



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

PRODUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE HONGOS COMESTIBLES
Pleurotus ostreatus **UTILIZANDO COMO SUSTRATO LOS**
RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DEL CULTIVO DE QUINUA,
CACAO Y EL BAGAZO DE MALTA

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES: JOSÉ DANIEL ESPÍN SILVA

LESLY MICAELA PILATAXI CHEVEZ

DIRECTOR: Dr. EDGAR IVÁN RAMOS SEVILLA PhD.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, José Daniel Espín Silva & Lesly Micaela Pilataxi Chevez

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.

Nosotros, JOSÉ DANIEL ESPÍN SILVA y LESLY MICAELA PILATAXI CHEVEZ, declaramos que el presente trabajo de integración curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba, 21 de abril del 2022



José Daniel Espín Silva
180462523-2



Lesly Micaela Pilataxi Chevez
235056527-7

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **PRODUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE HONGOS COMESTIBLES *Pleurotus ostreatus* UTILIZANDO COMO SUSTRATO LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DEL CULTIVO DE QUINUA, CACAO Y EL BAGAZO DE MALTA**, realizado por los señores: **JOSÉ DANIEL ESPÍN SILVA** y **LESLY MICAELA PILATAXI CHEVEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación

	FIRMA	FECHA
Dr. Fausto Manolo Yaulema Garcés PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-04-21
Dr. Edgar Iván Ramos Sevilla PhD. DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-04-21
Ing. Juan Carlos González García PhD. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-04-21

DEDICATORIA

A lo largo de todos mis años he pasado por muchos momentos felices y difíciles que han requerido de mucho esfuerzo, dedicación, perseverancia, constancia, sinceridad, optimismo, positivismo y humildad, para siempre salir adelante y dar lo mejor de mí, enfocándome siempre en mis objetivos y metas, por lo que este logro le dedico a mi madre, quien fue y seguirá siendo un pilar fundamental en mi vida, apoyándome con los mejores consejos para seguir adelante, inculcándome su fortaleza, virtudes y valores; de igual forma le dedico a mi hermano quien me vio crecer desde el vientre de mi madre, apoyándome en toda mi vida estudiantil, ayudándome a levantarme cada vez que tropezaba y caía, este y todos los triunfos que seguiré teniendo se los dedico a los dos; también dedicándole a mi padre por ser un espejo para mí y contar con su apoyo cuando lo necesitaba; a mis primos Verónica, Paulina, Rafael y Eduardo, gracias por la confianza y el apoyo; como no a todos mis amigas, amigos y mi mejor amiga que han formado parte de mi vida desde que tengo uso de razón y los que se han ido incorporando en todas estas etapas de aprendizaje, gracias por el apoyo y creer en mí.

Daniel

Hace algunos años salí de casa con un par de maletas llenas de sueños y el presente trabajo es el resultado de alcanzar uno de tantos, terminar esta etapa no hubiera sido posible sin la bendición de Dios, por tal razón le dedico todo mi esfuerzo principalmente a él, de igual manera a mis padres Enrique Pilataxi y María Chevez por confiar y creer en mí motivándome siempre a alcanzar mis sueños, por infundir valores haciendo de mí una mejor persona y por tenerme siempre en sus oraciones, a María Saltos quien ha sido una persona incondicional conmigo, dispuesta a escucharme y ayudarme en todo momento demostrándome todo su amor e impulsándome a salir adelante. Este trabajo también está dedicado con mucho cariño a mis hermanos, tíos y el resto de mi familia, por estar siempre presentes con sus palabras de aliento, apoyo moral e infinito cariño; a Pedro, por su amor y paciencia ayudándome a crecer, convirtiéndose en mi cómplice, confidente y una persona importante en mi vida, dándome palabras de aliento y su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos. Por último, pero no menos importante, a todos mis amigos, compañeros y seres de luz quienes se han cruzado en mi camino y me han extendido su mano en los momentos difíciles. Sin todos ustedes nada de esto sería posible, este nuevo logro en gran parte es gracias a cada uno de ustedes.

Lesly

AGRADECIMIENTOS

Queremos empezar agradeciéndole a Dios por guiar nuestros pasos permitiéndonos culminar una nueva etapa con éxito y a la Escuela Superior Politécnica por abrirnos las puertas y llenarnos de experiencias maravillosas junto a personas increíbles. También agradecemos infinitamente al Doctor Iván Ramos, nuestro tutor de tesis, por la comprensión, paciencia, dedicación, apoyo incondicional, amistad, y la confianza depositada en nosotros, por impartirnos sus conocimientos y experiencia en cada fase de la investigación, de igual manera agradecemos al Ing. Juan Carlos González, miembro del tribunal, por toda la ayuda brindada, al igual que el Ing. Andrés Beltrán; además, agradecemos a los técnicos docentes y de investigación, Cristian, Carlita, Benjamín, Mauricio, Hugo y Maritza, por la paciencia, orientación y guía en el desarrollo del presente proyecto de investigación. Finalmente agradecemos a todos nuestros compañeros y futuros colegas que estuvieron presentes desde el inicio y culminación de la carrera, dándonos siempre una mano o una palabra de aliento cuando la necesitábamos; estamos inmensamente agradecidos con cada uno de ustedes.

Daniel & Lesly

TABLA DE CONTENIDO

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

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1. Antecedentes de la investigación.....	4
1.2. Sector agroindustrial.....	5
1.3. Subproductos agroindustriales.....	6
1.3.1. <i>Aprovechamiento de los subproductos agroindustriales</i>.....	6
1.3.2. <i>Caracterización química de los subproductos agroindustriales</i>.....	7
1.3.2.1. <i>Celulosa</i>.....	8
1.3.2.2. <i>Hemicelulosa</i>.....	8
1.3.2.3. <i>Lignina</i>.....	9
1.3.3. <i>Biodegradación de compuestos lignocelulósicos</i>.....	10
1.3.3.1. <i>Fermentación en estado sólido de los subproductos agroindustriales</i>.....	11
1.3.4. <i>Quinoa</i>.....	11
1.3.4.1. <i>Utilidades del rastrojo de la quinoa</i>.....	13
1.3.5. <i>Cacao</i>.....	13
1.3.5.1. <i>Utilidades de la mazorca de cacao</i>.....	15
1.3.6. <i>Malta de cebada</i>.....	15
1.3.6.1. <i>Usos del bagazo de malta de cebada</i>.....	17
1.4. Los hongos.....	18
1.4.1. <i>Hongos degradadores de subproductos lignocelulósicos</i>.....	18
1.5. <i>Pleurotus ostreatus</i>.....	19
1.5.1. <i>Clasificación taxonómica</i>.....	20
1.5.2. <i>Composición nutricional del hongo Pleurotus ostreatus</i>.....	20

1.5.3.	<i>Usos o aplicaciones del hongo Pleurotus ostreatus</i>	22
1.5.4.	<i>Etapas de cultivo del hongo Pleurotus ostreatus</i>	23
1.5.4.1.	<i>Etapa de latencia</i>	23
1.5.4.2.	<i>Etapa exponencial</i>	23
1.5.4.3.	<i>Etapa de declinación</i>	23
1.5.4.4.	<i>Etapa estacionaria</i>	23
1.5.5.	<i>Condiciones ambientales para el desarrollo del hongo Pleurotus ostreatus</i>	23
1.5.5.1.	<i>Temperatura</i>	23
1.5.5.2.	<i>Humedad</i>	24
1.5.5.3.	<i>Luz y aireación</i>	24
1.5.5.4.	<i>pH</i>	24
1.6.	Indicadores de productividad del hongo	25
1.6.1.	<i>Producción</i>	25
1.6.2.	<i>Rendimiento</i>	25
1.6.3.	<i>Eficiencia biológica</i>	25
1.7.	Conservación de hongos comestibles	25
1.7.1.	<i>Deshidratación por flujo de aire caliente</i>	26

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	27
2.1.	Tipo y diseño de la investigación	27
2.1.1.	<i>Diseño experimental</i>	27
2.1.1.1.	<i>Nomenclatura del diseño experimental</i>	27
2.1.2.	<i>Ubicación de la investigación</i>	28
2.2.	Hipótesis e identificación de variables	29
2.2.1.	<i>Planteamiento de hipótesis</i>	29
2.2.1.1.	<i>Hipótesis nula</i>	29
2.2.1.2.	<i>Hipótesis alternativa</i>	29
2.2.2.	<i>Identificación de variables</i>	29
2.2.2.1.	<i>Variable independiente</i>	29
2.2.2.2.	<i>Variable dependiente</i>	29
2.3.	Población de estudio	29
2.3.1.	<i>Tamaño de la muestra</i>	30
2.3.2.	<i>Selección de la muestra</i>	30
2.4.	Esquema metodológico	31

2.4.1.	<i>Preparación y adecuación de los subproductos agroindustriales</i>	31
2.4.1.1.	<i>Análisis fisicoquímico de los sustratos iniciales y finales</i>	31
2.4.2.	<i>Cultivo del hongo Pleurotus ostreatus</i>	34
2.4.2.1.	<i>Preparación del medio de cultivo</i>	34
2.4.2.2.	<i>Multiplicación del micelio del hongo Pleurotus ostreatus</i>	35
2.4.2.3.	<i>Masificación del hongo Pleurotus ostreatus</i>	36
2.4.2.4.	<i>Preparación de los sustratos</i>	37
2.4.2.5.	<i>Siembra en los sustratos</i>	38
2.4.2.6.	<i>Incubación de los sustratos</i>	39
2.4.2.7.	<i>Fructificación y cosecha del hongo Pleurotus ostreatus</i>	40
2.4.2.8.	<i>Parámetros de evaluación de la productividad del hongo</i>	41
2.4.3.	<i>Conservación del hongo Pleurotus ostreatus</i>	42
2.4.3.1.	<i>Deshidratado del hongo por flujo de aire caliente</i>	42
2.4.3.2.	<i>Deshidratación del hongo al ambiente en el mismo sustrato</i>	43
2.4.4.	<i>Caracterización del hongo Pleurotus ostreatus</i>	43

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	45
3.1.	Análisis, interpretación y discusión de resultados	45
3.1.1.	<i>Caracterización fisicoquímica de los sustratos iniciales y finales</i>	45
3.1.2.	<i>Desarrollo micelial del hongo Pleurotus ostreatus en los granos de trigo</i>	47
3.1.3.	<i>Producción del hongo Pleurotus ostreatus</i>	47
3.1.4.	<i>Rendimiento del hongo Pleurotus ostreatus</i>	49
3.1.5.	<i>Eficiencia biológica del hongo Pleurotus ostreatus</i>	50
3.1.6.	<i>Etapas de la producción del hongo P. ostreatus</i>	52
3.1.7.	<i>Análisis estadístico de los parámetros de evaluación de la productividad del hongo Pleurotus ostreatus</i>	53
3.1.7.1.	<i>Análisis estadístico de la producción del hongo P. ostreatus en los distintos tratamientos</i>	53
3.1.7.2.	<i>Análisis estadístico del rendimiento del hongo P. ostreatus en los distintos tratamientos</i>	54
3.1.7.3.	<i>Análisis estadístico de la eficiencia biológica del hongo P. ostreatus en los distintos tratamientos</i>	54
3.1.8.	<i>Análisis fisicoquímico de la biomasa fúngica</i>	56
3.1.9.	<i>Análisis de los métodos de conservación</i>	57

