarse en diferentes residuos agrícolas, ricos en lignina, celulosa y hemicelulosa, hacen de *P.ostreatus* es un organismo lignícola saprófito. Su contacto con este tipo de residuales altos en carbono, activa en la zona externa de las hifas un complejo enzimático de enzimas fibrolíticas exógenas constituido por: celulasas, xilanasas, ligninoperoxidasa, manganeso peroxidasa, lacasas y peroxidasa versátil (Trejo et al., 2017, p.15), mismas que degradan la materia en compuestos más sencillos fácilmente asimilables, que finalmente son incorporados en el sistema por absorción o difusión.

Así mismo, la presencia de toxocistos otorgan a *P. ostreatus* la capacidad nematocida, algunos autores como Armas (2021) y Trigal (2021) consideran que esta particularidad es una de las fuentes de nitrógeno importantes en la nutrición de la especie, y sostienen que en la actualidad es una de las técnicas de biocontrol.

1.4.4. Factores que influyen en el crecimiento

Por otro lado, el desarrollo y crecimiento de este hongo se encuentra en dependencia de seis factores ambientales: temperatura, pH, humedad del sustrato, humedad relativa, luz y aireación. Los niveles óptimos de los cuatros primeros parámetros se muestran en la Tabla 3:1

Tabla 6-1: Condiciones ambientales optimas en el desarrollo del hongo *Pleurotus ostreatus*

Factor ambiental	Rango optimo	
Temperatura	Crecimiento micelial	Formación de primordios
	24-30°C	18 -20 °C
pH	6.0 -7.0	6.5 – 7.0
Humedad relativa	30-40%	85-90%
Aireación	28% de CO ₂ y 20% de O ₂	20% de O ₂ y menos de 700ppm de CO ₂

Fuente: Díaz, 2019, p.1179.

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

La disponibilidad nula o alta de luz, es un factor relevante durante todo el desarrollo del hongo. Su crecimiento miceliar se realiza en un ambiente totalmente oscuro, mientras que, la etapa de abotonamiento de los primordios y fructificación requiere de la presencia de luz. Pérez (2006, p. 12) añade que la luz necesaria debe tener una longitud de onda corta contemplada en el rango de 150 – 200 lux hacia el color azul del espectro.

P. ostretus es un hongo aerobio estricto, razón por la cual, su ambiente debe presentar una buena ventilación, caso contrario el cuerpo fructífero puede deformarse, manifestando alargamientos del estípite, y en ocasiones la no formación del píleo. Así mismo, una concentración de CO₂

comprendida entre 20 -25 % es fundamental durante el crecimiento del micelio, mientras que valores superiores inhiben el surgimiento de los primordios (Pérez, 2006, p. 13).

1.4.5. Estructura anatómica

P. ostreatus es popularmente conocido como hongo ostra u orejas blancas, debido a que su morfología se asemeja a una concha con sombrero de forma irregular y aplanado, mismo que tiene un diámetro que oscila entre los 5 a 20cm, con una superficie brillante y lisa.

Comúnmente son de color blanco amarillento, rosado y gris oscuro, con tonalidades marrones o azuladas. Sus bordes presentan irregularidades y se ven modificados con el tiempo, de manera que en su etapa joven los bordes presentan enrollamiento, mientras que en su etapa adulta se desenrollan (Piña et al.,2016, p.142)

Partes del hongo

- Píleo (Sombrero): parte superior del hongo con forma irregular semejante a un paraguas. Protege al himenio y al correcto desarrollo de las basidiosporas (Gaitán et al., 2006, p.9).
- Estipe (pie o pedúnculo): tronco o eje central lateral encargado de aportar sostenibilidad y altura a la seta, es grueso y en ocasiones no se evidencia. Su desarrollo se da en forma de una oreja y juega un papel importante en la dispersión de las esporas (Gaitán et al., 2006, p.9).
- Himenio: membrana que envuelve a los elementos fértiles, puede presentarse de diferentes formas, como láminas, tubos, agujones, pliegues (Gaitán et al., 2006, p.9).
- Laminilla: estructura parte del himenio donde se producen y se albergan los basidios (Fungiturismo, 2019).
- Anillo: membrana resultante de la ruptura del velo que protege al himenio una vez alcanzada la maduración de las esporas, se encuentra sujeto al pie (Fungiturismo, 2019).
- Volva: membrana restante del velo ubicada debajo del pie de la seta, es decir, la envoltura con mayor contacto con el sustrato (Ardón, 2007, p.4)



Figura 10-1: Estructura anatómica de *P. ostreatus*
 Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

1.4.6. *Propiedades nutricionales, medicinales y ambientales*

- **Propiedades nutricionales**

Actualmente, los hongos ostra son parte de una variedad de platos gastronómicos a nivel mundial debido a sus propiedades nutricionales, destacándose principalmente su alto contenido proteico al portar todos los aminoácidos esenciales (25-40% del total) en comparación a otras fuentes de proteína de origen animal y vegetal.

Los análisis proximales realizados a *P.ostreatus* demuestran que contiene 57-61% de carbohidratos, 11.9 % de fibra, 26% de proteínas y, 0.9-1.8 % de grasas (Gaitán et al., 2006, p.10). Otros autores como Salas De la T et al. (2004, p.44) mencionan que su contenido de humedad es del 88.5%, 6.455% de cenizas, 24.32% de proteínas, solidos totales 11.50% y, 2.46% de grasas. Son a su vez una fuente considerable de vitaminas B1, B12 y de ácido ascórbico. A nivel de macronutrientes y micronutrientes, contienen 316mg de potasio, 272mg de zinc, 400mg de magnesio, 540mg de fósforo, 13ppm de manganeso, 16 ppm de hierro y 37ppm de calcio (Salas De la T et al., 2004, p.44).

- **Propiedades medicinales**

Diferentes estudios a nivel de laboratorio han demostrado que la ingesta del hongo trae consigo importantes beneficios en la salud. La reducción de lípidos en la sangre para controlar los niveles de colesterol se logra gracias a la presencia de quinina, misma que en el intestino es transformada en quitosano; un componente que influye en la absorción de las grasas. Así mismo, posee propiedades antioxidantes debido a su capacidad para inducir la actividad de la catalasa,

superóxido dismutasa y glutatión peroxidasa, todos estos, son potentes antioxidantes que retardan el envejecimiento celular y prevención de la metástasis de la células (Vila, 2022). Por otro lado, estudios experimentales asociados a sus extractos más activos tales como: triterpenoides, polisacáridos, glucoproteínas y lectinas han hecho de *P.ostreatus* un hongo con bioactividad antitumoral, antiinflamatoria, inmunomodulatoria, hipoglucémica y en el mayor de los casos, se lo relaciona como un agente con capacidad antimicrobiana y neuroprotectora (Ayala et al., 2016. p.25).

- **Propiedades ambientales**

La importancia de los hongos *P. ostreatus* en la naturaleza varía desde su papel como organismos eliminadores de residuos lignocelulósicos hasta, su capacidad para servir como agentes biorremediadores de contaminantes químicos ambientales. Estudios actuales realizados por Herrera y Ocorima (2021), han demostrado la capacidad del hongo para biorremediar suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo; obteniendo una reducción del 30% y una eficiencia superior al 18%. Por otro lado, autores como Coello (2011) y Vallejo (2021) señalan la importancia del sistema enzimático de *P.ostreatus* para degradar colorantes azoicos y metales pesados (Pb, Cd y Cr) de las aguas residuales provenientes de las industrias, añadiendo que las condiciones ambientales no interfieren en el proceso de fijación del micelio con los metales pesados.

1.4.7. Cultivo del hongo ostra en Ecuador

La producción de hongos comestibles sigue siendo una actividad pocamente explorada en el país, ya sea por falta de interés en el proceso de cultivo, por desconocimiento sobre la parte biotecnológica y la potencialidad de los rastrojos agrícolas para ser utilizados como soportes en el desarrollo del hongo, o bien, por la cultura alimenticia de las personas, donde los hongos ostra rara vez forman parte de la dieta de los ecuatorianos. Sin embargo, actualmente en el país existen algunas pequeñas empresas encargadas de la producción micelio y venta del hongo ostra ya fructificado listo para ser consumido. Intiwasi, Fertilaya, infoAgro y The fungus Garden, son algunas de las empresas que se dedican al cultivo de hongos comestibles, y en su mayoría, promueven cursos y talleres relacionados al proceso de cultivo, en los que se incluye la preparación de varios platos gastronómicos donde las setas son el ingrediente principal.

Así mismo, organismos nacionales como el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), a través de la Dirección Provincial de los Gobiernos Autónomos Descentralizados, impulsan el cultivo de hongos comestibles en localidades del oriente ecuatoriano, con el objetivo de que la ciudadanía conozca sobre el proceso y se conviertan en productores de este alimento dentro de la localidad (MAGAP, 2017). De esta manera, en el país se

busca incentivar a la ciudadanía a interesarse en el mundo de las especies fúngicas como una alternativa de emprendimiento.

1.5. Fermentación en estado sólido (FES)

Proceso mediante el cual, el desarrollo y crecimiento de un microorganismo se lleva a cabo sobre un sustrato sólido o semisólido, empleando una fuente de nitrógeno y sales mineralizadas ricas en macro y micronutrientes, bajo condiciones de humedad, pH, aireación y temperatura controladas. Aunque conlleva requerimientos de humedad (40-80%) , los sustratos no presentan agua libre en su composición (Borrás-Sandoval y Torres-Vidales, 2016, p. 49).

1.5.1. Pasos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* por FES

1.5.1.1. Acondicionamiento del sustrato

Consiste en la preparación previa del residuo agrícola a ser empleado como sustrato. Para facilitar la masificación del micelio fúngico, es necesario que la biomasa fúngica tenga un tamaño pequeño. Autores como Sánchez y Royse (2017) y Rodríguez (2019) recomiendan que los residuales tengan una dimensión de 2cm a 4cm y, mencionan que la adición de Ca(OH) ayuda al incremento del pH en valores superiores a 7.5 con el objetivo de proveer selectividad en contra del moho verde.

1.5.1.2. Tratamiento térmico

Para eliminar toda la carga microbiana propia de los sustratos, los soportes deben someterse a un proceso de esterilización térmica (autoclavado o pasteurización), con el propósito de asegurar la pureza del crecimiento del hongo y evitar contaminaciones por organismos oportunistas (Cáceres, 2017, p.25).

1.5.1.3. Siembra

Se fundamenta en la mezcla del micelio primario (semillas del hongo) con el sustrato previamente acondicionado y esterilizado bajo condiciones de asepsia. Posterior a la mezcla, el contenido homogenizado se coloca en bolsas de PEBD, mismas que deben ser perforadas de tal manera que solo el 2% de la superficie de la bolsa quede expuesta al aire y así mantener húmedo y aireado al sustrato (Cáceres, 2017, p.25).

1.5.1.4. Incubación

En dependencia de la cepa, el tipo de sustrato, el tejido vegetal y las condiciones ambientales, esta etapa tarda de 10 a 25 días. Las bolsas o bloques de cultivo normalmente se colocan en áreas de incubación acondicionadas, es decir, un espacio ventilado que permita mantener una temperatura de 18 -25°C. Durante este tiempo la luz no es necesaria, sin embargo, debe existir una recirculación de aire para alcanzar las temperaturas necesarias durante el crecimiento micelial y abotamiento de primordios (Cáceres, 2017, p.26).

1.5.1.5. Riego por aspersión

Autores como Sánchez y Royse (2017, p. 164) argumentan que los riegos deben llevarse a cabo en forma de pulverizaciones en el ambiente del cuarto de incubación, con una periodicidad de cada dos días durante los 25 días en los que las fundas o bloques de incubación se encuentran en la oscuridad.

1.5.1.6. Fructificación

Etapa en la cual los primordios en abotamiento comienzan su desarrollo hasta alcanzar su estructura de carpófago. Inicia a su vez la etapa de luz y oscuridad; las bolsas de cultivo deben exponerse 12h a la luz del día, la temperatura del medio debe estar en 16 -20 °C y la humedad relativa debe ser de 80%, esta última se logra gracias al sistema de aspersión o riego (Sánchez y Royse, 2017, p.143). Por su lado, Cáceres (2017, p.26) añade que las condiciones de crecimiento durante el período de fructificación afectan significativamente el rendimiento, el color y la forma del hongo e indican que para evitar el resecamiento de los primordios y asegurar el correcto desarrollo de los cuerpos fructíferos es necesario incrementar la humedad a 85% - 90%.

1.5.1.7. Cosecha

Los hongos se cosechan por primera vez a los 25 -30 días. A esta altura del proceso el píleo o sombrero puede llegar a medir 8cm de diámetro con bordes planos o ligeramente levantados. Para la extracción de las setas se realiza un corte con cuchillo de acero inoxidable desde el pie o estipe (Cáceres, 2017, p.27).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Diseño experimental

2.1.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación es de carácter experimental, cuantitativo, aplicativo y de alcance explicativo. Según la manipulación de variables, el proyecto de investigación se maneja bajo los criterios del diseño experimental. Busca explicar el grado de causalidad existente entre los tipos de residuos agroindustriales usados como sustratos, con respecto a la eficiencia biológica, el rendimiento y, la composición bromatológica y la concentración de Ca y Zn de la biomasa fúngica obtenida. Se aplicó el análisis de varianza unidireccional ANOVA seguido de la prueba de Tukey, con el fin de aceptar o rechazar las hipótesis planteadas. Se llevaron a cabo tres tratamientos con ocho unidades experimentales por cada uno, dando un total de 24 unidades de experimentación de 1kg de peso independientemente.