CONCLUSIONES	58
RECOMENDACIONES	59
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Composición fisicoquímica del rastrojo de quinua	12
Tabla 2-1:	Composición fisicoquímica de la mazorca de cacao	14
Tabla 3-1:	Composición fisicoquímica del bagazo de malta	17
Tabla 4-1:	Taxonomía del <i>P. ostreatus</i>	20
Tabla 5-1:	Composición bromatológica del hongo <i>P. ostreatus</i>	21
Tabla 1-2:	Diseño experimental de los tratamientos	28
Tabla 2-2:	Unidades experimentales de la producción del hongo <i>P. ostreatus</i>	30
Tabla 3-2:	Unidades experimentales para la conservación del hongo <i>P. ostreatus</i>	30
Tabla 4-2:	Parámetros analizados en los sustratos	32
Tabla 5-2:	Parámetros analizados en el hongo fresco, deshidratado y seco en el sustrato	44
Tabla 1-3:	Análisis fisicoquímico de los subproductos agroindustriales: mazorca de cacao, rastrojo de quinua y bagazo de malta.....	45
Tabla 2-3:	Análisis fisicoquímico de los sustratos iniciales (tratamientos) y del sustrato remanente (SR)	45
Tabla 3-3:	Producción del hongo <i>P. ostreatus</i> en los distintos tratamientos	48
Tabla 4-3:	Rendimiento del hongo <i>P. ostreatus</i> en los distintos tratamientos	49
Tabla 5-3:	Eficiencia biológica del hongo <i>P. ostreatus</i> en los distintos tratamientos.....	50
Tabla 6-3:	Duración de las etapas para la producción del hongo <i>P. ostreatus</i> en los distintos tratamientos (sustratos)	52
Tabla 7-3:	Análisis estadístico de la producción del hongo <i>P. ostreatus</i> en los distintos tratamientos.....	53
Tabla 8-3:	Análisis estadístico del rendimiento del hongo <i>P. ostreatus</i> en los distintos tratamientos.....	54
Tabla 9-3:	Análisis estadístico de la eficiencia biológica del hongo <i>P. ostreatus</i> en los distintos tratamientos	54
Tabla 10-3:	ANOVA de la eficiencia biológica del hongo <i>P. ostreatus</i> en los distintos tratamientos.....	55
Tabla 11-3:	Prueba de Tukey para la comparación de medias de las eficiencias biológicas del hongo <i>P. ostreatus</i> en distintos tratamientos	56
Tabla 12-3:	Análisis fisicoquímico del hongo <i>P. ostreatus</i> fresco (HF), deshidratado por flujo de aire caliente (HD) y deshidratado en el mismo sustrato (HDS)	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Economía Circular	7
Figura 2-1:	Estructura de la celulosa	8
Figura 3-1:	Estructura de la hemicelulosa	9
Figura 4-1:	Estructura de la lignina	9
Figura 5-1:	Estructura de la biomasa lignocelulósica	10
Figura 6-1:	Planta de quinua y rastrojo de quinua	12
Figura 7-1:	Partes de la mazorca del cacao.....	14
Figura 8-1:	A) <i>H. vulgare</i> L. B) <i>H. distichum</i> L. C) <i>H. hexastichon</i> L.	16
Figura 9-1:	Bagazo de malta de cebada.....	17
Figura 1-2:	Rastrojo de quinua y mazorca de cacao triturados.....	31
Figura 2-2:	Preparación del medio de cultivo.....	34
Figura 3-2:	Vertido del medio de cultivo en cajas Petri	34
Figura 4-2:	Multiplicación del micelio	35
Figura 5-2:	Colonización total del hongo <i>P. ostreatus</i>	35
Figura 6-2:	Corte del medio de cultivo.....	36
Figura 7-2:	Masificación del hongo en granos de trigo	36
Figura 8-2:	Obtención de la semilla del hongo <i>P. ostreatus</i>	37
Figura 9-2:	Mazorca de cacao en remojo.....	37
Figura 10-2:	Subproductos agroindustriales pasteurizados y secados a temperatura ambiente	38
Figura 11-2:	Mezcla de los sustratos con el inóculo del hongo <i>P. ostreatus</i>	38
Figura 12-2:	Tratamientos ubicados en las fundas plásticas.....	39
Figura 13-2:	Incubación del hongo.....	39
Figura 14-2:	Desarrollo de los primordios.....	40
Figura 15-2:	Cuerpos fructíferos del hongo <i>P. ostreatus</i>	40
Figura 16-2:	Obtención de la segunda cosecha.....	41
Figura 17-2:	Hongo <i>P. ostreatus</i> cortado.....	42
Figura 18-2:	Deshidratación del hongo <i>P.ostreatus</i>	43
Figura 19-2:	Hongo <i>P. ostreatus</i> deshidratado en el mismo sustrato	43
Figura 1-3:	Colonización de la cepa del hongo <i>P. ostreatus</i> en el Agar Sabouraud Dextrosa	47

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Comparación de los pesos promedios obtenidos en la producción del hongo <i>P. ostreatus</i>	48
Gráfico 2-3:	Comparación del rendimiento del hongo <i>P. ostreatus</i> en los distintos tratamientos	49
Gráfico 3-3:	Comparación de la eficiencia biológica del hongo <i>P. ostreatus</i> en los distintos tratamientos	51
Gráfico 4-3:	Comparación de los promedios del tiempo empleado en los distintos tratamientos para la producción del hongo <i>P. ostreatus</i>	52

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** RECEPCIÓN, SECADO Y TRITURACIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS LIGNOCELULÓSICOS.
- ANEXO B:** AISLAMIENTO Y REPLICACIÓN DEL HONGO *Pleurotus ostreatus*.
- ANEXO C:** PREPARACIÓN DE LOS SUSTRATOS Y SIEMBRA EN LOS MEDIOS CON EL INOCULO DEL HONGO *Pleurotus ostreatus*.
- ANEXO D:** ETAPAS DE CRECIMIENTO DEL HONGO *Pleurotus ostreatus*.
- ANEXO E:** PRIMERA Y SEGUNDA COSECHA DEL HONGO *Pleurotus ostreatus*.
- ANEXO F:** SECADO DEL HONGO *Pleurotus ostreatus*.
- ANEXO G:** ANÁLISIS DE CELULOSA, HEMICELULOSA, LIGNINA, EXTRACCIÓN DE GRASA DE LOS MEDIOS DE SIEMBRA, REMANENTE DEGRADADO Y HONGOS *Pleurotus ostreatus*.
- ANEXO H:** ANÁLISIS DE FIBRA Y PROTEÍNA DE LOS MEDIOS DE SIEMBRA, REMANENTE DEGRADADO Y HONGOS *Pleurotus ostreatus*.
- ANEXO I:** EXTRACCIONES Y DIGESTIONES DE MINERALES DE LOS MEDIOS DE SIEMBRA, REMANENTE DEGRADADO Y HONGOS *Pleurotus ostreatus*.
- ANEXO J:** ANÁLISIS QUÍMICOS DE LOS MEDIOS DE SIEMBRA, REMANENTE DEGRADADO Y HONGOS *Pleurotus ostreatus*.
- ANEXO K:** ANÁLISIS DE VITAMINA C DE LOS HONGOS *Pleurotus ostreatus*.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

%	Porcentaje
°C	Grados Celsius
ANOVA	Análisis de varianza
Ca	Calcio
Cd	Cadmio
DCA	Diseño completamente aleatorio
EB	Eficiencia biológica
Fe	Hierro
FES	Fermentación en estado sólido
g	Gramos
HF	Hongo fresco
HD	Hongo deshidratado por flujo de aire caliente
HSS	Hongo seco al ambiente en el mismo sustrato
k	Potasio
kg	Kilogramos
mg	Miligramos
Mg	Magnesio
min	Minutos
Mn	Manganeso
ml	Mililitros
Na	Sodio
nm	Nanómetro
P	Fósforo
Pb	Plomo
pH	Potencial de hidrógeno
<i>P. ostreatus</i>	<i>Pleurotus ostreatus</i>
R	Rendimiento
R 1,2,3	Siembra 1,2,3
SR	Sustrato remanente
T	Tratamiento
THC	Hidrocarburos totales de petróleo
Zn	Zinc

RESUMEN

La presente investigación determinó la producción y conservación de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* utilizando como sustrato los residuos agroindustriales del cultivo de quinua, cacao y el bagazo de malta. Los residuos fueron recolectados de COPROBICH, UNOCACE, y del Laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias. El hongo se aisló en cajas petri y posteriormente se sembró en trigo para masificar el micelio. Se formaron cuatro medios de cultivo con tres repeticiones cada uno, compuestos por: T1, 100% mazorca de cacao; T2, 33% mazorca de cacao, 33% rastrojo de quinua y 33% bagazo de malta; T3, 50% mazorca de cacao, 25% rastrojo de quinua y 25% bagazo de malta; y T4, 25% mazorca de cacao, 50% rastrojo de quinua y 25% bagazo de malta. El desarrollo del hongo tuvo dos fases, la de oscuridad en la que se mantuvo una temperatura de 23°C apareciendo los primeros primordios en 15 a 22 días y la de claridad manteniéndose en una humedad del 70% al 80%, aireación discontinua y luminosidad 12h/día, obteniendo la fructificación del hongo en 8 a 15 días. Del tratamiento con mayor producción se aplicaron dos métodos de conservación, hongo deshidratado por flujo de aire caliente (HD) y deshidratado en el mismo sustrato (HDS), comparándose sus valores nutricionales. El mejor tratamiento fue T3 con una producción de 376 g/kg, rendimiento de 37,6% y eficiencia biológica de 163%. El HDS y el HD tuvieron 22,75% y 16,30% de proteína respectivamente, en valores de nutrientes el HDS es ligeramente mayor. Se concluyó que las mezclas de los sustratos en diferentes concentraciones contienen las biomoléculas adecuadas para obtener resultados satisfactorios en este proyecto y que el HD es el método más adecuado de conservación porque requiere menor tiempo y espacio. Se recomienda fomentar el consumo alimenticio del *Pleurotus ostreatus*.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <BIOTECNOLOGÍA>, <INGENIERÍA AMBIENTAL>, <DESHIDRATACIÓN DE HONGOS>, <MAZORCA DE CACAO (*Theobroma cacao*)>, <RASTROJO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*)>, <BAGAZO DE MALTA>, <SUSTRATO REMANENTE>.

LEONARDO
FABIO
MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por
LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN):
c=EC, o=BANCO CENTRAL DEL
ECUADOR, ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE INFORMACION
ECIBICE, l=QUITO,
serialNumber=0000621485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA
NUSTE
Fecha: 2022.04.25 09:22:19 -05'00'



0772-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The current research determined the production and preservation of *Pleurotus ostreatus* edible fungi using the agroindustrial residue of quinoa, cacao and malt bagasse cultivation as substrate. The residues were collected from COPROBICH, UNOCACE, and the Industrial Processes Laboratory of the Faculty of Sciences. The fungus was isolated in petri boxes and seeded on wheat in order to expand the mycelium. Four culture media were formed with three replicates each, composed of: T1, 100% cocoa cob; T2, 33% cocoa cob, 33% quinoa stubble and 33% malt bagasse; T3, 50% cocoa cob, 25% quinoa stubble and 25% malt bagasse; and T4, 25% cocoa cob, 50% quinoa stubble and 25% malt bagasse. The fungus growth consisted on two stages: the dark phase, in which a temperature of 23°C was maintained, so the first primordia appeared from 15 to 22 days, and the light phase in which humidity was maintained from 70% to 80%, discontinuous aeration and luminosity 12h a day, obtaining the fructification of the fungus from 8 to 15 days. From the treatment with the highest production, two preservation methods were applied, hot air flow (HD) dehydrated mushroom which was dehydrated in the same substrate (HDS), comparing their nutritional values. The best treatment was T3 with a production of 376 g/kg, a yield of 37.6% and a biological efficiency of 163%. HDS and HD presented a 22.75% and a 16.30% of protein respectively; in nutrient values, HDS was slightly higher. It was concluded that the substrate mixtures at different concentrations contained the adequate biomolecules to obtain satisfactory results in this project. Therefore, HD is the most adequate conservation method because it requires less time and space. It is recommended to promote the alimentary consumption of *Pleurotus ostreatus*.

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <BIOTECHNOLOGY>, <ENVIRONMENTAL ENGINEERING>, <FUNGUS DEHYDRATION>, <CACAO POD (*Theobroma cacao*)>, <QUINOA STRAW (*Chenopodium quinoa*)>, <MALT BAGASSE >, <REMNANT SUBSTRATE>.



Firmado electrónicamente por:
**PAUL ROLANDO
ARMAS PESANTEZ**

INTRODUCCIÓN

Identificación del problema

El sector agroindustrial desde tiempos remotos ha sido uno de los pilares fundamentales de la economía del Ecuador, el crecimiento de este sector se debe al aumento exponencial de la población lo cual ha incrementado la demanda de productos alimenticios (Baquero y Lucio, 2010, p.45). Las actividades agroindustriales realizadas son fuentes de contaminación ambiental, debido a que generan cantidades importantes de subproductos los cuales al no tener un adecuado manejo se constituye en materiales que causan contaminación ambiental, lo que ocasiona un serio problema sobre todo en los países en vías de desarrollo, aproximadamente el 80% de estos subproductos son quemados generando emisiones de gases tóxicos para la atmósfera, arrojados en basureros a cielo abierto o dispuestos en superficies de lotes baldíos, el porcentaje restante se utiliza como alimento para animales, fertilizantes orgánicos y/o materia prima para otras actividades industriales (Ruilova y Hernández, 2014, p.55).

Los subproductos agroindustriales poseen en su constitución biomoléculas que son difíciles de biodegradarse por lo que forman subproductos que permanecen en un largo periodo de tiempo a la intemperie, constituyéndose en una fuente de contaminación (Vargas y Pérez, 2018, p.60). Entre los cultivos más representativos del Ecuador predomina el cacao que se utiliza como materia prima para la elaboración de chocolate y sus derivados, su producción anual en el 2020 fue de 385 209 toneladas (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020, p.5), de las cuales el 90% se conforma de subproductos como la cascarilla, mucílago y la mazorca, esta última es el mayor subproducto generado ya que representa el 70-75% del peso total de la fruta (Barazarte, et al., 2008, p.64), por lo cual en el 2020 se produjo un aproximado de 288 907 toneladas de mazorca de cacao.

Por su parte, en el Ecuador la quinua no ha sido un cereal de mucha relevancia, sin embargo, en los últimos años se han desarrollado planes y programas de consumo debido a su importancia nutricional, como consecuencia de esta actividad se generan gran cantidad de subproductos los mismos que no tiene una gestión adecuada y que se terminan convirtiendo en un foco de contaminación, ya que en la mayoría de los casos se queman o son depositados en basureros (Tuquina, 2011, pp.3-5). Anualmente en el país se obtiene una producción promedio de 4 504,83 toneladas de quinua (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2019, p.4) de las cuales el rastrojo constituye el 60-80% de la planta, dando como resultado un aproximado de 2700-3600 toneladas de este subproducto.

La elaboración de la cerveza, representa en la actualidad una de las principales actividades que generan beneficios económicos por cuanto constituye uno de los alimentos más consumidos en el país. Como resultante de estos emprendimientos se originan algunos subproductos, siendo el más

abundante el bagazo de malta, pues se genera de 16 a 22 kg de bagazo por cada 100 litros de cerveza producida (Pérez, 2020, pp.49-50) el cual por su constitución química representa una materia prima para otros procesos industriales (Duque, 2018, p.11).

Formulación del problema

¿Se pueden aprovechar los subproductos agroindustriales del cultivo de quinua, cacao y bagazo de malta para la producción de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* como una alternativa de minimización del impacto ambiental producido por su acumulación?

Justificación de la investigación

De acuerdo a investigaciones realizadas con respecto al uso de los subproductos generados en procesos agroindustriales, se evidencia que pueden ser utilizados como materia prima en una variedad de procesos, como por ejemplo, para generar biogás, bioetanol, biodiesel, energía, abono orgánico, bioadsorbentes, materiales de construcción, alimento para humanos y animales e inclusive fertilizantes para plantas (Riera, Maldonado et al., 2018, p.229).

Los subproductos como el rastrojo de quinua, mazorca de cacao y/o bagazo de malta de cebada, tienen características químicas similares en las que fundamentalmente están presentes la celulosa, hemicelulosa y lignina, que le conceden al subproducto una baja degradación, pero que pueden ser utilizados como materia prima para la producción de hongos del género *P. ostreatus*, los cuales son capaces de degradar dichos subproductos por medio de enzimas lignocelulósicas, además, aportan como fuente de proteína a la dieta ya que en su composición se encuentran aminoácidos como la lisina y la leucina (Ruilova y Hernández, 2014, p.55), Este hongo también puede ser empleado en la industria farmacéutica debido a que posee propiedades anticancerígenas (Garzón y Cuervo, 2008, p.128). Además, el sustrato residual del hongo ayuda a la degradación de pesticidas y TPH, también se puede emplear como abono orgánico o como alimentos para animales.

Este proyecto presenta la oportunidad de reinsertar al ciclo productivo los subproductos agroindustriales, disminuyendo la contaminación que causan los mismos al ser acumulados. El hongo *P. ostreatus* puede ser vulnerable a daños físicos y microbianos, acelerando su degradación lo que influye en su durabilidad durante el almacenamiento, esto debido a que se comporta como una hortaliza y no posee una película protectora a dichos daños (González et al., 2011, p.118). Por ello se opta por distintos métodos de conservación para que así perdure el olor, sabor, aroma y sobre todo los nutrientes del alimento sin que su estructura se vea alterada.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Aprovechar los subproductos agroindustriales del cultivo de quinua, cacao y el bagazo de malta para la producción y conservación de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* como una alternativa de minimización del impacto ambiental.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las características fisicoquímicas de los sustratos compuestos por subproductos lignocelulósicos agroindustriales como, rastrojo de quinua, mazorca de cacao y bagazo de malta de cebada.
- Determinar la producción, la eficiencia biológica y el rendimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en distintos sustratos de origen agroindustrial.
- Examinar la composición fisicoquímica de los hongos *Pleurotus ostreatus* cosechados.
- Establecer el método de conservación más eficiente para el hongo comestible *Pleurotus ostreatus*.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la investigación

El interés de estudiar el uso de los subproductos agroindustriales toma fuerza en la década de los 70 por parte de los biotecnólogos a nivel mundial, al inicio la prioridad era generar materia prima para diferentes procesos industriales, pero con el pasar del tiempo el interés se basó en el aprovechamiento de subproductos para minimizar el impacto ambiental producido por su acumulación (Saval, 2012, p.15). La materia orgánica producida en la tierra es de aproximadamente 155 billones de toneladas al año, de la cual una mínima cantidad es consumida por el hombre y animales, el restante se convierte en fuentes de contaminación, por tal razón hoy en día el sector agroindustrial ha mejorado su relación con el ambiente generando responsabilidad ambiental, esto ha impulsado a desarrollar diversas investigaciones y proyectos acerca de las alternativas de aprovechamiento para dar valor agregado a los subproductos agroindustriales (Cury et al., 2017, pp.123-124).

Dichos subproductos han sido valorizados, por tanto, se ha determinado que sirven como materia prima para procesos como: generación de bioenergéticos, pigmentos, antibióticos, enzimas, fibras y bioplásticos, obtención de resinas termoplásticas, fabricación de pastas, harinas, aditivos y biofertilizantes, producción de hongos comestibles, entre otros (Mejías-Brizuela, et al., 2016, pp.33-34). Los hongos se encuentran en la tierra desde hace cientos miles de años, sin embargo, el interés por estudiarlos inicia desde hace aproximadamente 250 años atrás, pues se ha reportado que existen alrededor de 1 500 000 a 2 500 000 tipos de especies (Cano y Romero, 2016, p.75). En varias culturas los hongos han sido un alimento fundamental en la dieta por las propiedades nutricionales y medicinales que posee. El primer registro de cultivo de hongos comestibles macroscópicos fue en China por el año 600 d.C., se trata del *Auricularia auricula-judae*, también conocido como oreja de Judas. Por otro lado, el *Agaricus campestris* conocido popularmente como Champiñón, aparece en el año 1650 en Francia (Sierra, 2009, p.1). Mientras que el *Pleurotus ostreatus* era consumido desde la antigüedad en escasas regiones de Europa, sin embargo, su comercialización empieza a finales de la Segunda Guerra Mundial, por el año de 1945 (Job, 2004, p.195).

Gracias al populismo mundial de la producción y consumo de setas, se estima que en distintos países alrededor de 10 millones de toneladas métricas se producen al año (Jeannette y Chegwin, 2010, p.170). De tal producción el hongo *P. ostreatus* ocupa el segundo lugar en el mundo de hongos comestibles con una producción de $6,46 \times 10^9$ kg aproximadamente, aunque el 99% de su producción se encuentra en Asia, por su parte, en Latinoamérica los países que sobresalen en la producción de dichos hongos son Brasil, México, Colombia, Argentina y Guatemala (Salmones,

2017, p.74), esto debido a su facilidad de producción, además se caracteriza porque es rico en proteínas y vitaminas. Este hongo se desarrolla favorablemente en subproductos lignocelulósicos, leñosos o ricos en fibra, los cuales se componen principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina, ya que sirven como fuentes de carbono para su desarrollo (Rodríguez et al., 2018, p.26), por tal razón se han desarrollado algunos trabajos de investigación a nivel del Ecuador y de otros países en las que se utilizan subproductos agroindustriales que poseen una composición bastante parecida a la que necesitan los hongos para crecer en su hábitat natural.

El *P. ostreatus* puede ser consumido de manera fresca, aunque existen métodos de conservación para prolongar su tiempo de vida, ya que pasado un tiempo son propensos a sufrir cambios físicos por la influencia de microbios que atacan a su estructura, pues no poseen una película protectora que los proteja de dichos daños, afectando así a su vida media (González et al., 2011, p.118). Sin embargo, la literatura acerca del secado del hongo es limitada (Oceguera et al., s.f., p.1).

1.2. Sector agroindustrial

El sector agroindustrial nace de la actividad industrial combinada con la actividad agrícola, pecuaria o forestal, integrando actividades productivas, de transformación y comerciales, para la industrialización de la materia prima, elaboración de alimentos u obtención de productos semielaborados, lo cual mejora la calidad de vida de las poblaciones e impulsa su economía, sin embargo, este sector es generador de gran cantidad de subproductos. (Cury et al., 2017, p.123).

La actividad agroindustrial constituye uno de los principales ingresos económicos no petroleros del Ecuador, equivalente al 8,6% de la economía del país, el crecimiento acelerado de este sector inicia en la década de los 70 debido al aumento exponencial de sus habitantes y su forma de consumo (Baquero y Lucio, 2010, p.45), permitiendo así el desarrollo económico del país, lo cual ha originado una mejor calidad de vida de la población aumentando la cantidad de empleos debido al incremento de las agroindustrias a nivel nacional y el fortalecimiento del sector primario, además han desarrollado una cadena rentable de producción, almacenamiento, distribución y comercialización (Quevedo, 2013, p.13), es decir que este sector se beneficia de la producción agropecuaria y la transforma en productos elaborados con mayor valor comercial; sin embargo, cada sector agroindustrial produce subproductos específicos de la actividad que realiza, pero en su mayoría presentan características idóneas para tratarlos o introducirlos en otra cadena productiva (Vargas y Pérez, 2018, p.60), la acumulación de estos subproductos puede alterar medios bióticos y abióticos generando pérdidas ambientales y económicas (Cury et al., 2017, p.123)

1.3. Subproductos agroindustriales

Los subproductos agroindustriales son aquellos materiales que se originan por la actividad agroindustrial que no tienen una utilidad posterior al proceso en el cual fueron generados, estos pueden estar en estado líquido, gaseoso o en su gran mayoría en estado sólido, estos últimos son compuestos lignocelulósicos que son de difícil degradación, aunque, debido a sus características fisicoquímicas, pueden ser incorporados como materia prima en una nueva cadena productiva para elaborar otros productos de valor económico (Saval, 2012, p.15).