Tabla 2-1: Tratamientos

Tratamiento	Tipo de residuo
T1	Tallos de quinua
T2	Subproducto del malteado de la quinua
T3	50% de tallos de quinua más 50% del subproducto del malteado de la quinua.

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

Tabla 2-2: Unidades experimentales

Tratamiento	Composición residual	Unidades experimentales (UE)
T1	900g de tallos de quinua más 100g de inóculo de <i>Pleurotus ostreatus</i> .	8
T2	900g del subproducto del malteado de quinua más 100g de inóculo de <i>Pleurotus ostreatus</i> .	8
T3	450g de tallos de quinua más 450g del subproducto del malteado de quinua más 100g de inóculo de <i>Pleurotus ostreatus</i> .	8

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

2.2. Hipótesis

2.2.1. Hipótesis de la investigación

El rastrojo de la quinua y el subproducto del malteado de la quinua son potenciales sustratos para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*.

2.2.2. Hipótesis nula

El rastrojo de la quinua y el subproducto del malteado de la quinua no son potenciales sustratos para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*.

2.3. Identificación de variables

2.3.1. Variables independientes

- Residuos agroindustriales (rastrojo de la quinua y subproducto del malteado de la quinua)

2.3.2. Variables dependientes

- Eficiencia biológica
- Rendimiento
- Valor nutricional de la biomasa fúngica obtenida

2.4. Localización del estudio

El lugar de estudio para la presente investigación corresponde a la planta procesadora de quinua orgánica, trigo perlado y arroz de cebada de la Corporación de Productores y Comercializadores Orgánicos Bio Taita Chimborazo (COPROBICH), ubicada en la parroquia de Cajabamba del cantón Colta de la provincia de Chimborazo.



Figura 1-2: Imagen satelital de la Corporación COPROBICH

Fuente: Google Earth Pro, 2019.

2.4.1. Población de estudio

La población de la presente investigación está compuesta por los residuales agroindustriales, siendo estos, el rastrojo de la quinua procedente de las cosechas de la corporación y el subproducto del malteado de la quinua o bagazo cervecero de quinua.

2.4.2. Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra está constituido por las 24 unidades experimentales. Cada unidad experimental está representada por 1kg de sustrato.

2.4.3. Método de muestreo

Dado al carácter infinito de la muestra, el método de muestreo a realizar es de carácter no probabilístico conocido como muestreo dirigido o intencional, mismo que se caracteriza por permitir al investigador seleccionar el tamaño de la muestra basándose en su propio criterio y en función de la accesibilidad y disponibilidad de los residuos.

2.5. Técnicas de recolección de datos

La técnica aplicada para la recolección de datos propia del diseño experimental se conoce como observación experimental, se basa en el reporte de datos a partir de la manipulación de la variable independiente bajo condiciones controladas. Con esta técnica fue posible recolectar de los datos del peso de la biomasa fúngica obtenida, así como los pesos del sustrato pos cultivo de cada unidad experimental. Adicionalmente, se utilizó el Software de hojas de cálculo de Excel como

instrumento para el registro y tabulación de los datos reportados, mientras que para el análisis de varianza unidireccional ANOVA se hizo uso del programa Minitab Statistical Software 21.

2.6. Metodología para la caracterización fisicoquímica de los sustratos

2.6.1. Caracterización bromatológica y lignocelulósica de los sustratos

2.6.1.1. Caracterización bromatológica

Con el propósito de determinar la composición bromatológica de los tallos de quinua, el subproducto del mateado de la quinua y la mezcla de ambos sustratos, se llevó a cabo el análisis proximal de cada residuo, en los que se evaluó: humedad, cenizas, extracto etéreo (E.E), proteína, fibra y extracto libre de nitrógeno (E.L.N). Para ello, se enviaron 1kg de muestra seca de cada residual al departamento de Nutrición y Calidad del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicado en la estación experimental de Santa Catalina sector Cutuglagua. Los métodos de referencia en base a los cuales se determinaron cada parámetro y, las unidades en las que se reportaron los resultados se exponen en la tabla 3-2.

Tabla 3-2: Parámetros del análisis proximal de los residuales

Parámetro	Método	Método de referencia	Unidad
Humedad	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	%
Cenizas	MO-LSAIA-01.02	U. FLORIDA 1970	%
E.E	MO-LSAIA-01.03	U. FLORIDA 1970	%
Proteína	MO-LSAIA-01.04	U. FLORIDA 1970	%
Fibra	MO-LSAIA-01.05	U. FLORIDA 1970	%
E.L.N	MO-LSAIA-01.06	U. FLORIDA 1970	%

Fuente: INIAP Informe de ensayo No 22-010, 2021.

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

2.6.1.2. Caracterización lignocelulósica

La determinación de los diferentes componentes de la fibra tales como; la celulosa y la lignina se realizó en base al método de Van Soest, siguiendo la técnica de Fibra Neutro Detergente (F.N.D). La experimentación se llevó a cabo en el laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, con ayuda del equipo Dosi-Fiber.

Como paso inicial, se pulverizaron los sustratos y se desengrasaron usando como solventes al hexano y dietiléter. Posteriormente, se colocaron las muestras de cada sustrato en los crisoles

porosos del equipo Dosi Fiber y se efectuó la digestión con la Solución Acido Detergente (S.A.D) por un periodo de 1h.

Seguidamente, se colocaron los crisoles en una estufa a una temperatura de 150°C por el lapso de 1hora, culminado este tiempo, se añadieron 25ml de H₂SO₄ en cada una de las muestras para dar inicio a una segunda digestión; con la que se eliminó la parte hidrolizable de los residuos quedando en las muestras únicamente el fragmento insoluble conocido como fibra vegetal; este proceso tuvo una duración de 3h.

Finalmente, los crisoles se sometieron a la mufla a una temperatura de 500 °C por un periodo de 3horas y se dejaron enfriar.

Los pesos registrados para la determinación porcentual del contenido de celulosa y lignina se tomaron al concluir cada etapa del proceso. Las fórmulas para la determinación de los componentes lignocelulósicos son:

$$\%Celulosa = \frac{W_5 - W_7}{W_0} * 100$$

$$\%Lignina = \frac{W_7 - W_8}{W_0} * 100$$

Fuente: J.P, 2020, p.19.

Donde:

W₀= peso del crisol más muestra

W₅= peso del crisol posterior a la digestión con solución ácido detergente (S.A.D)

W₇= peso del crisol posterior a la digestión con H₂SO₄

W₈=peso del crisol posterior a la incineración



Figura 2-2: Equipo Dosi-Fiber para la determinación de lignina y celulosa

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

2.7. Metodología para el cultivo y producción de *Pleurotus ostreatus*

2.7.1. Inoculación in vitro de la cepa

Se prepararon 15 cajas petri con medio de cultivo Agar Sabouraud, posteriormente la solución fue autoclavada a una temperatura de 121°C por 1 hora.

En la cámara de flujo laminar y bajo condiciones de asepsia se plaquearon las cajas petri, una vez solidificado el medio de cultivo estas se inocularon con la cepa de *P.ostreatus*. Las cajas se colocaron en una estufa de incubación a una temperatura de 27.5°C durante un periodo de 15-20 días, tiempo en cual el micelio alcanzó su colonización total adquiriendo una apariencia blanca algodonosa.



Figura 3-2: Colonización de *P.ostreatus* in vitro

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

2.7.2. Obtención del inóculo primario

La propagación del micelio en semillas involucra dos etapas: tratamiento del grano o semilla y la inoculación con la cepa de *P. ostreatus*.

- **Tratamiento de la semilla**

Los granos de trigo se lavaron con abundante agua. Durante 10-12h permanecieron en hidratación por inmersión en agua común y con una pequeña cantidad de agua oxigenada con el fin de eliminar endosporas indeseables. Cuando los granos de trigo alcanzaron una humedad el 30% aproximadamente se elimina el exceso de agua. Los granos humedecidos se colocaron en frascos de vidrio hasta las $\frac{3}{4}$ de su capacidad, para luego someterse a un proceso de autoclavado.



Figura 4-2: Semillas de trigo

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

- **Inoculación de la cepa**

En la cámara de flujo laminar y con ayuda de mecheros de alcohol para la evitar la contaminación, se colocaron pequeños fragmentos del micelio del hongo en la superficie de los frascos que contienen los granos trigo esterilizado. Posteriormente estos frascos se colocaron en la incubadora a una temperatura de 28°C durante 8-12 días, tiempo en el cual se evidenció la total colonización del hongo en los granos de trigo.



Figura 5-2: Inóculo primario

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

2.7.3. *Tratamiento de los sustratos*

Como parte inicial, los tallos de quinua fueron cortados en pequeños fragmentos de 1-2cm de tamaño, por consiguiente, los fragmentos se lavaron y se sometieron a hidratación sumergida con agua común con 300g de Ca(OH)/l con el propósito de incrementar el pH durante 10-12h. Al termino de este tiempo, se escurrieron y se expusieron al sol hasta alcanzar una humedad del 60-80%.

El bagazo de la malta de quinua no requirió de trituración dada a su pequeña granulometría. Se sometió a hidratación sumergida con agua común y con 300 g de Ca(OH)/l a pesar de su consistencia húmeda, y para garantizar la perdida de humedad se expuso al sol.



Figura 6-2: Tallos de quinua posterior al tiempo de secado
Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.



Figura 7-2: Quinua malteada posterior al tiempo de secado
Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.



Figura 8-2: Mezcla 50:50 de sustratos posterior al tiempo de secado
Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

Los sustratos se colocaron en bolsas resistentes a la autoclave y se procedió a realizar el proceso de esterilización a una temperatura de 121°C durante 1h. Este procedimiento se realiza con el propósito de eliminar la microbiota endémica que puede existir en los residuos agrícolas.

2.7.4. *Siembra*

Las bolsas autoclavadas se dejaron enfriar a temperatura ambiente. En la cabina flujo laminar se colocaron las bolsas plásticas y, en cada una se dispuso 100g de micelio engrano contenido en los frascos de vidrio. Una vez colocado el inoculo este se homogenizó con el sustrato, finalmente, se compactaron ligeramente las bolsas para extraer el aire de su interior y se cerraron.

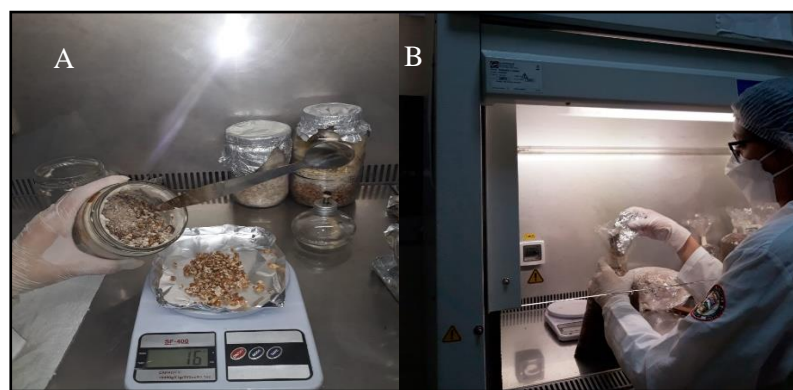


Figura 9-2: Siembra en el sustrato **A.** pesaje de los 100g de inóculo.
B. siembra del inoculo en las bolsas con el sustrato

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

2.7.5. *Masificación del micelio*

Las bolsas fueron sometidas a incubación en un armario completamente forrado con plástico negro para mantener un ambiente oscuro y una temperatura de 25-28°C. Cumplidas las 24 horas se realizaron pequeñas perforaciones en las fundas con ayuda de un bisturí con el fin de permitir el flujo de oxígeno indispensable para el crecimiento micelial.

2.7.6. *Fructificación*

Una vez que aparecieron los primordios en las bolsas, estas se expusieron a la luz del sol durante 12h por día. Se controlaron los factores ambientales como la temperatura y la humedad relativa, procurando alcanzar una temperatura de 18 -20 °C y una humedad relativa del 80-90%, esta última se logró gracias al sistema de aspersión o riego manual con agua común.

2.7.7. Cosecha

Una vez alcanzado el crecimiento completo del píleo o sombrero, las setas fueron cortadas con ayuda de un bisturí. La biomasa fúngica obtenida en cada una de las unidades experimentales de cada tratamiento fue pesada con ayuda de una balanza analítica. Los datos de los pesos (g) registrados sirvieron para determinar el valor porcentual de la eficiencia biológica y del rendimiento en cada tratamiento.

2.7.8. Pesaje de las unidades experimentales post-cultivo

Posterior a la cosecha de las setas y procurando que las bolsas experimentales estuvieran libre de humedad, se pesaron las bolsas y los datos obtenidos se registraron como peso del sustrato seco; mismos que fueron importantes para la determinación de la eficiencia biológica de cada tratamiento.

2.7.9. Caracterización bromatológica y nutritiva de la biomasa fúngica obtenida

La biomasa fúngica obtenida en cada tratamiento fue caracterizada en función de sus parámetros bromatológicos y parámetros de micronutrientes. En el primer caso se evaluaron: humedad, cenizas, extracto etéreo (E.E), proteína, fibra y extracto libre de nitrógeno (E.L.N) y, en el segundo caso, se determinaron las concentraciones de Ca y Zn. Para ello, se enviaron por tratamiento 1kg de muestra fresca de setas al departamento de Nutrición y Calidad del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicado en la estación experimental Santa Catalina sector Cutuglagua. Los métodos de referencia en base a los cuales se determinaron los parámetros bromatológicos y nutricionales se contemplan en las tablas 4-2 y 5-2 independientemente.

Tabla 4-2: Parámetros del análisis proximal de la biomasa fúngica

Parámetro	Método	Método de referencia	Unidad
Humedad	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	%
Cenizas	MO-LSAIA-01.02	U. FLORIDA 1970	%
E.E	MO-LSAIA-01.03	U. FLORIDA 1970	%
Proteína,	MO-LSAIA-01.04	U. FLORIDA 1970	%
Fibra	MO-LSAIA-01.05	U. FLORIDA 1970	%
E.L.N	MO-LSAIA-01.06	U. FLORIDA 1970	%

Fuente: INIAP Informe de ensayo No 22-025, 2022.

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

Tabla 5-2: Parámetros del análisis de micronutrientes de la biomasa fúngica

Parámetro	Método	Método de referencia	Unidad
Ca	MO-LSAIA-03.01.02	U. FLORIDA 1980	ppm
Zn	MO-LSAIA-03.02	U. FLORIDA 1980	ppm

Fuente: INIAP Informe de ensayo No 22-025, 2022.

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

2.7.10. Determinación de la eficiencia biológica (EB)

De acuerdo a Wang et al. (2001, p.295) este parámetro permite evaluar la producción de la biomasa fúngica obtenida por 100g de sustrato seco; en otros términos, la eficiencia biológica sirve para conocer el porcentaje de conversión del sustrato seco en cuerpos fructíferos. Es por esto, que para su determinación se consideraron los pesos del hongo fresco (setas cosechadas) y los pesos del sustrato seco (sustrato post-cultivo), aplicándose la siguiente fórmula:

$$\%EB = \frac{\text{peso del hongo fresco}}{\text{peso del sustrato seco}} * 100$$

2.7.11. Determinación del rendimiento (R)

Este parámetro hace referencia a la factibilidad que tiene un sustrato para servir como soporte nutricional. Para su cálculo se consideraron los pesos del hongo fresco y los pesos del sustrato húmedo; siendo este último de 1kg en todas las unidades experimentales. La fórmula aplicada para su determinación es:

$$\%R = \frac{\text{peso del hongo fresco}}{\text{peso del sustrato húmedo}} * 100$$

2.7.12. Análisis estadístico inferencial

Una vez determinada la cantidad en peso de la biomasa fúngica obtenida, el porcentaje de eficiencia biológica y, el porcentaje de rendimiento en cada una de las unidades experimentales de los tres tratamientos, se realizó el Análisis de varianza unidireccional ANOVA de cada parámetro evaluado, considerando un nivel de significancia del 0.05 y un nivel de confianza del 95%. La tabulación de los datos y el análisis estadístico se llevaron a cabo con ayuda del Software Excel. Las fórmulas utilizadas para la determinación de la matriz ANOVA de un solo factor se muestran en la tabla 6-2.

Tabla 6-2: Matriz ANOVA teórica

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F ₀	Valor p-
Tratamientos	$SC_{Tra} = \sum_{i=1}^k \frac{Y_i^2}{n_i} - \frac{Y_{..}^2}{N}$	$k - 1$	$CM_{Tra} = \frac{SC_{Tra}}{N - k}$	$\frac{CM_{Tra}}{CM_E}$	$P(F > F_0)$
Error	$SC_E = SC_T - SC_{Tra}$	$N - k$	$CM_E = \frac{SC_E}{N - k}$		
Total	$SC_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N}$	$N - 1$			

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

De manera complementaria al análisis ANOVA, se realizó la prueba de Tukey de cada uno de los parámetros evaluados con ayuda del sistema estadístico del programa Minitab Statistical Software 21.

Con esta prueba estadística es posible analizar y conocer si los tratamientos experimentales son significativamente diferentes entre sí en función de sus medias, varianzas e intervalos de confianza, pudiendo de esta manera aceptar o rechazar las hipótesis planteadas y por ende probar la hipótesis de investigación.

Con los resultados obtenidos una vez realizada la prueba de Tukey para cada parámetro evaluado, fue posible analizar la manera en cómo se agrupaban los tratamientos y la forma en como ocurre la distribución de los intervalos de confianza simultáneos (ICs). La tabla 7-2 muestra las formulas empleadas en la determinación de la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 7-2: Matriz para la prueba de Tukey teórica

Tratamiento	N	Media	ICs
T_n	Numero de datos	$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{N}$	$\left(\bar{X} - 1.96 * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}; \bar{X} + 1.96 * \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Análisis bromatológico y lignocelulósico de los sustratos

Tabla 1-3: Análisis bromatológico de los sustratos

Sustratos	Parámetros					
	Humedad (%)	Cenizas* (%)	Grasas* (%)	Proteína* (%)	Fibra* (%)	Extracto de nitrógeno libre* (%)
Tallos de quinua	20.52	3.17	0.44	2.41	63.24	30.75
Subproducto del mateado de la quinua	62.01	4.05	3.23	14.97	18.07	59.68
Mezcla 50:50	45.53	4.19	1.16	6.49	49.34	38.83

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

Los ensayos marcados con * se reportan en base seca.

Tabla 2-3: Análisis lignocelulósico de los sustratos

Sustratos	Parámetros	
	Celulosa* (%)	Lignina* (%)
Tallos de quinua	2.45	0.55
Subproducto del mateado de la quinua	0.40	0.30
Mezcla 50:50	1.79	0.23

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022

Los ensayos marcados con * se reportan en base seca.

Los resultados del análisis bromatológico de los sustratos expuestos en la tabla 1-3, denotan una variabilidad evidente en la composición fisicoquímica de los mismos, deduciendo su influencia en el grado de crecimiento y producción del hongo ostra.

En referencia a la disponibilidad del agua, la humedad del sustrato es uno de los factores ambientales sujetos a control durante el desarrollo miceliar y en la formación de los cuerpos fructíferos. En base al análisis proximal de los tratamientos, con el 62.01% el subproducto del malteado de la quinua es el tratamiento con mayor porcentaje de humedad, seguido por la mezcla 50:50 con el 45.53% y, los tallos de quinua con 22.52%. Autores como Sánchez y Royse (2017, p. 109) sostienen que la humedad óptima debe ser de 60 y 70 % y, dentro de las condiciones de la FES se estima un 40-80% de humedad pudiéndose alcanzar estos valores con el sistema de riego

por aspersión. Por tanto, se puede mencionar que, inicialmente los tres tratamientos dotaban de una humedad aceptable para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*,

Otro de los componentes importantes para la masificación del micelio y formación de componentes celulares, es la concentración de nitrógeno (Hernández y López, 2016: p.65). El porcentaje proteico resultó ser mayor en el tratamiento constituido por el subproducto del malteado de la quinua (14.97%), seguido de la mezcla 50:50 (6.49%) y, menor en el tratamiento de los tallos de quinua (2.41%), esto se debe a que el contenido de la materia nitrogenada que incluye a las proteínas verdaderas y los compuestos no proteicos (Reyes y Mendieta, 2000: p.22), es mayor en gramíneas y cereales que en los tallos vegetales cuya función es principalmente estructural. Los resultados obtenidos difieren de los reportados por Medina et al. (2018) y Castañeda et al. (2018), quienes en sus investigaciones mencionan que el bagazo cervecero de cebada contiene 10.91% de proteína cruda, mientras que los granos de quinua desaponificados contienen 15.53%. Por su parte, el porcentaje proteico de los tallos de quinua hallado por Cáceres (2017, p.31) es de 1.1%; una cantidad menor a la reportada en la presente investigación.

El hongo utiliza como fuente de energía al carbono contenido en las estructuras orgánicas no nitrogenadas; siendo estas: celulosa, hemicelulosa y lignina (Hernández y López, 2016: p.65). El análisis lignocelulósico de la tabla 2-3 y la determinación del parámetro de fibra de los sustratos, reflejan resultados significativamente bajos en referencia a los establecidos por Cáceres (2017, p.49) y Mussato et al. (2004, p.4) quienes indican que la madurez de la planta es directamente proporcional al porcentaje de celulosa y de lignina, y señalan que contenidos inferiores de estos polisacáridos y superiores hemicelulosa en los tallos de quinua constituyen un medio óptimo para *P. ostreatus*, argumentando que el grado de maduración del tallo influye desfavorablemente en la obtención del hongo. Por tanto, se deduce que los tallos de quinua empleados para el T1 y T3 estaban frescos, por lo que la extensión del micelio se llevó a cabo con normalidad, aunque el tiempo de colonización de las bolsas resultó diferente.

3.2. Determinación de la biomasa fúngica obtenida

La biomasa fúngica se refiere a la cantidad total de materia fúngica fresca cosechada en cada uno de los tratamientos. Los pesos registrados en base fresca así como el promedio de los mismos de cada tratamiento se muestran en la tabla 3-3.

Tabla 3-3: Pesos de la biomasa fúngica obtenida por tratamiento

Tratamiento	Unidades Experimentales								
	Peso de la biomasa obtenida (g)								
	UE ₁	UE ₂	UE ₃	UE ₄	UE ₅	UE ₆	UE ₇	UE ₈	Promedio (g)
T1	187	78	66	133	120	56	99	58	99.63
T2	80	110	98	107	94	91	67	130	97.08
T3	39	34	46	50	45	40	43	50	43.38

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

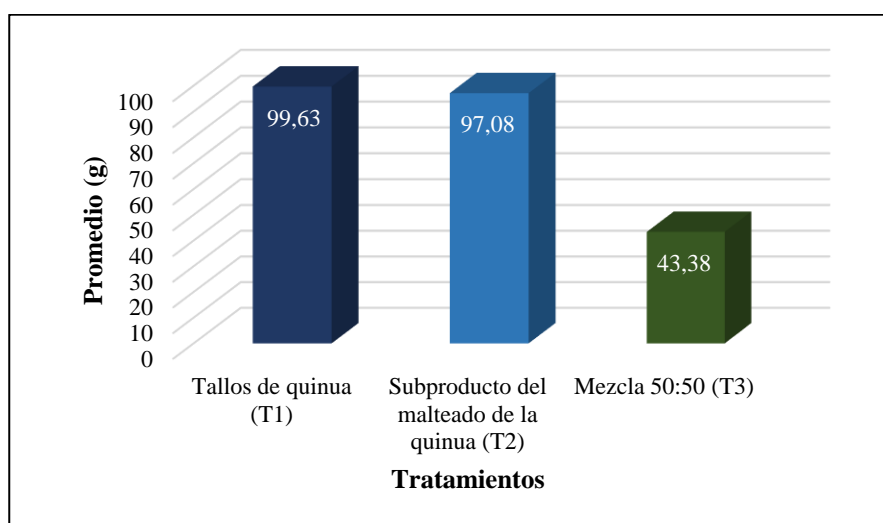


Gráfico 1-3: Comparación de los promedios de la biomasa obtenida en los tratamientos

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

En referencia al gráfico 1-3, se evidencia que la mayor cantidad de setas cosechadas se obtuvieron con el T1 compuesto por los tallos de quinua con una media de 99.63 g, en segundo lugar y con una ligera diferencia se ubica el T2 compuesto por el subproducto del malteado de la quinua con 97.08g, mientras que en la mezcla de sustratos se produjo la menor cantidad de biomasa, debido a que los primordios no fructificaron, en su defecto el valor registrado fue netamente de los primordios en estado de abotonamiento, siendo la media de 43.38g.

Lo sucedido con el T3, está directamente relacionado con el porcentaje de humedad, la disposición del O₂ y el grado de compasión del sustrato. En relación al contenido de humedad, si bien al inicio la cantidad de agua en el sustrato era óptima para garantizar el crecimiento micelial, la situación cambió en la etapa de fructificación con el sistema de aspersión, lo que produjo el incremento de la misma superando al 85% de humedad relativa requerida en la FES, en consecuencia, las unidades experimentales del T3 se contaminaron por un hongo verde ajeno al cultivo como se contempla en la Figura 1-3. De acuerdo a Flores Montes de Oca (2018, p.25) el porcentaje de

humedad del sustrato influye en la estabilidad durante el almacenamiento y en condiciones elevadas favorece al desarrollo de microorganismos indeseables como el hongo *Penicillium notatum*.

Por otro lado, Pineda et al. (2014, p.18) sostienen que los medios de cultivo combinados tienen a presentar mayor compactación lo que dificulta la circulación del oxígeno y la transferencia del calor metabólico. Por tanto, se puede afirmar, que la menor productividad de *P.ostreatus* en el T3 fue producto del apelmazamiento ejercido por la mezcla del bagazo cervecero de quinua con los tallos de quinua, la poca disponibilidad O₂, limitaciones de temperatura requerida y la contaminación suscitada. En función de lo sucedido, los primordios de las unidades experimentales del T3 no fructificaron, en su defecto se mantuvieron en su etapa de abotonamiento con la marcada contaminación hasta el término del proceso.

En función de lo anterior, se puede mencionar que, los tallos de quinua y el bagazo cervecero de quinua como sustratos, no tienden a generar problemas de apelmazamiento, lo que facilita la circulación del O₂ en las bolsas de cultivo permitiendo mantener una humedad relativa favorable para el desarrollo del micelio y fructificación del hongo *P.ostreatus*.