Pero actualmente su gestión inadecuada constituye un problema ambiental, pues no permiten visualizarlos como recursos valiosos, su nulo aprovechamiento es atribuible a la falta de conocimiento, ya que estos pueden reinsertarse en otra cadena productiva (Cury et al., 2017, p.123), entre las alternativas actuales de la disposición adecuada de estos subproductos está su valorización, la cual permite un desarrollo de la agroindustria sostenible y eficiente (Vargas y Peréz, 2018, p.61).

1.3.1. Aprovechamiento de los subproductos agroindustriales

La reutilización de los subproductos generados en el sector agroindustrial minimiza la problemática ambiental, por otra parte, reduce el uso de recursos naturales que son la materia prima para la elaboración de algunos productos, generando fuentes de trabajo e impulsando un desarrollo económico sustentable; gracias a las diversas composiciones de estos subproductos existen varias alternativas para su aprovechamiento (Vargas y Peréz, 2018, p.62). Por ejemplo:

- Obtención de bioenergéticos (bioetanol, biodiesel, biogás, carbón vegetal, biohidrógeno, entre otros.
- Elaboración de abonos orgánicos
- Generación de alimento para animales
- Recuperación de energía
- Fabricación de ladrillos o bloques
- Empleo en la remoción de contaminantes
- Producción de hongos comestibles mediante la fermentación en estado sólido

La finalidad de aprovechar los subproductos agroindustriales en otros procesos es cambiar el modelo lineal antiguo de producción y consumo que se basa en “extraer, producir, consumir y desechar”, el cual no toma en cuenta el daño irreversible causado al ambiente debido al agotamiento de los recursos naturales (Peinado-Vara, 2017), por un modelo de economía circular que garantiza que los recursos, productos y subproductos no pierdan su valor en ningún momento, es decir que en este modelo los residuos son inexistentes (Arroyo, 2018, p.79), el objetivo principal de

este modelo es alargar los ciclos de vida de los productos y cuando estos lleguen a su fin, se los reutiliza para crear nuevos productos con valor económico, enfocándose en la “extracción, producción, consumo y reciclaje” (Figura 1-1), para así disminuir la generación de residuos lo cual trae consigo beneficios ambientales, económicos y sociales (Kowszyk y Maher, 2018, pp.8-9-27).



Figura 1-1. Economía Circular

Fuente: (Kowszyk y Maher, 2018, p.9).

La economía circular se fundamenta en tres principios: disminución de los residuos y de la contaminación, reutilización de materiales y regeneración de la madre tierra; es importante señalar que este nuevo modelo de economía cumple con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente con el ODS 12 el cual tiene como finalidad garantizar un consumo y producción sostenible con el uso eficiente de los recursos naturales, en otras palabras, lo que se busca es poder hacer más con menos recursos (Kowszyk y Maher, 2018, pp.27-28).

1.3.2. Caracterización química de los subproductos agroindustriales

Los subproductos agroindustriales poseen características que varían según el tipo de agroindustria y el proceso al que se sometan, sin embargo, en su composición principal se encuentra la materia orgánica que es de naturaleza lignocelulósica, es decir que poseen alta composición de celulosa, hemicelulosa y lignina, que por lo general son difíciles de degradar debido a la compleja estructura que poseen, aunque existen gran variedad de hongos y bacterias que son capaces de fragmentar estos compuestos (Saval, 2012, p.16).

Los principales componentes antes mencionados varían según el subproducto, es decir que la composición química es dependiente de factores como características propias del terreno como:

el lugar donde fue sembrado, sistema de cultivo y de cosecha, pero sobre todo el proceso industrial que se le aplica para su transformación (Cabrera et al., 2016, p.28).

1.3.2.1. Celulosa

La celulosa es un polisacárido bastante rígido y complicado de romper, constituye entre el 40 y 60% de contenido de la materia seca de los subproductos lignocelulósicos, se conforma del dímero glucosa-glucosa unidos por el enlace β -1,4, siendo su unidad básica de repetición la celobiosa, es de estructura lineal y se encuentra bastante ordenado (Figura 2-1) (BNDES, 2008, p.126). Este polisacárido es el principal carbohidrato sintetizado por estructuras vegetales y su rol se basa en dar estructura a la planta, ya que es el principal compuesto de la pared celular, permitiendo que las células vegetales soporten la presión osmótica y el estrés mecánico que puede producirse por el aire o las lluvias (Béguin y Aubert, 1994, p.27).

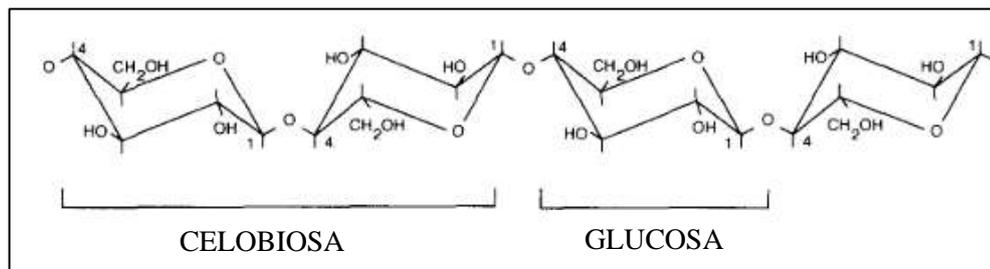


Figura 2-1. Estructura de la celulosa

Fuente: (Béguin y Aubert, 1994, p.27).

1.3.2.2. Hemicelulosa

La hemicelulosa es considerada un heteropolisacárido, ya que se encuentra constituido por varios tipos de monosacáridos, pentosas y hexosas, su principal cadena se forma de xilosa con enlaces β -1,4, la cual cuenta con algunas ramificaciones cortas como manosa, galactosa, arabinosa, ácido glucurónico, entre otras (Figura 3-1); su fracción constituye el 20-40% de la materia seca de la pared celular, su descomposición es más fácil que la celulosa puesto que no forman agregados, su función es unir la lignina y las fibras de la celulosa para así brindarle rigidez a la planta (BNDES, 2008, p.126).

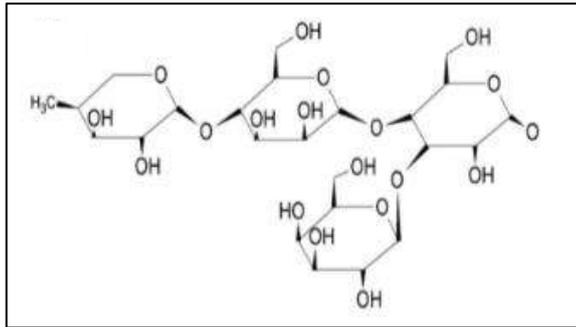


Figura 3-1. Estructura de la hemicelulosa

Fuente: (Huang y Almeida, 2015, p.13).

1.3.2.3. Lignina

La lignina es un heteropolímero bastante complejo y amorfo, insoluble en agua, constituido por grupos metoxi y fenilpropánicos unidos por distintos enlaces éter C-C (Figura 4-1); se localiza en la pared celular y su papel se basa en dar rigidez a la planta y conferirle fuerza e impermeabilidad, además, ayuda a la resistencia de ataques microbianos y estrés oxidativo que puedan producirse (Pérez et al., 2002, p.53), su fracción va de 10-25% de materia seca de los subproductos lignocelulósicos (BNDES, 2008, p.126).

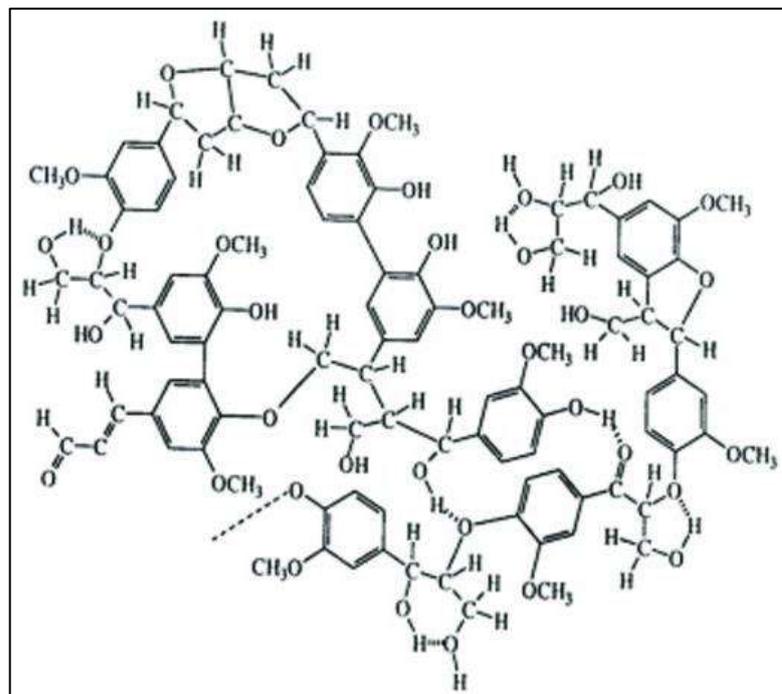


Figura 4-1. Estructura de la lignina

Fuente: (García et al., 2016, p.218).

1.3.3. Biodegradación de compuestos lignocelulósicos

Los compuestos lignocelulósicos conformados por las biomoléculas antes mencionadas son de difícil degradación, esto debido a que la lignina quien es la encargada de dar protección a la celulosa y a la hemicelulosa (Figura 5-1), tiene varios enlaces que no pueden ser hidrolizados fácilmente, por tanto, presenta resistencia al ataque microbiano (Higuchi, 1990, p.41). Esta macromolécula se encuentra enlazada a los carbohidratos formando una barrera metabólica que impide la acción de los microorganismos patógenos (Saiz-Jimenez, 1984, p.140).

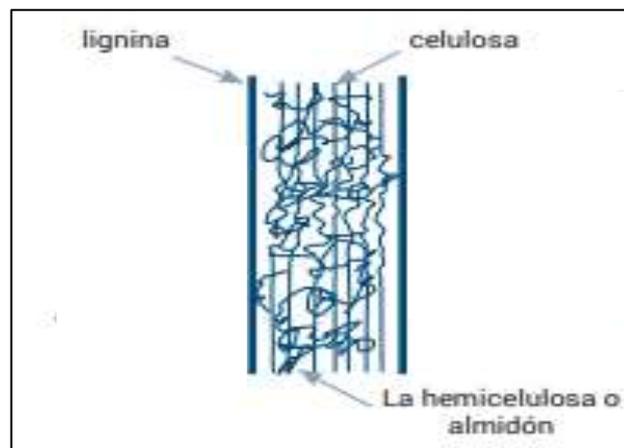


Figura 5-1. Estructura de la biomasa lignocelulósica

Fuente: (Cortes, 2015, p.41).

Sin embargo, estos compuestos pueden ser metabolizados por hongos con propiedades para degradar los compuestos lignocelulósicos que están representados por los basidiomicetos de pudrición blanca, los cuales son los únicos capaces de degradar todos los componentes presentes en la pared celular, por la producción de enzimas oxidoreductasas extracelulares (Saiz-Jimenez, 1984, p.143). Los hongos de pudrición blanca sobreviven digiriendo los materiales lignocelulósicos para poder obtener los nutrientes necesarios para su desarrollo, para ello transforman los componentes de naturaleza lignocelulósica en CO_2 y H_2O mediante la oxidación de las unidades fenólicas, hidrolisis de los polisacáridos y la ruptura de enlaces (Martín y Manzanares, 1994, p.26).