Figura 1-3: Contaminación del T3 por microorganismos ajenos al cultivo

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

3.3. Determinación de la eficiencia biológica

Tabla 4-3: Porcentaje de la eficiencia biológica obtenida en cada tratamiento

Tratamiento	Unidades Experimentales								
	Eficiencia biológica (%)								
	UE ₁	UE ₂	UE ₃	UE ₄	UE ₅	UE ₆	UE ₇	UE ₈	Promedio (%)
T1	81.51	39.48	30.21	64.72	59.41	26.58	48.47	29.48	47.48
T2	29.20	48.25	35.17	41.18	39.03	37.96	27.32	44.83	37.87
T3	16.39	4.59	19.83	21.10	17.44	12.12	17.62	19.76	16.11

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022

Los resultados de la tabla 4-3 denotan que la mayor eficiencia biológica se obtuvo en el T1 compuesto por los tallos de quinua, seguido del T2 compuesto por el subproducto del malteado de la quinua, mientras que la eficiencia más baja ocurrió en el T3. Los cuerpos fructíferos cosechados tanto en el T1 como en T2 presentaron características físicas favorables; destacándose: el tamaño considerable del sombrero, el grosor del pie, la notoria formación del himenio. Así, como la coloración blanca aperlada de las setas y su evidente ondulación en los bordes, pedúnculos blancos y carnosos sin contaminación, y un olor agradable libre de pudrición. Lo que permite deducir, que tanto el T1 como el T2 son potenciales soportes nutricionales para servir como sustratos en la producción del hongo ostra debido a su eficiente conversión del sustrato seco en cuerpos fructíferos.

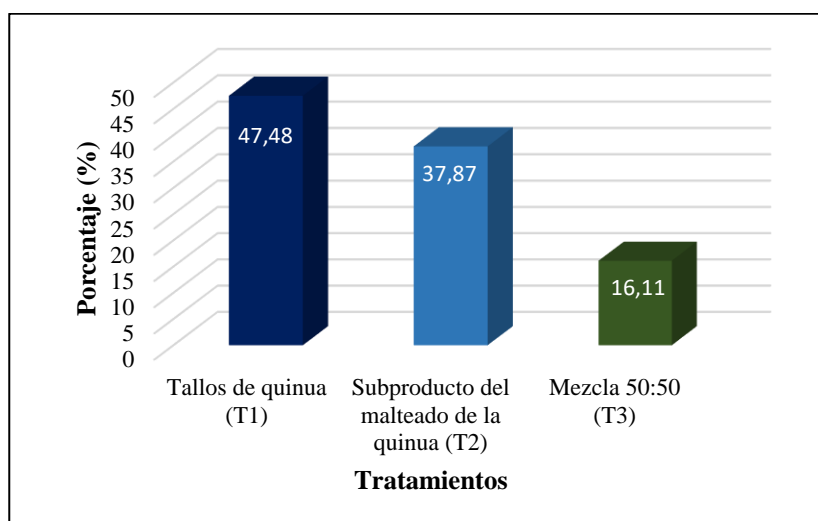


Gráfico 2-3: Comparación de los promedios de la eficiencia biológica de los diferentes tratamientos

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

En consideración con otras investigaciones. En el grafico 2-3 se evidencia la marcada variación que presentan los tratamientos entre sí en cuanto a este parámetro evaluativo. El 47.48% de eficiencia biológica obtenida en el T1 supera a los resultados reportados por Piña et al. (2016, p.146) quienes obtuvieron un porcentaje del 32% al emplear los tallos de quinua en el cultivo del hongo ostra. Por su parte, la eficiencia biológica del T2 del 37.87% es mayor a la determinada por Wang et al. (2001, p.295) siendo esta del 16,9%. Por tanto, es factible afirmar que los porcentajes de eficiencia biológica obtenidos en los tratamientos T1 y T2 son buenos; y esto se debe a que los tallos de quinua utilizados eran jóvenes y frescos, por lo que la concentración lignocelulósica fue baja permitiendo que el micelio se extendiera con normalidad, así mismo, la adecuada relación C/N y el alto porcentaje lipídico; siendo este último el responsable de estimular el crecimiento del micelio y la formación de los cuerpos fructíferos favorecieron a este parámetro.

En referencia al T3, la eficiencia biológica resultó ser netamente baja, a raíz de que en ninguna de las unidades experimentales ocurrió la fructificación plena de los carpófagos, dando a entender que este co-sustrato no es potencialmente eficiente para el cultivo del hongo ostra, ya sea, por su tendencia a compactarse y disminuir la disponibilidad de O₂ o, porque la relación C/N no era la óptima para ser absorbida por *P.ostreatus* durante su desarrollo y crecimiento normal.



Figura 2-3: Fructificación en los diferentes sustratos **A.** Setas fructificadas en el T1. **B.** Setas fructificadas en el T2. **C.** Ligera fructificación en el T3

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

3.4. Determinación del rendimiento

Tabla 5-3: Porcentaje del rendimiento obtenido en cada tratamiento

Tratamiento	Unidades Experimentales								
	Rendimiento (%)								
	UE ₁	UE ₂	UE ₃	UE ₄	UE ₅	UE ₆	UE ₇	UE ₈	Promedio (%)
T1	18.67	7.78	6.56	13.33	12.00	5.56	9.89	5.78	9.94
T2	8.00	11.00	9.78	10.67	9.44	9.11	6.67	13.00	9.71
T3	3.9	3.4	4.6	5.00	4.5	4.00	4.3	5.00	4.34

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

Los resultados de la tabla 5-3 indican que el mayor porcentaje de rendimiento se obtuvo en el T1 compuesto por los tallos de quinua, seguido y con una mínima diferencia se encuentra el T2 compuesto por el subproducto del malteado de la quinua, mientras que el tratamiento T3 constituido por la mezcla de ambos sustratos obtuvo el menor porcentaje de rendimiento. Deduciendo de esta manera que, los tallos de quinua y el bagazo cervecero de quinua usados de manera independiente tienen la factibilidad para servir como soportes nutricionales en el cultivo y producción del hongo ostra, no obstante, en su estado combinado el rendimiento disminuye, trayendo consigo dificultades en la producción de la biomasa fúngica, que desde una perspectiva económica significa pérdidas y desprecio de materia prima.

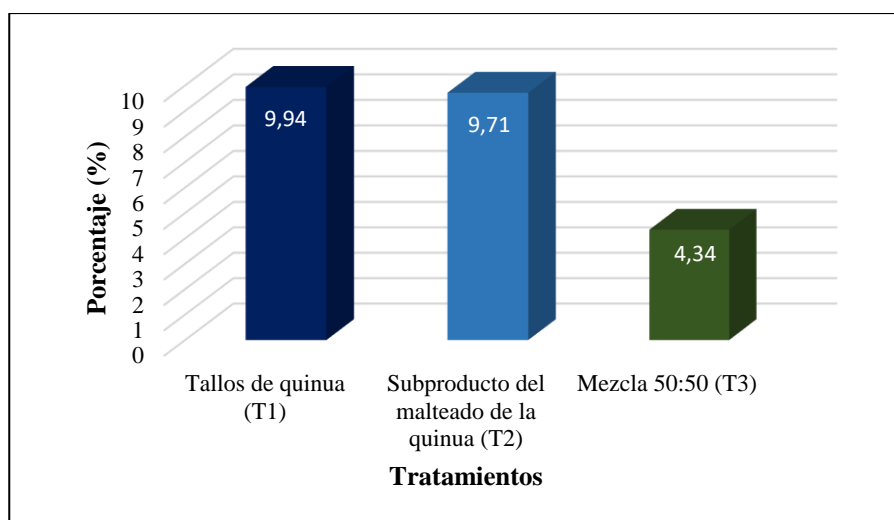


Gráfico 3-3: Comparación de los promedios del rendimiento de los diferentes tratamientos

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

A nivel investigativo, el 9.94% de rendimiento obtenido en el T1 es inferior a los resultados reportados por Piña et al. (2016, p.146) quienes obtuvieron un porcentaje del 15.026%. De manera análoga, el 9.71% de rendimiento del T2 es menor en comparación al mencionado por Puig et al. (2020, p.174) siendo este de 10.5%, quienes además argumentan que el proceso de pasteurización del bagazo cervecero de quinua provoca la pérdida de nutrientes, mientras que la granulometría fina propia de la malta tiende a generar la compactación del sustrato, dificultando la formación de espacios intercelulares importantes en la aireación, dando lugar a un ambiente anaerobio que termina por interrumpir el desarrollo del hongo ostra. Lo anterior se lo asocia a lo ocurrido en el T3 cuyo rendimiento fue del 4.34%.

Por otro lado, el tiempo de colonización y el tiempo de cosecha son parámetros importantes para evaluar el rendimiento sustratos. Las unidades experimentales del T1 alcanzaron la colonización completa del micelio a los 15 días y su tiempo de cosecha fue a los 30 días, en el caso del T2 la colonización ocurrió a los 25 y la cosecha a los 39 días, a diferencia del T3, donde si bien el micelio logró masificarse en 25 días los primordios abotonados no alcanzaron su fructificación como setas haciendo que la cosecha sea nula

3.5. Análisis estadístico inferencial

3.5.1. Biomasa fúngica obtenida

Hi: El empleo de distintos residuos agrícolas (tallos de quinua, subproducto del malteado de la quinua y la combinación de ambos) como sustratos para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* influye en la cantidad de biomasa fúngica a obtener; $p \leq 0.05$

Ho: El empleo de distintos residuos agrícolas (tallos de quinua, subproducto del malteado de la quinua y la combinación de ambos) como sustratos para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* no influye en la cantidad de biomasa fúngica a obtener; $p > 0.05$

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Nivel de confianza: 95%

Análisis de varianza con un solo factor (ANOVA)

Tabla 6-3: Resultados del ANOVA de la biomasa fúngica obtenida en cada tratamiento

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F ₀	Valor p-	Valor crítico para F
Tratamientos	16146.9537	2	8073.47685	9.84795397	0.00096166	3.46680011
Error	17216.0648	21	819.81261			
Total	33363.0185	23				

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

El análisis ANOVA permitió conocer si existía alguna diferencia entre las medias de los distintos tratamientos en función de la comparación del valor de p- con respecto a α . En este caso, con un valor de p- inferior al nivel de significancia, se acepta la hipótesis alternativa y se concluye que la cantidad de biomasa fúngica obtenida depende del tipo de residuo agrícola empleado en el crecimiento de *Pleurotus ostreatus*

Prueba de Tukey

Tabla 7-3: Resultados de la prueba de Tukey de la biomasa fúngica obtenida

Tratamiento	N	Media	ICs	Agrupación	
T1	8	99.6	(78.6 , 120.7)	A	
T2	8	97.08	(76.03 , 118.14)	A	
T3	8	43.38	(22.32 , 64.43)		B

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

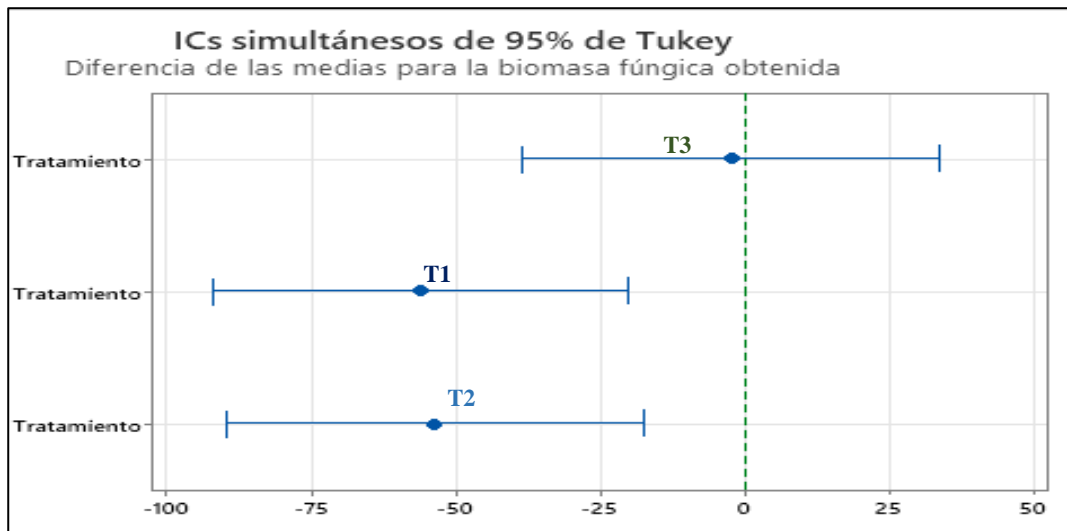


Gráfico 4-3: Comparación de los intervalos de confianza para la biomasa fúngica obtenida

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

Los intervalos representan la cantidad de certeza que guardan los datos con respecto a la media de la muestra y, al guardar diferencias en su agrupación tabla 7-3, hacen que la hipótesis sea estadísticamente significativa. De esta manera, de acuerdo al gráfico 4-3 se afirma con un nivel de confianza del 95% que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que los promedios de los tratamientos son diferentes y, que la mayor producción media de biomasa fúngica obtenida entre los diferentes tratamientos pertenece al T1 compuesto por los tallos de quinua con 99.6g.

3.5.2. Eficiencia biológica

Hi: El empleo de distintos residuos agrícolas (tallos de quinua, subproducto del malteado de la quinua y la combinación de ambos) como sustratos para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* influye en la eficiencia biológica; $p \leq 0.05$

Ho: El empleo de distintos residuos agrícolas (tallos de quinua, subproducto del malteado de la quinua y la combinación de ambos) como sustratos para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* no influye en la eficiencia biológica; $p > 0.05$

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Nivel de confianza: 95%

Análisis de varianza con un solo factor (ANOVA)

Tabla 8-3: Resultados del ANOVA de la eficiencia biológica obtenida en cada tratamiento

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F ₀	Valor p-	Valor crítico para F
Tratamientos	4134.58478	2	2067.29239	13.2006902	0.00019386	3.46680011
Error	3288.70229	21	156.604871			
Total	7423.28706	23				

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

Con un valor de p- inferior al nivel de significancia, se afirma que la prueba de hipótesis es estadísticamente significativa, terminando por rechazar la hipótesis nula y concluir que el porcentaje de eficiencia biológica varía con el empleo de los distintos residuos agrícolas.

Prueba de Tukey

Tabla 9-3: Resultados de la prueba de Tukey de la eficiencia biológica

Tratamiento	N	Media	ICs	Agrupación
T1	8	47.48	(38.28 , 56.69)	A
T2	8	37.87	(28.67 , 47.07)	A
T3	8	16.11	(6.90 , 25.31)	B

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

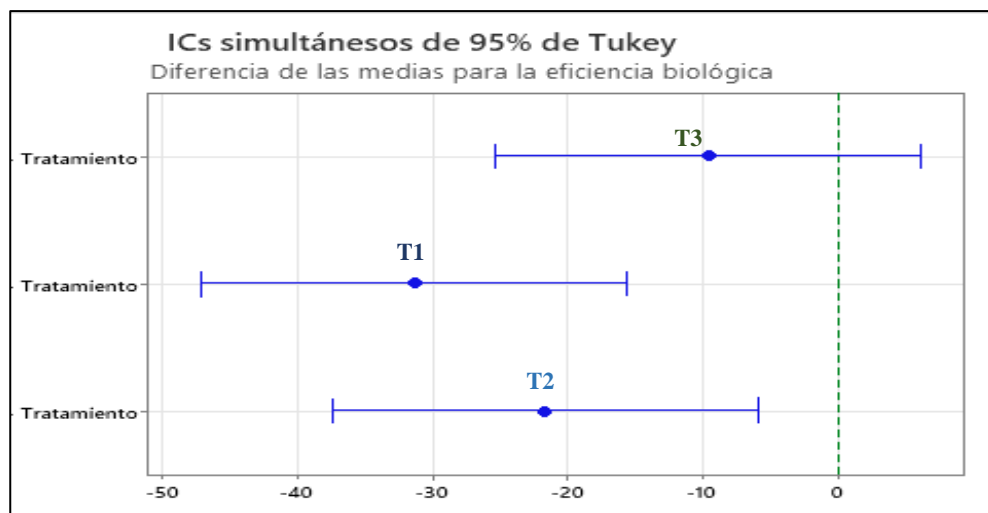


Gráfico 5-3: Comparación de los intervalos de confianza para la eficiencia biológica

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

La prueba de Tukey otorgó a cada tratamiento un intervalo de confianza, demostrando que las medias del porcentaje de eficiencia biológica son significativamente diferentes. Es así que, en base al gráfico 5-3 se afirma con un nivel de confianza del 95% que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que los promedios de los tratamientos son diferentes y, que el mayor porcentaje de eficiencia biológica corresponde al tratamiento T1 con 47.48%.

3.5.3. Rendimiento

Hi: El empleo de distintos residuos agrícolas (tallos de quinua, subproducto del malteado de la quinua y la combinación de ambos) como sustratos para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* influye en el rendimiento; $p \leq 0.05$

Ho: El empleo de distintos residuos agrícolas (tallos de quinua, subproducto del malteado de la quinua y la combinación de ambos) como sustratos para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* no influye en el rendimiento; $p > 0.05$

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Nivel de confianza: 95%

Análisis de varianza con un solo factor (ANOVA)

Tabla 10-3: Resultados del ANOVA del rendimiento de cada tratamiento

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F ₀	Valor p-	Valor crítico para F
Tratamientos	160.905134	2	80.4525669	9.77866522	0.00099672	3.46680011
Error	172.774491	21	8.2273567			
Total	333.6796244	23				

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

Con un valor de p- inferior al nivel de significancia, se afirma que la prueba de hipótesis es estadísticamente significativa, terminando por rechazar la hipótesis nula y concluir que el porcentaje de rendimiento varía con el empleo de los distintos residuos agrícolas.

Prueba de Tukey

Tabla 11-3: Resultados de la prueba de Tukey del rendimiento

Tratamiento	N	Media	ICs	Agrupación
T1	8	9.94	(7.84 , 12.05)	A
T2	8	9.708	(7.599, 11.817)	A
T3	8	4.338	(2.229 , 6.446)	B

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

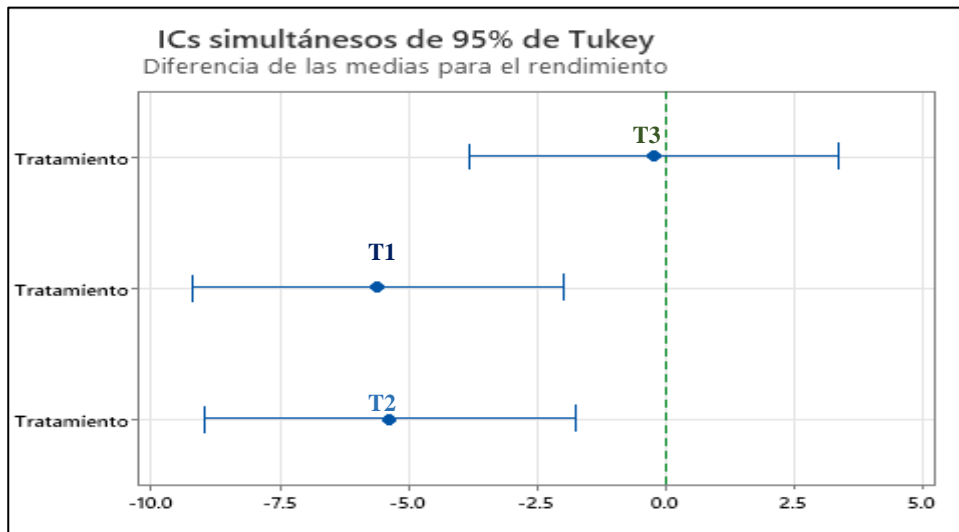


Gráfico 6-3: Comparación de los intervalos de confianza para el rendimiento

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

La prueba de Tukey otorgó a cada tratamiento un intervalo de confianza, demostrando que las medias del porcentaje del rendimiento son significativamente diferentes. En síntesis, en referencia al gráfico 6-3 se afirma con un nivel de confianza del 95% que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que los promedios de los tratamientos son diferentes y, que el mayor porcentaje de rendimiento corresponde al tratamiento T1 con 9.94%.

3.6. Análisis bromatológico y nutritivo de la biomasa fúngica

A raíz de la contaminación y a la no fructificación de los primordios de las unidades experimentales del T3, no fue factible realizar el análisis bromatológico y nutritivo de la biomasa fúngica obtenida de este tratamiento.

Tabla 12-3: Análisis bromatológico de la biomasa fúngica obtenida

Sustratos	Parámetros					
	Humedad (%)	Cenizas* (%)	Grasas* (%)	Proteína* (%)	Fibra* (%)	Extracto de nitrógeno libre* (%)
Tallos de quinua	80.61	6.80	1.73	25.13	21.89	44.45
Subproducto del mateado de la quinua	70.91	7.43	0.94	40.14	9,84	41.64

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

Los ensayos marcados con * se reportan en base seca.

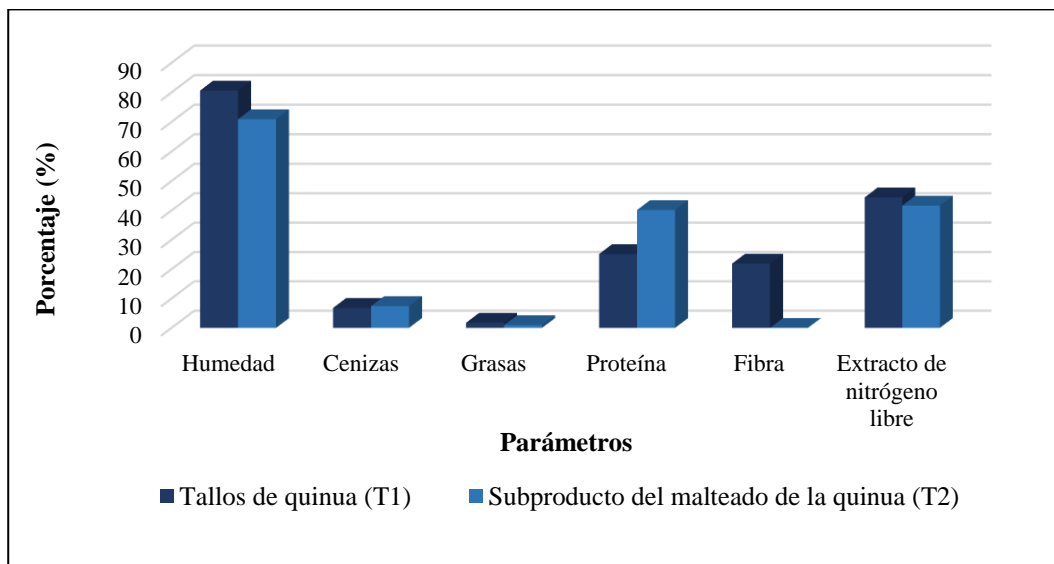


Gráfico 7-3: Comparación de los parámetros bromatológicos de los tratamientos T1 y T2

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

En referencia a los resultados reflejados en la tabla 12-3 y en función al gráfico comparativo 7-3, se observan diferencias en la composición proximal del *P.ostreatus* cultivado sobre los diferentes sustratos. En términos generales, las setas cultivadas en ambos tratamientos son ricas en humedad y en azúcares digeribles más conocidos como extracto de nitrógeno libre, pero bajas en cenizas y en grasas. A nivel del contenido proteico, las setas obtenidas de los tallos de la quinua tienen menor cantidad de proteínas en comparación a las cultivadas en el subproducto del malteado de la quinua; donde el contenido fue del 40.14%, un valor cercano al determinado por Fernández (2014, p.23) siendo este de 39%, sin embargo, ambos resultados son superiores a los reportados por Salas De La T. et al. (2004, p.44) quienes determinaron 24.32% de este parámetro. Esta variación está asociada al contenido de nitrógeno de los sustratos.

Por otro lado, el contenido de fibra de las setas del T1 es significativamente superior a las del T2 y a los resultados reportados por Fernández (2014, p.23) quien determinó un 4.6% de este parámetro, no obstante, el resultado del T2 es ligeramente menor al mencionado por Salas De La T. et al. (2004, p.44) siendo este del 10.45%. Esta variación es atribuible a la composición lignocelulósica de los sustratos.

Tabla 13-3: Análisis nutritivo de la biomasa fúngica obtenida

Sustratos	Parámetros	
	Ca* (ppm)	Zn* (ppm)
Tallos de quinua	1600	206
Subproducto del mateado de la quinua	203.44	62.40

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

Los ensayos marcados con * se reportan en base seca.

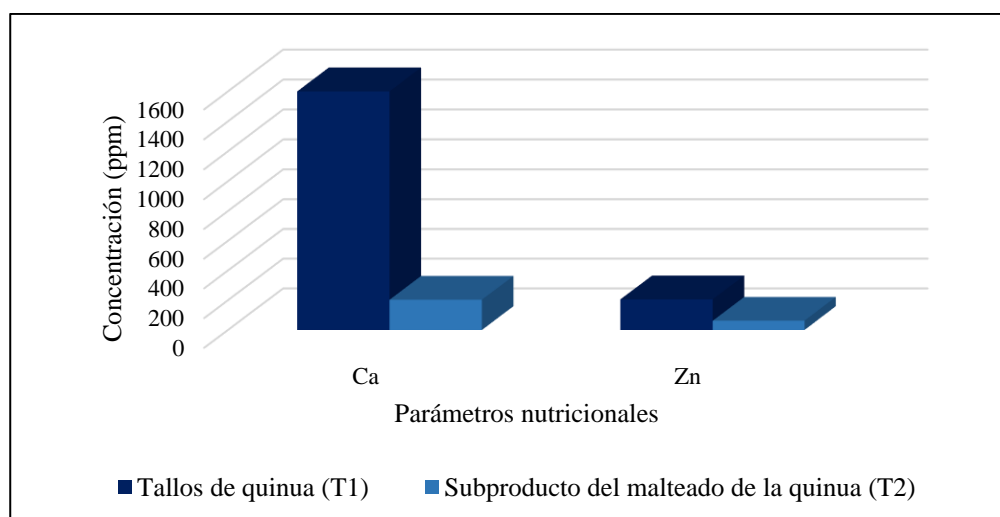


Gráfico 8-3: Comparación de los parámetros nutricionales de los tratamientos T1 y T2

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022.

En referencia a los resultados reflejados en la tabla 13-3 y en función al gráfico comparativo 8-3, se observan diferencias significativas en cuanto a la composición nutritiva del *P.ostreatus* cultivado sobre los diferentes sustratos. De manera general, es evidente que la biomasa fúngica obtenida del T1 tiene mejor composición micromineral que las setas obtenidas del T2. La concentración de Ca es superior en las setas cultivadas en los tallos de quinua en comparación a las obtenidas en el subproducto del malteado de la quinua y a los resultados realizados por Salas De La T. et al. (2004, p.44) quien determinó 37ppm de Ca. De la misma manera, la concentración de Zn es mayor en la biomasa fúngica del T1 que en la del T2, no obstante el resultado del T1 es inferior a los 2720ppm de Zn mencionados por Salas De La T. et al. (2004, p.44).