La máxima actividad de degradación ocurre siempre y cuando actúen más de tres enzimas en el proceso metabólico, puesto que individualmente son incapaces, las principales enzimas encargadas del proceso son la lignina peroxidasa, manganeso peroxidasa, peroxidasa versátil y la lacasa, quienes constituyen el sistema multienzimático del hongo (Téllez et al., 2016, p.70). La metodología para la biodegradación de compuestos lignocelulósicos se denomina Fermentación en estado sólido.

1.3.3.1. Fermentación en estado sólido de los subproductos agroindustriales

La fermentación en estado sólido (FES) consiste en el crecimiento y desarrollo de microorganismos tales como hongos, levaduras y bacterias en materiales sólidos orgánicos, mejor conocidos como sustratos, los cuales deben tener suficiente humedad para que los microorganismos puedan desarrollar correctamente su metabolismo microbiano y crezcan de manera favorable, sin embargo, el contenido de agua libre debe ser limitado, ya que es el agua que se encuentra en movimiento y participa en distintas reacciones bioquímicas que aceleran el proceso de pudrición del material; además es necesario que contengan un alto contenido de carbono en su estructura ya que es utilizado como fuente de energía para los microorganismos (Pandey, 1992, pp.109-110).

Existen diferentes microorganismos que tienen la capacidad de crecer en materiales sólidos, pero los hongos filamentosos se adaptan mejor ya que penetran el micelio en las partículas de los sustratos, ayudando a fermentar materiales lignocelulósicos haciéndolos mucho más digeribles, mediante la hidrólisis de la lignocelulosa en azúcares simples con la acción de enzimas lignocelulolíticas que degradan los sustratos, después de este proceso el producto final puede utilizarse como alimento para animales, combustible, biofertilizantes, bioplaguicidas, entre otros, es importante señalar que los nutrientes que necesitan los microorganismos son proporcionados casi todos por el mismo sustrato (Tengerdy y Szakacs, 2003, pp.169-170).

1.3.4. Quinoa

La quinoa cuyo nombre científico es *Chenopodium quinoa*, también conocida como quinoa y en la lengua quechua como chisiya, que significa grano madre, es un cultivo con un elevado contenido nutricional y proteína vegetal que puede ser comparada con alimentos como la leche o la carne, ya que posee diversos aminoácidos esenciales, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales que sustituyen en la dieta al trigo, maíz y arroz (Rojas et al., 2016, p.115). Este grano es originario de la región Andina de Sudamérica, específicamente de Perú y Bolivia, fue encontrado en los alrededores del lago Titicaca, tiene una antigüedad de más de 7000 años; Perú es el país con mayor exportación seguido de Bolivia y en tercer lugar se encuentra Ecuador (Mujica y Jacobsen, 2006, p.449).

En Ecuador las provincias con mayor producción de quinoa son: Chimborazo, Cotopaxi, Tungurahua e Imbabura, entre otras (Fernández et al., 2017, p.3). En el 2019 la superficie sembrada de quinoa a nivel nacional fue de 2957.10 ha, de las cuales se cosecharon 2558,55 ha, obteniendo así una producción de 4504,83 toneladas, es decir que por cada ha se produce alrededor de 1,76 toneladas de quinoa (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2019, p.4); En la provincia de Chimborazo pequeños agricultores aseguran que se producen 20 quintales/ha en su asociación (Ministerio de

Agricultura y Ganadería 2017), en dicha provincia existen sectores como el cantón Colta donde se estima que la producción anual de quinua es de 450 toneladas.

La quinua se puede cosechar en un periodo de 6 a 8 meses cuando alcanza una altura de 1 a 2,30 m, donde el cultivo ya se encuentra maduro y se puede proceder al trillado obteniéndose una gran cantidad de subproductos (Fernández et al., 2017, p.4). Entre ellos se encuentra el rastrojo, el cual es el residuo que queda después de separar los granos de la planta de quinua, es decir, los tallos principales, tallos secundarios y las hojas que se encuentran secas, lo que constituye un aproximado del 60-80% de toda la planta, por lo cual se obtiene un aproximado de 2000 – 3000 toneladas de este subproducto (Figura 6-1) (Meyhuay, 2013, p.12).



Figura 6-1. Planta de quinua y rastrojo de quinua

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2021.

El rastrojo de quinua es de carácter fibroso, su degradabilidad es baja debido al alto contenido lignocelulósico que posee, este tipo de material es bastante voluminoso y para su fácil manejo se sugiere cortar el material en trozos más pequeños (Salazar y Benítez, 1996, p.35). La composición fisicoquímica del rastrojo se puede evidenciar en la tabla 1-1.

Tabla 1-1: Composición fisicoquímica del rastrojo de quinua

Parámetro	Valor
Humedad *	1,50 %
Cenizas	5,79 %
Fibra	59,45 %
Grasa	0,93 %
Proteína	45,00 %
Lignina	29,63 %
Celulosa	31,81 %
Azúcares totales	2,68%

Los parámetros con * son realizados en base húmeda

Fuente: (Rodríguez, 2019, p.37).

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2022.

1.3.4.1. Utilidades del rastrojo de la quinua

Debido a la composición que posee el rastrojo de quinua y la disponibilidad del mismo existen ciertos usos que se le puede dar a este subproducto como, por ejemplo:

- Sirve como materia orgánica para la conservación del suelo, de manera que al momento de cosechar la planta suelen dejar de 10 a 15 cm de rastrojo en el mismo terreno, para que los suelos no queden desprotegidos (FAO, 2011, p.28).
- Aporta potasio a suelos deficientes de este elemento, ya que la quinua en su desarrollo es gran captadora de K y la mayor parte se queda en el tallo, por tanto, el K se puede reciclar añadiendo rastrojo al suelo (Gómez y Aguilar, 2016, p.49).
- Alimento suplementario para animales como el ganado lechero, aves de corral, bovinos, ovinos, cuyes entre otros, con la finalidad de aumentar su producción (Sánchez, 2016, p.1)
- Producción de hongos comestibles *P. ostreatus*
- Elaboración de compost, entre otros

1.3.5. Cacao

El cacao cuyo nombre científico es *Theobroma cacao*, también conocido como “Pepa de oro”, es procedente de América, diversos estudios aseguran que su país de origen es Ecuador y otros que es originario de México, pero en lo coinciden es que es de origen selvático; sin embargo, uno de los países de mayor exportación mundial es Ecuador, provee el 61% de la demanda de cacao a los países del primer mundo, pues es la base fundamental de su economía, siendo así el tercer producto agrícola de más importancia en el país (León et al., 2016, p.46).

Las provincias con mayor producción de cacao son Los Ríos, Guayas, Manabí, Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas y Orellana, entre otras; para el año 2020 la superficie de siembra fue de 527 347 ha de la cual se obtuvo una producción de 385 209 toneladas (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020, p.5). El principal uso del cacao está relacionado con la elaboración del chocolate y sus diferentes derivados, su semilla cruda se compone del 50% de grasa y 20-25% de proteína, almidones y azúcares (De La Cruz et al., 2010, p.3).

Para obtener la denominada “semilla cruda” del cacao, se debe cosechar la mazorca cuando se encuentre en su estado de madurez, es decir, en un periodo de 5-6 meses después de la polinización de la flor, la cual no debe estar ni verde ni muy madura para que su fruto sea de utilidad, posteriormente se procede a quebrar la mazorca y a desprender las semillas de la placenta y del mucílago del cacao, para que sean sometidas a un proceso de fermentación y secado (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, 2016, pp.46-47).

El procedimiento para la obtención de la semilla genera gran cantidad de subproductos como la cascarilla, el mucílago y la mazorca, los cuales representan el 90% de toda la fruta (Barazarte, et al.,

2008, p.64), de estos se puede obtener nuevos productos una vez se vuelvan a reintegrar a una nueva producción. La mazorca del cacao es aquella que cubre a la fruta en su totalidad, es decir, la cáscara que encierra y protege a las semillas, representando un 70-75% del cacao (Lema et al., 2020, p.8), se compone de las siguientes estructuras: epicarpio, mesocarpio, una parte denominada esclerótica y endocarpio (Figura 7-1) (Lu et al., 2018, p.3).

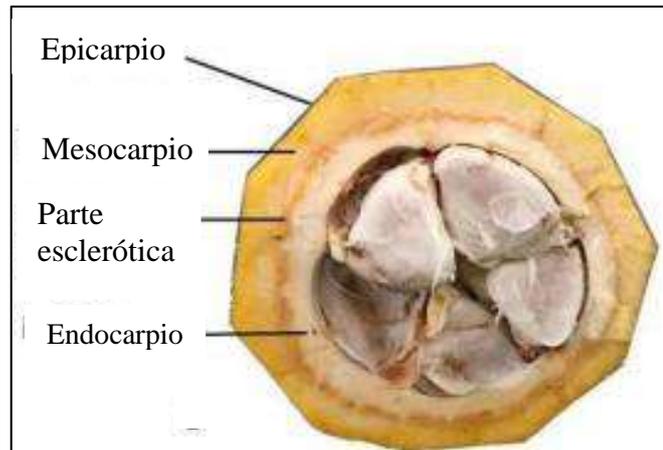


Figura 7-1. Partes de la mazorca del cacao

Fuente: (Lu et al., 2018, p.3).

La mazorca de cacao se caracteriza por ser rica en celulosa, hemicelulosa, lignina, minerales (K, Ca, Mg, y P), antioxidantes bioactivos como los ácidos fenólicos, en menor proporción también se encuentra presente la pectina y las fibras, entre otros. En la tabla 2-1 se detalla la composición físico química de la mazorca:

Tabla 2-1: Composición fisicoquímica de la mazorca de cacao

Parámetro	Cantidad (%p/p, peso seco)
Humedad *	85
Proteína	7 – 10
Grasa	1,5 – 2
Carbohidratos	32 – 47
Celulosa	19,7 – 26,1
Hemicelulosa	8,7 – 12,8
Lignina	14 – 28
Pectina	6 – 12,6
Ceniza	6,4 – 8,4
Minerales:	
K	2,8 – 3,8
Ca	0,25 – 0,46
Mg	0,11 – 0,25

P	0,19
Na	0,01 –0,02
Fe	0,003 –0,006

Los parámetros con * son realizados en base húmeda

Fuente: (Lu et al., 2018, p.5).

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2022.

1.3.5.1. Utilidades de la mazorca de cacao

La mazorca de cacao tiene diversas aplicaciones por su composición, la cual presenta un alto valor nutricional, por lo tanto, este subproducto puede ser empleado para (Lu et al., 2018, pp.5-11).:

- Utilizarlo como biofertilizante y/o enmienda orgánica para el suelo
- Fabricación de jabón
- Alimento para animales como cerdos, conejos, peces y aves
- Obtener carbón activado
- Ser empleado como componente principal para la fabricación de papel
- La producción de biocombustibles por su alto valor calorífico
- Aplicaciones alimentarias en las cuales se puede elaborar fuente de fibra dietética y antioxidantes
- Obtención de bioplásticos
- Producir biadsorbentes para la eliminación de azul de metileno
- Obtener catalizadores y pectinas para la industria alimenticia
- Elaboración de compost
- Utilizarlo como sustrato para la producción de hongos comestibles

1.3.6. Malta de cebada

La cebada cuyo nombre científico es *Hordeum vulgare L.* tiene su origen en el sudeste de Asia y África del norte, es el quinto cereal con mayor producción a nivel mundial, debido a su importancia en la alimentación, según estudios es considerado como el cereal cultivado más antiguo; hoy en día la Unión Europea es el mayor productor a nivel mundial, seguido de Rusia, Canadá, Australia, entre otros (De Bernardi, 2015, p1). Este grano tiene un alto valor nutricional, una gran concentración de carbohidratos y fibra, además cuenta con porcentajes moderados de proteínas; la cebada cuenta con dos variedades principalmente, *Hordeum distichum L.*, mejor conocida como cebada cervecera y *Hordeum hexastichon L.*, la cual es destinada a la alimentación de humanos y animales (Figura 8-1) (Velazco, et al., 2020, p.105).

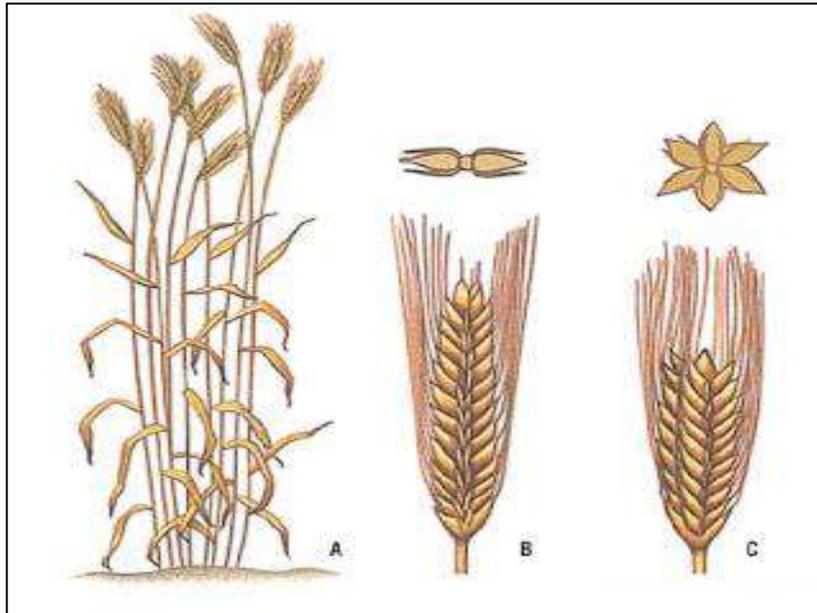


Figura 8-1. A) *H. vulgare L.* B) *H. distichum L.* C) *H. hexastichon L.*

Fuente: (Pérez, 2010).

El 70% de la producción de cebada en la mayoría de los países, es destinada como materia prima para la industria cervecera (Guzmán, et al., 2019, p.82), en Ecuador la producción anual es de 24 000 toneladas por año de las cuales el 40% se utiliza para producir cerveza, este cultivo es importante para la economía agrícola del país, sin embargo, Ecuador invierte alrededor de \$10 millones para importar aproximadamente 40 000 toneladas de cebada para abastecer a toda la industria cervecera (Lema, et al., 2017, p.97).

Dicha industria ha tenido un crecimiento elevado en el mercado, sobre todo por el desarrollo de microempresarios relacionados a la fabricación de cerveza artesanal; la cerveza se define como una bebida alcohólica de sabor amargo que es fermentada por la acción de levaduras que se encargan de convertir compuestos en azúcares mediante una digestión enzimática, es considerada como alimento por sus propiedades nutricionales; en Ecuador se producen aproximadamente 300 millones de litros de cerveza al año (Carvajal y Insuasti, 2010, pp.4-6), de los cuales se producen de 16 a 22 kg de bagazo de malta por cada 100 litros (Pérez, 2020, pp.49-50), obteniendo así 48 000 – 66 000 toneladas, el cual es el mayor subproducto orgánico generado en esta industria, representa el 85% de los subproductos generados, el bagazo de malta también es conocido como cebadilla de cerveza (Figura 9-1), este es obtenido durante la primera etapa de la producción de cerveza que se basa en obtener azúcar de los granos de cebada (Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, 2019, p.2).



Figura 9-1. Bagazo de malta de cebada

Fuente: (Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, 2019, p.2).

El bagazo posee ciertas características fisicoquímicas que pueden ser observada en la tabla 3-1:

Tabla 3-1: Composición fisicoquímica del bagazo de malta

Parámetro	Cantidad (%p/p, peso seco)
Humedad *	75 – 80
Proteína	15 – 26
Grasa	45
Fibra	70
Celulosa	15,5 – 25
Hemicelulosa	28 – 35
Lignina	28
Lípidos	3,9 – 18
Ceniza	2,5 – 4,5

Los parámetros con * son realizados en base húmeda

Fuente: (Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, 2019, p.3).

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2022.

1.3.6.1. Usos del bagazo de malta de cebada

Este subproducto gracias a su alto valor nutricional, disponibilidad y fácil adquisición por su bajo costo, puede ser utilizado como: (Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, 2019, p.4):

- Alimento para consumo humano y para ganado
- Materia prima para producir biocombustibles
- Abono para el suelo
- Producción de carbón
- Material absorbente que puede ser empleado en tratamientos químicos
- Medio de cultivo para organismos como los hongos *P. ostreatus*, entre otros.

1.4. Los hongos

Los hongos pertenecen al quinto reino conocido como “fungi”; estos organismos unicelulares, pluricelulares o dismórficos se encuentran generalmente en vegetales o troncos en descomposición, siendo capaces de degradar estas sustancias orgánicas mediante enzimas y ácidos, así llegando a obtener nutrientes que les permitan tener un crecimiento adecuado, tomando en cuenta que estos no realizan fotosíntesis por lo que su nutrición es heterótrofa, tienen en su estructura hifas, el conjunto de estas ramificaciones filamentosas se denominan micelios que van aumentando de tamaño conforme pase su ciclo de crecimiento hasta formar la seta con su respectivo pie (Gaitan-Hernández et al., 2006, pp.3-5). Existen varios tipos de setas, desde formas de sombreros hasta formas de paraguas u ostras, estos van acorde de la humedad y la temperatura, su forma de reproducción puede ser sexual o asexual, emanando esporas, siendo el vehículo de transporte el aire, por lo que pueden llegar a poblar zonas alejadas en poco tiempo, ya que su principal composición es la quitina en sus paredes celulares y también el glucógeno (De Michelis y Rajchenberg, 2006, p.19).

Los hongos llegan a cumplir un rol fundamental en los ecosistemas, siendo una parte de la estructura vital, interviniendo en la transferencia de nutrientes en varios de los metabolismos de los vegetales ya sea como saprofitos o como paracitos, en especial de los árboles (Gómez y Chung, 2005, p.2). Existen una gran variedad de estas setas, las cuales han llegado a poblar diversos hábitats distribuyéndose por todo el mundo, conformando así cuatro categorías importantes como son los Quitridiomycetos, Cigomycetos, Ascomycetos y Basidiomycetos, englobando así a toda clase de setas, tanto medicinales, patógenos o alimenticias (Ardón, 2007, p.2).

1.4.1. Hongos degradadores de subproductos lignocelulósicos

Los hongos tienen distintas funciones biológicas y aplicaciones, involucrándose en diversos procesos industriales como la fermentación, la medicina y la alimentación humana. Los hongos son capaces de crecer en medios lignocelulósicos, que tienen en su composición lignina, hemicelulosa y celulosa, presentes en la madera o rastrojos, en su metabolismo contienen enzimas hidrolíticas y oxidantes que llegan a despolimerizar estas sustancias con un periodo de degradación prolongado. Estos hongos son capaces de utilizar los subproductos agroindustriales y realizar un proceso de bioconversión minimizando el impacto ambiental producido por las actividades agroindustriales; por lo general los hongos comestibles que son capaces de degradar estos subproductos lignocelulósicos son los *Pleurotus*, siendo capaces de convertir estos subproductos en sustratos de crecimiento y producción de estos hongos, generando así setas con alto valor proteico y degradando los residuos, para mejorar la asimilación de los nutrientes cuando

estén en contacto con algún tipo de suelo (Ardón, 2007, p.3), para así incorporar los nutrientes en su cuerpo fructífero.

La capacidad de estos hongos de degradar varios tipos de sustratos lignocelulósicos es amplia, gracias a las enzimas hidrolíticas y oxidativas que ayudan a la absorción de los nutrientes impulsando el crecimiento y fructificación del hongo, al estar dentro de la pudrición blanca selectiva, por lo que la lignina se llega a metabolizar más rápido al inicio de la degradación, por lo que conlleva a un proceso oxidativo para despolimerizar y liberar CO₂ y agua. El sistema hidrolítico del hongo es el responsable de degradar la celulosa y la hemicelulosa mediante enzimas hidrolasas, mientras que para la despolimerización de la lignina se encarga el sistema oxidativo (Pérez et al., 2002, p.59).

Entre las enzimas más importantes que degradan los materiales lignocelulósicos se encuentra las celulasas, que se ven implicadas en la degradación de la celulosa a la glucosa, el metabolismo inicia por la endo- β -1,4-endoglucan hidrolasa, la cual se encarga de atacar la celulosa produciendo anhidroglucosa de cadenas lineales, luego interviene la enzima 4- β -D-glucan celobiohidrolasa que hidroliza y produce celobiosa que es convertida en glucosa por la enzima β -1,4-glucosidasa, para que pueda ser asimilable por el hongo. Las hemicelulasas son las enzimas menos estudiadas por lo que se conoce que existen varias xilanasas que intervienen sinérgicamente hidrolizando la hemicelulosa para poder transformarla en glucosa. Finalmente, las ligninasas se dividen en dos familias de enzimas, las lacasas y las peroxidasas, encargadas de metabolizar la lignina; las lacasas al ser glicoproteínas que contienen cobre llegan a catalizar la oxidación de un electrón de compuestos fenólicos y no fenólicos, para que se pueda fraccionar el polímero por el radical libre fenoxilo, mientras que en las peroxidasas tiene tres principales enzimas llamadas ligninasa, peroxidasa versátil y peroxidasas dependientes del manganeso, cumpliendo con la función de generar radicales libres, oxidando hidroquinonas, radicales fenoxilo que puedan degradar la lignina (Salmones y Mata, 2002, pp.213-219).

1.5. *Pleurotus ostreatus*

Los hongos *P. ostreatus* comúnmente conocidos como hongos ostra, orellanas o gírgola, son setas alimenticias equiparables a las carnes rojas y blancas, que contiene proteínas, carbohidratos, vitaminas, fibra, ácidos grasos esenciales y minerales, además poseen un sabor y una consistencia aceptable para ser consumidos, por los que se les considera como un alimento orgánico y ecológico (Ardón, 2007, pp.20-21).

1.5.1. Clasificación taxonómica

La taxonomía que presenta el hongo *P. ostreatus* se detalla en la tabla 4-1:

Tabla 4-1: Taxonomía del *P. ostreatus*

Reino	Fungi
División	Basidiomycota
Subdivisión	Basidiomycota
Clase	Basidiomycetes
Orden	Agaricales
Familia	Tricholomataceae
Género	<i>Pleurotus</i>
Especie	<i>ostreatus</i>

Fuente: (Giardina et al.,1999 , p.5).

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2022.

1.5.2. Composición nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus*

Las setas *Pleurotus spp* en los últimos años han venido tomando fuerza por ser un producto con un alto valor alimenticio, teniendo muchos nutrientes en su composición, incluso llegando a ser comparado con el valor nutricional de las carnes rojas y blancas, debido a los nutrientes que contienen esta clase de setas (Lelley,2017, p.178).