En función de los resultados, se deduce que la incorporación del hongo ostra en la dieta humana traería beneficios asociados al sistema inmunitario, formación de las proteínas y material genético por parte del Zn, mientras que el Ca contribuye con el fortalecimiento de los huesos y dientes.

CONCLUSIONES

- La composición bromatológica de los tallos de quinua, del subproducto del malteado de la quinua y, de la mezcla equitativa de los mismos, contiene la cantidad adecuada de moléculas orgánicas para servir como soportes nutricionales en el cultivo del hongo ostra; no obstante, el porcentaje de humedad, el contenido proteico, las grasas, y el porcentaje de azúcares digeribles (45.53%, 14.97%, 3.23% y 59.68%) respectivamente, es superior en el bagazo cervecero de quinua que en los otros residuales. Los tallos de quinua tienen la mejor disponibilidad de lignina y celulosa (2.45% y 0.55%) respectivamente, mientras que la mezcla de sustratos presenta características bromatológicas y lignocelulósicas intermedias, que interfirieron en el desarrollo del hongo ostra.
- La fermentación en estado sólido se llevó a cabo de la misma manera en los tratamientos bajo condiciones de temperatura, humedad y aireación controladas, sin embargo, resultó exitosa en los tallos de quinua y en el bagazo cervecero de la quinua, no así en la mezcla de sustratos; donde las unidades experimentales se contaminaron por el incremento de la humedad (> 80%) y la mala circulación del oxígeno.
- Los tallos de la quinua y el bagazo cervecero de la quinua son potenciales soportes nutricionales para servir como sustratos en la producción del hongo ostra debido a su relevante eficiencia biológica y a su rendimiento. No obstante, la mayor cantidad de biomasa fúngica se obtuvo en con los tallos de quinua, con una eficiencia biológica del 47.48%, un rendimiento del 9.94%, una producción media del 99.6g de hongo fresco, con un tiempo de colonización completa del micelio de 15 días y 30 días para la cosecha.
- Las setas de *Pleurotus ostreatus* cultivadas son ricas en humedad, proteínas y fibra, y a nivel nutritivo por su contenido de micronutrientes como el Ca y Zn, se convierten en un alimento óptimo para ser incorporado en la dieta humana acarreando beneficios inmunitarios.

RECOMENDACIONES

- Trabajar con tallos de quinua jóvenes cuyo contenido de lignina y celulosa no interfieran en la colonización del micelio; en cuanto al bagazo cervecero de quinua, procurar manipularlo en el menor tiempo posible para evitar que este se fermente, ya que esto incide en el pH del sustrato y aumenta la probabilidad de contaminación por microorganismos indeseados.
- Disminuir el porcentaje de bagazo cervecero de quinua en el sustrato combinado con los tallos de quinua, con el propósito de evitar la compactación del sustrato ejercido por la granulometría fina de la malta, que dificulta las condiciones fisicoquímicas necesarias para el desarrollo de *Pleurotus ostreatus*.
- Socializar los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación con los productores y miembros de la corporación COPROBICH, para incentivar el aprovechamiento de los rastrojos del cultivo de la quinua y sus derivados, y de esta manera generar oportunidades de empleo, beneficios económicos y ambientales.
- Emplear el sustrato post-cultivo como abono orgánico para los cultivos de la corporación, o bien utilizarlo como alimento para el ganado, de manera que se minimice el uso de abonos químicos y se incentive adoptar una agricultura orgánica enmarcada en la economía circular.

BIBLIOGRAFÍA

AIDA; et al. “Mushroom as a potential source of prebiotics: a review”. *Trends in Food Science & Technology* [en línea], 2009, (Malaysia) 20, p. 567- 575. [Consulta: 17 de marzo 2022]. ISSN: 0924-2244. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.07.007>

ÁLVAREZ BERNARD, Daniela. “Ecología verde” [blog]. Febrero 22, 2022. [Consulta: 19 de Marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/como-se-reproducen-los-hongos-3666.html>.

APAZA TICONA, Mauro. “Efecto de la adición de jipi de quinua (*Chenopodium quinoa W.*) en la alimentación de cuyes mejorados (*Cavia porcellus*), en la etapa de acabado”. (Tesis). Universitas Mayor Pacensis Divi Andre AE, Paz, Bolivia. 2016. pp. 27-28. [Consulta: 9 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10311/T-2296.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ARDÓN LÓPEZ, Carlos Estuardo. “La producción de los hongos comestibles”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 2007. pp. 7- . [Consulta el: 18 de marzo de 2022]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/07/07_1932.pdf

ARMAS TIZAPANTZI, Anahí et al. “Estructuras tipo toxocistos en *Pleurotus ostreatus* y *P. pulmonarium*”. *Revista Scientia Fungorum* [En línea], 2021. 49. p. 1-5. [Consulta: 30 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.33885/sf.2019.49.1250>.

AYALA SÁNCHEZ, Nahara; et al. “Los Hongos como fuente de recursos farmacológicos: *Ganoderma lucidum*; *Grifola frondosa*; y *Pleurotus ostreatus*”. *Revista Temas de Ciencia y Tecnología* [En línea], 2016. 20 (58). p. 25-36. [Consulta: 30 de marzo de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.utm.mx:8080/bitstream/123456789/337/1/2016-TCyT-NEAS.pdf>

BARDALES VASQUEZ, Cecilia Betzabet; et al. “Enriquecimiento proteico de los principales residuos lignocelulósicos agroindustriales de la Región La Libertad con la asociación mixta de *Trichoderma reesei*, *Chaetomiun cellulolyticum* y *Candida utilis* para alimentación animal”. *Revista Arnaldoa* [En línea], 2020. 27 (1). p. 99-114. [Consulta: 8 de abril de 2022]. ISSN: 1815-8242. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.271.27104>.

BERGESSE, Anthonella E; et al. *APROVECHAMIENTO INTEGRAL DEL GRANO DE QUINOA* [En línea]. Córdoba – Argentina: Creative Commons Attribution, 2015. [Consulta: 8 de abril de 2022]. Disponible en: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1846/Aprovechamiento%20%20integral%20del%20%20grano%20de%20quinoa.%20pdf?sequence=7&isAllowed=y>

BORRAS SANDOVAL, Luis M, & TORRES-VIDALES, Giovanny. “Producción de alimentos para animales a través de fermentación en estado sólido – FES”. *Orinoquia* [en línea], 2016, (Colombia) 20 (2), p. 47-54. [Consulta: 17 de marzo 2022]. ISSN: 0121-3708. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092016000200007&lng=en&nrm=iso.

BUFFINGTON, Jack. “The Economic Potential of Brewer’s Spent Grain (BSG) as a Biomass Feedstock”. *Journal of Scientific Research* [En línea], 2014, 4 (3). p. 308-318. [Consulta: 8 de abril de 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4236/aces.2014.43034>

CÁCERES CHOQUE, Cathia Adriana. Cultivo de Champiñón Ostra (*Pleurotus Ostreatus*) sobre residuos de quinua y cebada, y efecto del almacenamiento a bajas temperaturas con solución conservante.[En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional del Atlántico, Puno, Perú. 2017. pp. 51-53. [Consulta el: 17 de marzo de 2022]. Disponible en: https://node2.123dok.com/dt02pdf/123dok_es/000/552/552611.pdf.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=aa5vJ7sqx6H8Hq4u%2F20220417%2F%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20220417T040739Z&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Expires=600&X-Amz-Signature=f4ff4a3c62128290e328963342a8398caeb1babc66fe4ca8394a4d2e951927bc

CANO, Araceli, & Romero, Leticia. “Valor económico, nutricional y medicinal de hongos comestibles silvestres”. *Revista chilena de nutrición* [en línea], 2016, (México) 43 (1), p. 75-80. [Consulta: 17 de marzo 2022]. ISSN: 0717-7518. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182016000100011>

CASTAÑEDA, Ricardo; et al. “Efecto de la adición de quinua (*Chenopodium quinoa wild*) malteada y sin maltear en la elaboración de cerveza tipo Ale a base de cebada (*Hordeum vulgare*) malteada”. *Enfoque UTE* [en línea], 2018, (Ecuador) 9 (2), p. 15-26. [Consulta: 17 de marzo 2022]. Disponible en: <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v9n2/1390-6542-enfoqueute-9-02-00015.pdf>

CASTIGLIA, Valeria; et al. *Reino Fungi: morfologías y estructuras de los hongo* [En línea]. Argentina: Teoría, 2013. [Consulta: 18 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/52479411.pdf>

CHAMBI, Gloria; CANCAPA, Vanessa. “DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DEL EQUIPO REFINADOR DE PASTA PARA LA OBTENCIÓN DE PAPEL KRAFT A PARTIR DE TALLOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd.*)”. (Trabajo de titulación). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. 2012. pp. 6-7. [Consulta el: 17 de marzo de 2022]. Disponible en:

http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3397/Chambi_Quispe_Gloria_Cancapa_Caceres_Vanessa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

COELLO, Jessica Marisol. “Aplicación del hongo *Pleurotus ostreatus* como alternativa para la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados”. [En línea] (Trabajo de titulación) (Tesis) Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil-Ecuador. 2011. p. 40. [Consulta: 13 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/21150/1/D-92862.pdf>

CORTÉS, Cindi; et al. *Cartilla informativa sobre el manejo de los residuos sólidos* [En línea], Cali-Colombia: 2020. ISBN: 978-958-5167-00-1. pp. 12-13. Consulta: 8 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uniajc.edu.co/bitstream/handle/uniajc/885/Cartilla%20salvemos%20nuestro%20planeta%20final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CUBAS, Stella. *Fungus facts*. [En línea]. Estados Unidos: Wet Tropics Management Authority and the Queensland Environmental Protection Agency, 2017. [Consulta: 24 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.wettropics.gov.au/site/user-assets/docs/fungusfacts.pdf>

DÍAZ OSORIO, Ana. “Biodegradación de residuos de frutas y vegetales provenientes de supermercados usando la técnica de aireación forzada”. *Revista KUXULKAB* [En línea], 2011, 17 (33). p. 1-8. [Consulta: 8 de mayo de 2022]. ISSN: 1665-0514. Disponible en: <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a17n33.355>

ELIZALDE, ANA DE DIOS; et al. “FACTORES ANTINUTRICIONALES EN SEMILLAS”. *Revista Bio.Agro* [En línea], 2009, 7 (1). p. 45-54. [Consulta: 8 de abril de 2022]. ISSN: 1692-356. Disponible en:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612009000100007&lng=en&nrm=iso

FERNÁNDEZ, Yannet del Socorro. “CULTIVO DE ORELLAS (*Pleurotus ostreatus*) EN CINCO SUSTRATOS GENERADOS EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS AGROPECUARIOS, EN DOS EPOCAS DE SIEMBRA, EN EL MUNICIPIO DE ITUA”. [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Nacional Abierta y A distancia, Medellín-Colombia. 2014. pp. 23-25. [Consulta: 16 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/id/5274/32559400.pdf;jsessionid=E1C114F3219F359F3B3FE3821D873DF3.jvm1>

FLORES MONTES DE OCA, Antonio. Manual de cultivo de hongo seta (*Pleurotus ostreatus*) de forma artesanal [En línea]. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México, 2018. pp. 25- 30 [Consulta: 28 de abril de 2022]. Disponible en: http://huertofenologico.filos.unam.mx/files/2017/05/Cultivo_de_hongo_seta.pdf

FUNGITURISMO. Todas las partes de una seta [En línea], 2019. [Consulta: 30 de marzo de 2022]. Disponible en: <http://www.fungiturismo.com/todas-partes-de-seta>

GAITÁN HERNÁNDEZ, Rigoberto; et al. *Manual práctico del cultivo de setas Aislamiento, Siembra y Producción* [En línea]. Veracruz-México: Publicaciones, 2006. [Consulta: 30 de marzo de 2022]. Disponible en: http://www1.inecol.edu.mx/cv/CV_pdf/libros/Manual_PleurotusGaitan.pdf

GALLEGO ARJONA, Eduardo. “Los hongos y el paso del tiempo”. *Revista Eubacteria* [En línea], 2016, (España). 12 (5), p. 25-31. [Consulta: 28 de marzo de 2022]. ISSN: 1697-0071. Disponible en: https://www.um.es/eubacteria/Los_hongos_y_el_paso_del_tiempo.pdf

GALLEGO, Eduardo, & SÁNCHEZ, José. “¿QUE SON LOS HONGOS?”. [En línea]. Universidad de Almería, del Departamento de Biología Vegetal de la Universidad de Almería, España. 2016. [Consulta el: 18 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://w3.ual.es/GruposInv/myco-ual/intro.htm>

GARCÉS DE GRANADA, Emira; et al. *MORFOLOGÍA Y CLASIFICACIÓN DE LOS HONGOS* [En línea]. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2016. [Consulta: 19 de Marzo de 2022] Disponible en:

http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/Facultad_de_Ciencias/Publicaciones/Imagenes/Portadas_Libros/Biologia/Morfologia_y_Clasificacion_de_los_Hongos/Morfologia_y_clasificacion_de_los_hongos_libro.pdf

GAVILANES, Irene. *Tratamiento y valorización de los residuos agroindustriales de origen vegetal y animal generados en la provincia de Chimborazo (Ecuador)* [En línea], 2016. [Consulta: 7 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.umhsostenible.com/noticias-medio-ambiente/2016-06-22-09-10-19-91>