En su composición contienen de 17% a 25% de proteína presente, llegando en varios casos a tener la misma proteína que las carnes, por lo que se le conoce como la “carne del bosque”, también tiene una baja cantidad de purinas con un contenido aproximado de 21 mg / 100 g que ayudan a mejorar los desórdenes alimenticios; en cuestión de los carbohidratos no están ligados al contenido de proteínas, teniendo gran variedad de compuestos orgánicos, por lo que su contenido puede ir del 38% al 70%. Además, contiene fibra dietética aproximadamente de 16 g / 100 g que llega a proteger al sistema digestivo contra el cáncer de colon; también tiene en su composición varios tipos de vitaminas que presentan beneficios para el cuerpo, entre ellas se encuentran la Vitamina A, B, C, D y E. En su composición mineral se encuentra el sodio el cual tiene un contenido pequeño de 10 mg / 100 g, el potasio que está presente en una gran cantidad superior a 230 mg / 100 g, el fósforo con una cantidad de 51-100 mg / 100 g ayudando a la conversión de la energía, el hierro que ayuda al transporte de oxígeno, por lo que su contenido suele llegar hasta 1,5 mg /100 g, el zinc, el cual juega un papel en varias funciones del cuerpo, como el crecimiento celular, por lo que se llega a encontrar en cantidades menores a 0,8 mg / 100 g, por otra parte, el selenio y el cobre también se encuentran presentes pero en cantidades de trazas (tabla 5-1) (Lelley, 2017, pp. 178-193). El contenido de estos elementos llega a variar dependiendo de la clase de medio

o sustrato en el que se le siembra el *P. ostreatus*, siendo importante caracterizar los residuos para poder predecir el contenido que tendrá.

Tabla 5-1: Composición bromatológica del hongo *P. ostreatus*

Parámetro	Valor	Unidad
Materia Seca	9,3	g / 100 g
Agua	90,7	g / 100 g
Grasa	0,7	g / 100 g
Ceniza	0,67	g / 100 g
Glucosa	1,01	g / 100 g
Proteínas	1,9	g / 100 g
Calorías	20	kcal
Carbohidratos	1,4	g / 100 g
Fibra	4,6	g / 100 g
Sodio	2,5	mg / 100 g
Potasio	216,5	mg / 100 g
Calcio	0,44	mg / 100 g
Magnesio	10,4	mg / 100 g
Hierra	0,58	mg / 100 g
Fósforo	57,8	mg / 100 g
Zinc	0,38	mg / 100 g
Cobre	0,09	mg / 100 g
Selenio	< 0,5	mg / 100 g
Manganeso	0,05	mg / 100 g
Vitamina A	0,90	µg / 100 g
Vitamina B ₁ (tiamina)	0,08	mg / 100 g
Vitamina B ₂ (riboflavina)	0,16	mg / 100 g
Vitamina B ₆ (ácido pantoténico)	0,03	mg / 100 g
Vitamina B ₁₂	0,31	µg / 100 g
Vitamina C (ácido ascórbico)	0,48	mg / 100 g
Vitamina D ₂	< 0,05	µg / 100 g
Vitamina D ₃	< 0,05	µg / 100 g
Ácido pantoténico	1,07	mg / 100 g
Niacina	2,82	mg / 100 g
Biotina	0,004	mg / 100 g
Ácido fólico	0,014	mg / 100 g
Vitamina K	< 0,10	µg / 100 g
Vitamina E	0,008	mg / 100 g
Materia Seca	9,3	g / 100 g

Fuente: (Lelley, 2017, pp. 178-193).

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2022.

1.5.3. Usos o aplicaciones del hongo *Pleurotus ostreatus*

Esta seta llega a presentar una serie de usos y aplicaciones gracias a su composición nutraceuticas y organolépticas, teniendo propiedades antivirales, antimicrobianas, anticancerígenas, inmunopotenciadoras, hipocolesterolémicas, antidiabéticas y antioxidantes hepatoprotectoras, por lo que es reconocida por la Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA) como un organismo seguro (Contreras, et al., 2020, p.19). Algunos compuestos generados por el *P. ostreatus* ayudan al tratamiento de la dislipidemia mediante la lovastatina, también se encuentran compuestos que pueden ayudar a tratar las enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas, como la ergotioneína el cual es un antioxidante (Martínez, 2012, p.9).

Además, ayuda para el tratamiento del cáncer, desordenes del sistema inmune e infecciones, mediante un polisacárido llamado pleuran. La mayoría de las farmacéuticas utilizan la lovastatina, compactina, pravastatina y simvastatina, presentes en esta clase de setas, para el tratamiento de problemas vasculares como el hipercolesterolemia y la arterioesclerosis, sin que generen alguna clase de efectos secundarios en los pacientes. Por otra parte, la pleuromutilina tiene una acción antibiótica contra las infecciones micoplasmáticas en los seres vivos; algunas extracciones de estas girgolas presentan actividades antitumorales es decir que presentan efectos sobre las células del cáncer, debilitándolas. Este hongo también llega a estar presente en la industria alimenticia, no solo como alimento si no también con precursores para la estabilidad de la cerveza, ayudando a que los jugos frutales sean más estables y no pierdan su sabor característico, adicionalmente participa en la oxidación de las uvas en la industria del vino (Gonzales, 2015, p.500-513).

El *P. ostreatus* tiene en su composición enzimas de aplicabilidad en toda clase de industria, tal es el caso de la lacasa, que puede ser empleada en la fabricación de papel para separar y eliminar la lignina de la celulosa en la etapa de biopulpeo, sustituyendo así al blanqueo químico que es altamente carcinogénicos. En cuanto a la industria textil, se utiliza para poder blanquear telas y sintetizar colorantes para los tintes, sustituyendo algunos productos químicos orgánicos e inorgánicos perjudiciales para el ambiente. Otros de sus campos de aplicación es la nanobiotecnología, contribuyendo en el desarrollo de biosensores más pequeños y eficientes que los habituales, los cuales sirven para detectar flavonoides vegetales, morfina, electroinmunoensayos y codeína por deposición y absorción específica (Gonzales, 2015, p.500-513). También presenta una importante contribución para las preparaciones cosméticas y dermatológicas llegando a remplazar la función del peróxido de hidrogeno en los tintes y a contribuir en proteínas para el aclarado de la piel (Gonzales, 2015, p.500-513).

Sin embargo, el uso con mayor interés ambiental se basa en la biorremediación de suelos contaminados con xenobióticos y contaminantes orgánicos que llegan a ser oxidados, o en aguas

contaminadas con compuestos aromáticos, los cuales quedan inmovilizados y suspendidos para generar una remoción natural (Martínez, 2012, p.9),

1.5.4. Etapas de cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*

Según (Ardón, 2007, p.10), las etapas del crecimiento que tiene el micelio del *P. ostreatus* son:

1.5.4.1. Etapa de latencia

Por lo general en esta etapa el hongo comienza su fase de adaptación al medio que fue sembrado, es decir, tienen unas síntesis celulares para iniciar la elongación celular, por lo que esta fase puede durar de dos a tres semanas de acoplamiento de la semilla.

1.5.4.2. Etapa exponencial

Cuando el hongo se adapta al medio de cultivo, comienza a aprovechar todos los nutrientes y compuestos presentes en el medio para poder desarrollarse y llegar a su máximo crecimiento, esto depende de las condiciones en las que se encuentre el medio, la temperatura y la humedad del sustrato.

1.5.4.3. Etapa de declinación

Por lo general esto pasa cuando algún nutriente escasea y el crecimiento se vuelve estacionario, por tanto, el hongo no puede seguir desarrollándose y su metabolismo comienza a declinar, sin generar los nutrientes necesarios, lo cual produce un agotamiento de la cepa.

1.5.4.4. Etapa estacionaria

El crecimiento después de haberse quedado estancado, comienza a producir enzimas autolíticas que conducen a la muerte del hongo.

1.5.5. Condiciones ambientales para el desarrollo del hongo *Pleurotus ostreatus*

1.5.5.1. Temperatura

En el crecimiento de la mayoría de setas influye la temperatura a las que se encuentran expuestas, llegando a afectar su metabolismo enzimático; la capacidad de producción se vuelve ineficiente,

lo cual no permite degradar los residuos y poder aprovecharlos como alimento, por eso se recomienda que para el crecimiento del hongo exista un rango de temperatura óptimo de 26 – 30 °C para la producción de semillas, mientras que cuando llegan a conglomerar los residuos y aparecen los primeros primordios, la temperatura para su desarrollo puede ser inferior a la óptima, llegando a los 15 °C, pero la fructificación tardaría más días de lo normal (Ardón, 2007, pp.92-93).

1.5.5.2. Humedad

La humedad del sustrato para el desarrollo del hongo debe estar en un rango de 50% al 80%, ya que una humedad inferior, afectaría la disponibilidad de los nutrientes necesarios para el desarrollo del hongo, mientras que si se llega a tener una humedad por encima del 80% impediría el paso del oxígeno por los poros de los sustratos, limitando su respiración. En cambio, si no existe la humedad necesaria en el aire el hongo puede ser deshidratado, interrumpiéndose su crecimiento y afectando al rendimiento (Ardón, 2007, p.94).

1.5.5.3. Luz y aireación

Para la etapa de colonización del hongo tanto en semillas como en el sustrato, se debe trabajar bajo completa oscuridad, pero en la etapa de fructificación la luz es necesaria de 8 a 12 horas diarias aproximadamente, esta debe ser inferior a 600 nm de luz amarilla, aunque depende del tipo de hongo; si no se cuenta con la cantidad de luz necesaria las setas se deforman con pequeños sombreros pálidos y pies largos, afectando a la fructificación (Zedrazil, 1974, p.15). Por otra parte, el oxígeno es una fuente importante para el crecimiento del hongo, por lo que se debe tomar en cuenta que la presencia de CO₂ afecta a la fructificación, es por ello que se debe contar con un ambiente aireado (Ardón, 2007, p.94).

1.5.5.4. pH

El rango óptimo del potencial de hidrogeno que deben tener los sustratos para el desarrollo micelial de las setas *Pleurotus* es de 5 a 6,5 y para la inducción de primordios y la fructificación es de 5 a 5,5 aunque el micelio puede sobrevivir en un pH de 4,2 – 7,5, menor a ese rango deja de crecer, por el contrario, si el pH es más alto que el valor óptimo, el crecimiento micelial se acelera, pero produce una estructura anormal; el pH puede ser ajustado mediante el agregado de yeso, cal o carbonato de calcio, los cuales sirven para evitar que el pH baje mucho al darse la acción acidificante del micelio (Viziteu, 2005, p.95)

1.6. Indicadores de productividad del hongo

Es necesario poder contar con algunos parámetros que ayuden a determinar si la producción del hongo *P. ostreatus* es alta y establecer el sustrato ideal para su crecimiento, algunos de estos indicadores son:

1.6.1. Producción

Para la producción se debe tomar en cuenta la sumatoria de los pesos de la primera y segunda cosecha, en algunos casos existe una tercera cosecha o hasta más, pero, su valor se considera despreciable; para tener una razón de producción (Ardón, 2007, pp.106-107).

1.6.2. Rendimiento

El rendimiento es utilizado para determinar que sustrato es el más idóneo para el crecimiento del hongo, por lo que se toma en cuenta los pesos iniciales del sustrato, junto con el peso final del hongo obtenido, multiplicando por cien (Ardón, 2007, pp.107-108). Se considera buen rendimiento cuando se obtienen valores mayores al 15%.

1.6.3. Eficiencia biológica

La eficiencia biológica es utilizada para conocer el grado de biodegradación de los sustratos y la capacidad del mismo como medio de cultivo para el hongo *P. ostreatus*, está es una variable dependiente del tipo de sustrato y de las características fisicoquímicas que posee, sobre todo su granulometría, se considera que un sustrato es idóneo para la producción del hongo cuando logra conseguir eficiencias biológicas por encima del 100% (Barba y López 2017, p.29)

1.7. Conservación de hongos comestibles

Existe cierta desventaja en la comercialización de hongos frescos, esto debido a que son productos perecederos y tienen a perder sus propiedades nutricionales después de su cosecha, presentando una degradación continua de la calidad y cambiando su textura lo cual genera una apariencia desagradable ya que se pierde la coloración, humedad y el sabor del hongo, esto se debe a la ruptura en la membrana por la presencia de microorganismos patógenos como es el caso de las *Pseudomonas*, pues el hongo no cuenta con una película protectora a daños, es por ello que los métodos de conservación se consideran de gran importancia para alargar la vida útil de los hongos

y sobre todo mantener sus propiedades nutricionales (Marçal et al., 2021, p.419). Los métodos más utilizados para la conservación de hongos son aquellos en los que se reduce el contenido de agua para limitar las reacciones como oxidación de lípidos, crecimiento de microorganismos patógenos, actividad enzimática, cambios en la textura, entre otros (Zhang, Pu y Sun, 2018, p.8).