GÓMEZ PANDO, Luz, & AGUILAR CASTELLANOS, Enrique. *Guía del cultivo de la quinua* [En línea], Lima- Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2016, pp. 8-10. [Consulta: 9 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i5374s/i5374s.pdf>

GÓMEZ, Violeta. Basidiomicetos: características, nutrición, hábitat y reproducción [En línea], 2018. [Consulta: 28 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/basidiomicetos/>

GOOGLE EARTH PRO. COPROBICH. [En línea], 2019. [Consulta: 10 de abril de 2022]. Disponible en: https://earth.google.com/web/search/COPROBICH,+Colta/@-1.71354222,-78.75993281,3233.14563651a,178.51412522d,35y,-0h,0t,0r/data=CigiJgokCYZVCpW-hDRAEYNVCpW-hDTAGQyqwmgyEGFAITKeF14mVF7A?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=en

HARRIS VALLE, Citlalli; et al. “CARACTERIZACIÓN DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES ASOCIADOS A *Cyathea spp.* EN LA SIERRA NORORIENTAL POBLANA SIGUIENDO UN GRADIENTE ALTITUDINAL EN PRIMAVERA Y VERANO”. *Revista Interciencia* [En línea], 2016, (Venezuela). 41(10), p. 680-685. [Consulta: 18 de marzo de 2022]. ISSN: 0378-1844. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33947690005>

HERNÁNDEZ, Ricardo, & LÓPEZ, Claudia. “Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca” [En línea] (Trabajo de Grado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá – Colombia. 2016. p.65. [Consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8275/tesis257.pdf;sequence=1>

HERRERA, Héctor Luis, & OSCORIMA, Erika. “Eficiencia de la biorremediación de suelos contaminados con petróleo por acción del Hongo *Pleurotus Ostreatus*”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Tesis) Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. 2021. pp. 27-28. [Consulta: 13 de mayo de 2022]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/72993/Herrera_PHL-Oscorima_LEJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

HONRUBIA, Mario. *Los Hongos en la Región de Murcia* [En línea]. Murcia: Universidad de Murcia, 2009. [Consulta: 20 de marzo]. Disponible en: <https://www.um.es/documents/3239701/10857217/11hongosrm.pdf/751c6bfc-e458-4a43-9d43-7c59ca67d872>

IWUAGWU, Mary O; et al. “Use of different Agro-wastes in the Cultivation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) Kummer”. *Journal of Bioresource Management* [en línea], 2020, (Nigeria) 7 (2), págs. 29-38. [Consulta: 17 de marzo 2022]. ISSN: 2309-3854. Disponible en: <https://doi.org/10.35691/JBM.0202.0129>

J.P. EXTRACTOR PARA LA DETERMINACIÓN DE CELULOSA Y FIBRAS [En línea]. Barcelona-España: SELECTA.S.A, 2020. [Consulta: 10 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.manualslib.es/manual/63491/J-P-Selecta-Dosi-Fiber-4-Plazas.html?page=2#manual>

MAGAP. Productores de Pastaza participan de proyecto piloto en cultivo de hongos ostras [En línea]. Pastaza-Ecuador, 2017. [Consulta: 30 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/productores-de-pastaza-participan-de-proyecto-piloto-en-cultivo-de-hongos-ostras/>

MEDINA, Tarsicio; et al. “Análisis químico proximal en residuos sólidos de cerveza artesanal y su aceptación en cerdas”. *Revista Abanico veterinario* [En línea]. 2018, 8 (3). p. 86-93. [Consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.83.6>

MEJÍAS BRIZUELDA, Nildia; et al. “Aprovechamiento de los residuos agroindustriales y su contribución al desarrollo sostenible de México”. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales* [En línea], 2016, 2(6). p. 27-41. [Consulta: 8 de mayo de 2022]. https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num6/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N6_4.pdf

MENÉNDEZ, Juan L. Deuteromycetes [En línea], 2014. [Consulta: 28 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.asturnatura.com/articulos/hongos/deuteromycetes.php>

MONTES, Beatriz; et al. “Nuevos aspectos sobre la clasificación de los hongos y su posible aplicación médica Biomédica”. *Revista Biomédica* [En línea], 2016, (Colombia). 23 (2), p. 213-224. [Consulta: 28 de marzo de 2022]. ISSN: 0120-4157. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/843/84323212.pdf>

MORENO, Anderson et al. “Adsorción de azul de metileno sobre cascarilla de arroz”. *Revista Producción más limpia* [En línea], 2012, 7(1). p. 9-18. [Consulta: 9 de mayo de 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n1/v7n1a02.pdf>

MUÑOZ MUÑOZ, Deyanira; et al. “APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES COMO BIOCOMBUSTIBLE Y BIOREFINERÍA”. *Revista Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial* [En línea], 2014, 12 (2). p. 10-18. [Consulta: 9 de mayo de 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n2/v12n2a02.pdf>

MUSSATTO, S; et al. “Brewers’ spent grain: generation, characteristics and potential applications”. *Journal of Cereal Science* [En línea], 2004, 43 (1). p. 1-14. [Consulta: 8 de abril de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.06.001>

NIETO, Jessica I; et al. “Estudio preliminar de la composición nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en pulpa de café”. *Revista de la sociedad química del Perú* [en línea], 2019, (Perú) 85 (4), p.422-431. [Consulta: 17 de marzo 2022]. ISSN: 1810-634X. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v85i4.256>.

OCHOA, Carolina. “CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS LIGNOCELULOSICOS (SACCHARUM OFFICINARUM) PARA DETERMINAR SU POTENCIAL EN LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES”. [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Santo Tomás, Bucaramanga, Colombia. 2016. pp. 20-23. [Consulta: 8 de abril de 2022]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/9164/OchoaMartinezCarolina2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PADALIA, Kirtica. *BIOLOGY AND DIVERSITY OF VIRUSES, BACTERIA AND FUNGI (PAPER CODE: BOT 501)* [En línea]. India: Uttarakhand Open University, 2017. [Consulta: 28 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.uou.ac.in/lecturenotes/science/MSCBOT-17/Unit%20E2%80%9315%E2%80%9320Mastigomycotina%20and%20Zygomycotina%20Dr.%20Kirtika%20Padalia-converted.pdf>

PÉREZ MANJARREZ, Gustavo. *Hongos ciclos biológicos* [En línea]. México: Universidad Autónoma del estado de México, 2016. [Consulta: 20 de marzo de 2022.]. Disponible en: <https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/68355/secme-8348.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

PÉREZ ROLDAN, Briseyda J. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS, DE CULTIVO in vitro DE CEPAS DE *Pleurotus* AISLADAS EN GUATEMALA. [En línea] (Trabajo de Titulación). (Químico biólogo) Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 2006. pp. 7-13. [Consulta: 30 de marzo de 2022]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2457.pdf

PINEDA, Julio A; et al. “Producción de *Pleurotus ostreatus* por fermentación en estado sólido: una revisión”. *Revista ICIDCA* [En línea], 2014. 48 (2). p. 13-23. [Consulta: 1 de mayo de 2022]. ISSN: 0138-6204. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223131465002.pdf>

PIÑA, Ana Belem; et al. “Utilización de residuos agrícolas y agroindustriales en el cultivo y producción del hongo comestible seta, *Pleurotus ostreatus*”. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* [en línea], 2016, (Ecuador) 32, p. 141-151. [Consulta: 17 de marzo 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.05.10>

PRIETO, Pol. *Ascomicetos: características, anatomía y fisiología* [En línea], 2017. [Consulta: 28 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://medicoplus.com/ciencia/ascomicetos>

PUIG, Yaritza; et al. “EVALUACIÓN DE TRES RESIDUOS AGROINDUSTRIALES COMO SUSTRATOS PARA CULTIVO DEL *Pleurotus ostreatus* VAR. FLORIDA”. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada YACHASUN* [En línea], 2020, 4(7), p. 164-176. [Consulta: 16 de mayo de 2022].ISSN: 2697-3456. Disponible en: <https://doi.org/10.46296/yc.v4i7.0040>

REVERCHON, Frédérique; et al. “Saprophytic fungal communities change in diversity and species composition across a volcanic soil chronosequence at Sierra del Chichinautzin, México”.

Revista Annals of Microbiology [En línea], 2010, (México). 60(2), p. 217-226. [Consulta: 24 de marzo de 2022]. Disponible en: DOI: 10.1007/s13213-010-0030-7

REYES, Nadir, & MENDIETA, Byron. “Determinación del valor nutritivo de los alimentos”. [En línea] (Manual). Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. 2000. pp. 22-24. [Consulta: 1 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/35166784.pdf>

RIERA, María Antonieta; et al. “Residuos agroindustriales generados en Ecuador para la elaboración de bioplásticos”. *Ingeniería Industrial* [en línea], 2018, (Ecuador) 17 (3), p. 227-247. [Consulta: 11 de marzo 2022]. ISSN: 0718-8307. Disponible en: <https://doi.org/10.22320/S07179103/2018.13>

RODRÍGUEZ, Buenaventura. Formas de pasteurizar paja para cultivar seta de ostra (orellana) [En línea], 2019. [Consulta: 8 de abril de 2022]. Disponible en: <https://setascanarias.com/pasteurizar-sustrato-setas/>

ROJAS RAMÍREZ, Lena. “Los basidiomicetos: una herramienta biotecnológica promisorio con impacto en la agricultura”. *Revista Fitosanidad* [En línea], 2013, (Cuba). 17 (1), p. 49-55. [Consulta: 28 de marzo de 2022]. ISSN: 1562-3009. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209128776009.pdf>

ROJAS, Cinthya A. “CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE 402 ACCESIONES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd.*) EN CONDICIONES DE LA MOLINA-LIMA”. [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú. 2021. pp. 5-8. [Consulta: 8 de abril de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4804/rojas-captcha-alessandra-cynthia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SÁEZ TONACCA, Luis; et al. “Uso de harina de hojas de quínoa (*Chenopodium quinoa*) como ingrediente innovador, para la elaboración de alimentos de uso humano”. *Revista IDESIA* [En línea], 2016, (Chile), 35 (2), p. 233-242. [Consulta: 9 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v36n2/0718-3429-idesia-00602.pdf>

SAINI MANDAL. “CLASSIFICATION OF MUSHROOM”. [En línea]. Estados Unidos. 2016. [Consulta el: 19 de marzo de 2022]. Disponible en:

<https://www.bajkulcollegeonlinestudy.in/StudyMaterialFinal/Nutrition/100%206TH%20SEM-DSE4T-CLASSIFICATION%20OF%20MUSHROOM%20-%20SAINI%20MANDAL.pdf>

SALAS DE LA T, Norma; et al. “ESTUDIO DEL VALOR NUTRICIONAL Y PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y BIOQUÍMICAS DE *Pleurotus ostreatus*”. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química* [En línea], 2004. 7(2). p. 40-44. [Consulta: 30 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/4788>

SALOMONES D. “*Pleurotus djamor*, un hongo con potencial aplicación biotecnológica para el neotrópico”. *Revista Scientia Fungorum* [En línea], 2017, 49. p. 73-85. [Consulta: 30 de marzo de 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmm/v46/0187-3180-rmm-46-73.pdf>

SÁNCHEZ, Jose , & ROYSE, Daniel. *La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas Pleurotus spp* [en línea]. 1. Chiapas- México: ECOSUR, 2017. [Consulta: 17 de marzo 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/321686533_La_Biologia_el_cultivo_y_las_propiedades_nutricionales_y_medicinales_de_las_setas_Pleurotus_spp

SCHOCH CLa, et al. NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools. Database (Oxford) [En línea], 2020. [Consulta: 30 de marzo de 2022]. PubMed: 32761142. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?id=5322>

SCHOCH CLb, et al. NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools. Database (Oxford) [En línea], 2020. [Consulta: 8 de abril de 2022]. PMC: 7408187. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?id=63459>

SEMARNAT. *Residuos* [En línea]. México: SNIARN, 2012, pp. 318-319. [Consulta: 8 de mayo de 2022]. Disponible en: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap7_residuos.pdf

TAPIA GONE, Jesús; et al. “Caracterización e identificación morfológica de hongos formadores de micorriza arbuscular, en cinco suelos salinos del estado de San Luis Potosí, México”. *Revista Mexicana de Micología* [En línea], 2008, (México) .26 (2), p. 1-7. [Consulta: 18 de marzo de 2022]. ISSN: 0187-3180. Disponible en:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802008000100001&lng=es&nrm=iso

TREJO LOPEZ, Teresa et al. “Uso de extracto enzimático de *Pleurotus ostreatus* sobre los parámetros productivos de cabras”. *Revista Abanico vet* [En línea], 2017. 7(2). p. 14-21. [Consulta: 30 de marzo de 2022]. ISSN 2448-6132. Disponible en: <https://doi.org/10.21929/abavet2017.72.1>.

TRIGAL PERDOMO. *Pleurotus ostreatus* características, reproducción y nutrición [En línea], 2021. [Consulta: 30 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/pleurotus-ostreatus/>

VAILLANT FLORES, Daymara I. “Los líquenes, una alternativa para el control de fitopatógenos Fitosanidad”. *Revista Fitosanidad* [En línea], 2014, (Cuba). 18 (1), p. 51-57. [Consulta: 24 de marzo de 2022]. ISSN: 1562-3009. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209131412009.pdf>

VALLEJO, María de la Luz Angélica. “Utilización de Lacasa de *Pleurotus ostreatus* y su Biomasa Residual para la Degradación de Colorantes Azoicos y la Remoción de Metales en Aguas Residuales”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Tesis) Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla-México. 2021. pp. 43-44. [Consulta: 13 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstream/handle/20.500.12371/12695/20210317190412-6878-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

VARGAS CORREDOR, Yuri, & PÉREZ PÉREZ, Liliana. “APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AMBIENTE”. *Revista Facultad de Ciencias Básicas* [En línea], 2018, 14 (1). p. 59-72. [Consulta: 9 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.18359/rfcb.xxxx>

VILA, Jordi. *La gírgola, un valioso hipocolesterolemiantes, hipoglicemiantes y antioxidante natural* [En línea], 2022. [Consulta: 30 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://conviveconelcancer.com/la-girgola-y-sus-propiedades-medicinales/#:~:text=Benef%C3%ADcios%20de%20la%20g%C3%ADrgola&text=Tambi%C3%A9n%20puede%20reducir%20los%20niveles,peroxidasa%2C%20todos%20ellos%20potentes%20antioxidantes.>

WANG, Dianxia; et al. “Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivated on spent beer grain”. *Journal of Bioresource Technology* [En línea], 2001, 78 (3). p. 293-300. [Consulta: 3 de mayo de 2022]. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00002-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00002-5)

ANEXOS

ANEXO A: AVAL DE LA INVESTIGACIÓN

Riobamba, 17 de junio de 2021

Doctor
Fausto Yaulema Garcés

**PRESIDENTE DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**
Presente

De mi consideración:

Con un cordial saludo me dirijo a usted para poner en su conocimiento que el trabajo de titulación bajo la modalidad de proyecto de investigación con el tema "APROVECHAMIENTO DEL RASTROJO DE LA QUINUA Y DEL SUBPRODUCTO DEL MALTEADO DE LA QUINUA GENERADOS EN LA CORPORACIÓN (COPROBICH) DEL CANTÓN COLTA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, PARA LA OBTENCIÓN DE HONGOS COMESTIBLES *Pleurotus ostreatus*" presentado por la estudiante ISABEL ALEJANDRA PARDO SÁNCHEZ, se encuentra enmarcado en un proyecto macro titulado "Diseño e Implementación de un proyecto de la cadena productiva de la quinua (producción, transformación, comercialización y promoción del consumo de la quinua y sus derivados).

Particular que informo para los fines consiguientes.

Atentamente,

EDGAR IVAN
RAMOS
SEVILLA
Dr. Edgar Iván Ramos Sevilla
Investigador del proyecto

Escaneado con CamScanner por EDGAR IVAN RAMOS
SEVILLA
Número de identificación (DNI): 07-EDGAR
IVAN RAMOS SEVILLA
Escaneado con CamScanner por EDGAR IVAN RAMOS
SEVILLA
Número de identificación (DNI): 07-EDGAR
IVAN RAMOS SEVILLA
Escaneado con CamScanner por EDGAR IVAN RAMOS
SEVILLA
Número de identificación (DNI): 07-EDGAR
IVAN RAMOS SEVILLA
Fecha: 2021/06/18 13:52:39 -05:00

ANEXO B: REGISTRO FOTOGRÁFICO



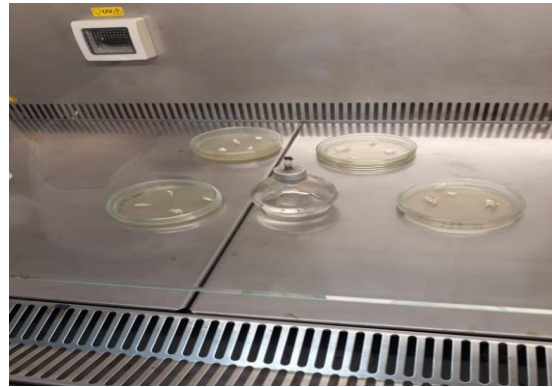
Recolección de los tallos de quinua



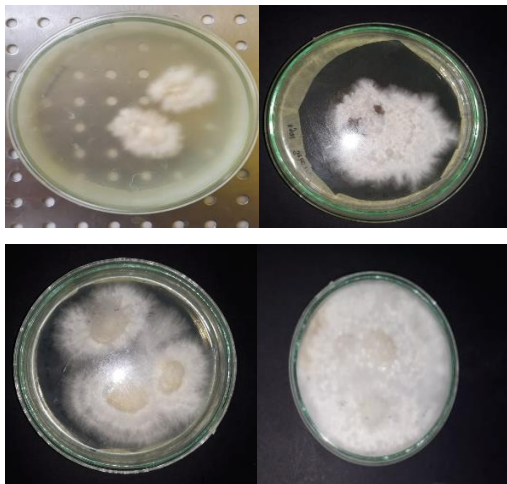
Recepción del subproducto del malteado de la quinua



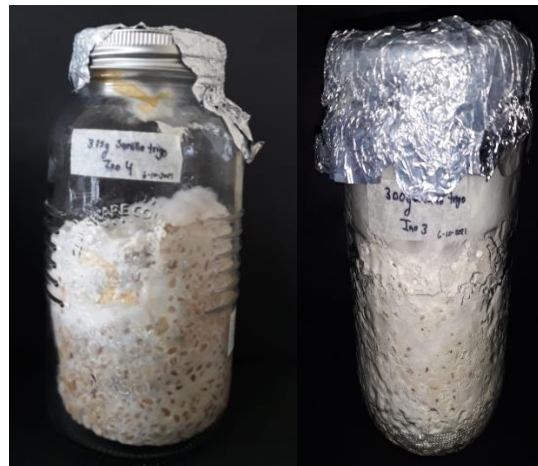
Preparación de las cajas petri con medio de cultivo



Inoculación in vitro de la cepa de *P.ostreatus*



Crecimiento del micelio in vitro



Masificación del micelio en grano



Bolsas para el cultivo con tallos de quinua



Bolsas para el cultivo con el subproducto del malteado de la quinua



Esterilización de las bolsas de cultivo



Siembra del inoculo en los sustratos



Unidades experimentales del T1 al inicio del proceso



Unidades experimentales del T2 al inicio del proceso



Unidades experimentales del T3 al inicio del proceso

Primordios en las unidades experimentales del T1



Primordios en las unidades experimentales del T2

Primordios de las unidades experimentales del T3



Fructificación de las unidades experimentales del T1

Fructificación de las unidades experimentales del T2



Biomasa fúngica cosechada del T1



Biomasa fúngica cosechada del T2



Biomasa fúngica cosechada del T3



Sustrato post-cultivo del T1



Sustrato post-cultivo del T2





Sustrato post-cultivo del T3

Realizado por: Pardo, Isabel, 2022

ANEXO C: ANÁLISIS PROXIMAL DE LOS SUSTRATOS

MC-LSAIA-2201-06

	<p>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua Tlfs. 2690691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340</p>	
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No: 22-010

**NOMBRE PETICIONARIO:	Srta. Isabel Pardo Sánchez	**INSTITUCIÓN:	Particular
**DIRECCIÓN:	Ambato Av. Antonio Clavijo	**ATENCIÓN:	Srta. Isabel Pardo Sánchez
FECHA DE EMISIÓN:	03/02/2021	FECHA DE RECEPCIÓN.:	19/01/2022
FECHA DE ANÁLISIS:	Del 19 de enero al 3 de febrero del 2022	HORA DE RECEPCIÓN:	13h00
		ANÁLISIS SOLICITADO	Proximal

ANÁLISIS	HUMEDAD	CENIZAS ¹²	E.E. ¹²	PROTEÍNA ¹²	FIBRA ¹²	E.L.N. ¹²	**IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-01.02	MO-LSAIA-01.03	MO-LSAIA-01.04	MO-LSAIA-01.05	MO-LSAIA-01.06	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	
UNIDAD	%	%	%	%	%	%	
22-0056	20,52	3,17	0,44	2,41	63,24	30,75	Tallos de quinua
22-0057	62,01	4,05	3,23	14,97	18,07	59,68	Subproducto del malteado de la quinua
22-0058	45,53	4,19	1,16	6,49	49,34	38,83	Mezcla compuesta de los tallos de quinua y el subproducto del malteado de la quinua en una porción de 50/50

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLES DEL INFORME



Firma electrónicamente por:
IVAN RODRIGO SAMANIEGO MAIGUA

Dr. Iván Samaniego, MSc.
RESPONSABLE TÉCNICO



Firma electrónicamente por:
BLADIMIR EFRAIN ORTIZ RAMOS

Ing. Bladimir Ortiz
RESPONSABLE CALIDAD

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. La información entregada por el cliente y generada durante las actividades de laboratorio es de carácter confidencial, esta dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo puede ser usada por este. Los datos marcados con ** son suministrados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza por esta información.

ANEXO D: ANÁLISIS PROXIMAL Y NUTRITIVO DE LA BIOMASA FÚNGICA OBTENIDA DE LOS TALLOS DE QUINUA

MC-LSAIA-2201-06



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
 ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
 DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD
 LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS
 Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua Tlfs. 2690691-3007134. Fax 3007134
 Casilla postal 17-01-340



INFORME DE ENSAYO No: 21-210

****NOMBRE PETICIONARIO:** Isabel Alejandra Pardo Sánchez
****DIRECCIÓN:** Ambato
FECHA DE EMISIÓN: 21/12/2021
FECHA DE ANÁLISIS: Del 01 al 21 de diciembre del 2021

****INSTITUCIÓN:** Particular
****ATENCIÓN:** Isabel Alejandra Pardo Sánchez
FECHA DE RECEPCIÓN: 01/12/2021
HORA DE RECEPCIÓN: 10h00
ANÁLISIS SOLICITADO: Proximal, Zinc y Calcio

ANÁLISIS	HUMEDAD	CENIZAS ^Ω	E.E. ^Ω	PROTEÍNA ^Ω	FIBRA ^Ω	E.L.N. ^Ω	**IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-01.02	MO-LSAIA-01.03	MO-LSAIA-01.04	MO-LSAIA-01.05	MO-LSAIA-01.06	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	
UNIDAD	%	%	%	%	%	%	
21-1258	80,61	6,80	1,73	25,13	21,89	44,45	Hongo Pleurotus Ostreatus
ANÁLISIS	HUMEDAD	Ca ^Ω	Zn ^Ω				**IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-03.01.02	MO-LSAIA-03.02				
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980				
UNIDAD	%	%	ppm				
21-1258	80,61	0,16	203				Hongo Pleurotus Ostreatus

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.
 OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLES DEL INFORME



Firma de autorización para:
 IVAN RODRIGO
 SAMANIEGO
 MAIGUA

Dr. Iván Samaniego, MSc.
RESPONSABLE TÉCNICO



Firma de autorización para:
 BLADIMIR
 EFRAIN ORTIZ
 RAMOS

Ing. Bladimir Ortiz
RESPONSABLE CALIDAD

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. La información entregada por el cliente y generada durante las actividades de laboratorio es de carácter confidencial, esta dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo puede ser usada por este. Los datos marcados con ** son suministrados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza por esta información.

ANEXO E: ANÁLISIS PROXIMAL Y NUTRITIVO DE LA BIOMASA FÚNGICA OBTENIDA DEL SUPRODUTO DEL MALTEADO DE LA QUINUA

MC-LSAIA-2201-06



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD
LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS
Panamericana Sur Km. 1. CutuglaguaTifs. 2690691-3007134. Fax 3007134
Casilla postal 17-01-340



INFORME DE ENSAYO No: 22-025

****NOMBRE PETICIONARIO:** Srta Isabel Pardo Sánchez
****DIRECCIÓN:** Ambato
FECHA DE EMISIÓN: 17/03/2022
FECHA DE ANÁLISIS: Del 8 al 17 de Marzo del 2022

****INSTITUCIÓN:** Particular
****ATENCIÓN:** Srta Isabel Pardo Sánchez
FECHA DE RECEPCIÓN: 08/03/2022
HORA DE RECEPCIÓN: 15h00
ANÁLISIS SOLICITADO: Proximal, calcio y zinc

ANÁLISIS	HUMEDAD	CENIZAS ^Ω	E.E. ^Ω	PROTEÍNA ^Ω	FIBRA ^Ω	E.L.N. ^Ω	**IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-01.02	MO-LSAIA-01.03	MO-LSAIA-01.04	MO-LSAIA-01.05	MO-LSAIA-01.06	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	
UNIDAD	%	%	%	%	%	%	
22-0160	70,91	7,43	0,94	40,14	9,84	41,64	Hongo comestible (pleurotus ostreatus)
ANÁLISIS	HUMEDAD	Ca ^Ω	Zn ^Ω				**IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-03.01.02	MO-LSAIA-03.02				
METODO REF.	0,00	U.FLORIDA 1980	U.FLORIDA 1980				
UNIDAD	%	ppm	ppm				
22-0160	70,91	203,44	62,40				Hongo comestible (pleurotus ostreatus)

Los ensayos marcados con ^Ω se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLES DEL INFORME



Firmado electrónicamente por:
IVÁN RODRIGO
SAMANIEGO
MÁLAGA

Dr. Iván Samaniego, MSc.
RESPONSABLE TÉCNICO



Firmado electrónicamente por:
BLADIMIR
EFFRAIN ORTIZ
RAMOS

Ing. Bladimir Ortiz
RESPONSABLE DE CALIDAD

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que

cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. La información entregada por el cliente y generada durante las

actividades de laboratorio es de carácter confidencial, esta dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo puede ser usada por este. Los datos marcados con ** son suministrados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza por esta información.