1.7.1. Deshidratación por flujo de aire caliente

Este método frena la degradación natural de un alimento ya que priva de humedad necesaria a los microorganismos para que no puedan realizar sus actividades, para ello se expone el alimento húmedo a una corriente de aire constante que se encuentra a una temperatura entre 40-50 °C y a una determinada velocidad, logrando así que la humedad del cuerpo fructífero se evapore por la transferencia de calor; es importante señalar que entre más caliente y seco sea el aire la velocidad de secado aumenta, sin embargo, no es lo adecuado porque se desnaturalizan las proteínas; este proceso es adecuado para la conservación del hongo *P. ostreatus* ya que se elimina el 90% de la humedad contenida dejando al hongo con una humedad del 10% aproximadamente, lo suficientemente baja para impedir el crecimiento de microorganismos patógenos como bacterias, mohos y levaduras (Sik, 2005, p.211).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Tipo y diseño de la investigación

La presente investigación es de tipo exploratoria, mientras que el diseño de la investigación es experimental, ya que permite determinar el sustrato óptimo para la producción del hongo *P. ostreatus* a través de la observación y medición de variables como el rendimiento y la eficiencia biológica, además se establece el método de conservación más adecuado en el cual los recursos empleados son los mínimos sin que se pierda el valor nutricional del hongo.

2.1.1. *Diseño experimental*

El diseño experimental es completamente aleatorio (DCA), en el cual se utiliza tres tipos de subproductos agroindustriales: rastrojo de quinua, mazorca de cacao y bagazo de malta de cebada, en distintas proporciones de mezclas para conformar los sustratos de los cuales se originan 4 tratamientos experimentales con 3 repeticiones, generando un total de 12 unidades experimentales (tabla 1-2). Del tratamiento con mayor producción se aplicó 2 métodos de conservación, deshidratación por flujo aire caliente y en el mismo sustrato.

2.1.1.1. *Nomenclatura del diseño experimental*

- *Tratamiento: Sustrato*

- **T1:** 100% Mazorca de cacao
- **T2:** Mixto (33,3% mazorca de cacao + 33,3% rastrojo de quinua + 33,3% bagazo de malta de cebada)
- **T3:** Mixto (50% mazorca de cacao + 25% rastrojo de quinua + 25% bagazo de malta de cebada)
- **T4:** Mixto (50% rastrojo de quinua + 25% mazorca de cacao + 25% bagazo de malta de cebada)

- *Réplicas (R): Siembra*

- **R1:** Siembra 1
- **R2:** Siembra 2
- **R3:** Siembra 3

Tabla 1-2: Diseño experimental de los tratamientos

Tratamiento	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3
T1	T1R1	T1R2	T1R3
T2	T2R1	T2R2	T2R3
T3	T3R1	T3R2	T3R3
T4	T4R1	T4R2	T4R3

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2021.

- *Método de conservación de hongos*

- **HD:** Hongo deshidratado por flujo de aire caliente
- **HDS:** Hongo deshidratado al ambiente en el mismo sustrato

2.1.2. Ubicación de la investigación

El aislamiento y la obtención del inóculo del hongo *P. ostreatus* que corresponde a la primera parte del proyecto se llevó a cabo en el laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), ubicada en la Panamericana Sur, km 1½; la segunda etapa que se refiere al proceso de producción del hongo hasta su cosecha se realizó en las instalaciones de un local específico adaptado para este proceso en la Ciudadela Juan Montalvo ubicada en la ciudad de Riobamba y finalmente la tercera etapa que se refiere a los sistemas de deshidratación se efectuó en el laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH y en la misma infraestructura donde se realizó el proceso de producción del hongo.

2.2. Hipótesis e identificación de variables

2.2.1. Planteamiento de hipótesis

2.2.1.1. Hipótesis nula

Los subproductos agroindustriales lignocelulósicos (rastrojo de quinua, mazorca de cacao y bagazo de malta de cebada) no constituyen un sustrato adecuado para el crecimiento y conservación del hongo *P. ostreatus*

2.2.1.2. Hipótesis alternativa

Los subproductos agroindustriales lignocelulósicos (rastrojo de quinua, mazorca de cacao y bagazo de malta de cebada) constituyen un sustrato adecuado para el crecimiento y conservación del hongo *P. ostreatus*

2.2.2. Identificación de variables

2.2.2.1. Variable independiente

- Sustratos
- Métodos de conservación

2.2.2.2. Variable dependiente

- Producción
- Rendimiento
- Eficiencia biológica
- Valor nutricional del hongo

2.3. Población de estudio

La población de estudio se conforma de las muestras obtenidas de rastrojo de quinua provenientes de la organización de COPROBICH ubicada en el cantón Colta, el bagazo de malta de cebada resultante de la elaboración de cerveza en el laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad

de Ciencias de la ESPOCH y la mazorca de cacao adquirida de la Unión de Organizaciones Campesinas Cacaoteras (UNOCACE) situado en el cantón de Milagro.

2.3.1. Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra de esta investigación es de 12 unidades experimentales para la producción del hongo *P. ostreatus*, compuestas cada una por 1 kg de las mezclas de los subproductos agroindustriales y la semilla con micelio del hongo (tabla 2-2), todas las unidades estuvieron expuestas a condiciones ambientales similares, la temperatura se mantuvo en un rango de 25 a 28 °C y el contenido de humedad del 70 al 80%; mientras que para la aplicación del método de conservación las unidades experimentales fueron 2 y estuvieron conformadas por el hongo *P. ostreatus* en estado fresco del mejor tratamiento (tabla 3-2).

Tabla 2-2: Unidades experimentales de la producción del hongo *P. ostreatus*

Tratamiento	Unidades experimentales	Réplicas
T1	0,9 kg de mazorca de cacao + 0,1 kg de semilla con micelio del hongo	3
T2	0,3 kg de mazorca de cacao + 0,3 kg rastrojo de quinua + 0,3 kg de bagazo de malta de cebada + 0,1 kg de semilla con micelio del hongo	3
T3	0,45 kg de mazorca de cacao + 0,225 kg rastrojo de quinua + 0,225 kg de bagazo de malta de cebada + 0,1 kg de semilla con micelio del hongo	3
T4	0,45 kg de rastrojo de quinua + 0,225 kg mazorca de cacao + 0,225 kg de bagazo de malta de cebada + 0,1 kg de semilla con micelio del hongo	3

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2021.

Tabla 3-2: Unidades experimentales para la conservación del hongo *P. ostreatus*

Método de conservación	Unidades experimentales	Réplicas
HD	200 g del hongo fresco del mejor tratamiento	1
HDS	210 g del hongo fresco de la primera producción del mejor tratamiento	1

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2021.

2.3.2. Selección de la muestra

La selección de la muestra para formar las unidades experimentales de la producción y la conservación del hongo *P. ostreatus* se realizó mediante un muestreo aleatorio simple.

2.4. Esquema metodológico

2.4.1. Preparación y adecuación de los subproductos agroindustriales

El sustrato se selecciona según la disponibilidad y accesibilidad de los subproductos agroindustriales, es por ello que se toma en cuenta el rastrojo de quinua, la mazorca de cacao y el bagazo de malta de cebada. Una vez obtenidos los subproductos, se les elimina la humedad exponiéndolos directamente al sol durante un lapso de 7 a 10 días para que los microorganismos patógenos no pudran el material. Luego se tritura los subproductos agroindustriales secos, hasta obtener una granulometría de 2-3 cm (Figura 1-2).



Figura 1-2. Rastrojo de quinua y mazorca de cacao triturados

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2021.

2.4.1.1. Análisis fisicoquímico de los sustratos iniciales y finales

El análisis fisicoquímico y bromatológico de los sustratos fue realizado en los laboratorios de Bromatología, de Investigación, y los pertenecientes al GAIBAQ y al GIDAC de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH. El análisis correspondiente se realizó con los métodos que se pueden observar en la tabla 4-2:

Tabla 4-2: Parámetros analizados en los sustratos

Parámetro	Unidad	Método / Equipo de análisis
Humedad	%	Gravimetría
Materia orgánica	%	Volumétrico
Carbono orgánico total	%	Volumétrico
Proteína	%	Método de Macrokjeldhal
Grasa	%	Método Soxhlet
Fibra	%	Equipo ANKOM 200 Fiber Analyzer
Celulosa	%	Método Van Soest / Equipo Dosi-Fiber
Hemicelulosa	%	Método Van Soest / Equipo Dosi-Fiber
Lignina	%	Método Van Soest / Equipo Dosi-Fiber
Minerales:		
Sodio	mg/kg	Soil test methods/ Soiltest
Potasio	mg/kg	Soil test methods/ Soiltest
Fósforo	mg/kg	Digestión ácida / Espectrofotómetro UV
Hierro	mg/kg	Digestión ácida / Espectrofotometría de absorción atómica (llama)
Magnesio	mg/kg	Soil test methods/ Soiltest
Calcio	mg/kg	Soil test methods/ Soiltest
Manganeso	mg/kg	Soil test methods/ Soiltest
Metales:		Digestión ácida / Espectrofotometría de absorción atómica (llama)
Plomo	mg/kg	Digestión ácida / Espectrofotometría de absorción atómica (llama)
Cadmio	mg/kg	Digestión ácida / Espectrofotometría de absorción atómica (llama)

Fuente: (Laboratorios de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, 2022).

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2022.

- *Metodología para la determinación de hemicelulosa celulosa y lignina*

Hemicelulosa

1. Pesar 1 – 1,5 g de muestra en un crisol poroso tarado (W_0) e introducirlo en el equipo Dosi-Fiber, se debe revisar que las válvulas se encuentren cerradas y se agrega 100 ml de solución neutro detergente (S.N.D)
2. Encender el circuito de refrigeración y activar las resistencias calefactoras del equipo a una potencia del 90% hasta que hierva, luego reducir la potencia al 30% durante 1 hora.
3. Detener la calefacción, abrir las válvulas para activar el circuito de vacío, lavar con agua destilada caliente y filtrar, se debe repetir este proceso por 3 veces.
4. Secar las muestras en la estufa durante 1 hora a 150 °C, luego enfriar en el desecador durante 30 minutos mínimo y pesar el crisol con la muestra, el peso registrado es W_3 .
5. Nuevamente, pesar 1 – 1,5 g de muestra en un crisol poroso tarado (W_0) e introducirlo en el equipo Dosi-Fiber, se debe revisar que las válvulas se encuentren cerradas y se agrega

100 ml de la solución ácido detergente (Bromuro de cetil trimetil amonio con ácido sulfúrico al 1N).

6. Encender el circuito de refrigeración y activar las resistencias calefactoras del equipo a una potencia del 90% hasta que hierva, luego reducir la potencia al 30% durante 1 hora.
7. Detener la calefacción, abrir las válvulas para activar el circuito de vacío, lavar con agua destilada caliente y filtrar, se debe repetir este proceso por 3 veces.
8. Secar las muestras en la estufa durante 1 hora a 150 °C, luego enfriar en el desecador durante 30 minutos mínimo y pesar el crisol con la muestra, el peso registrado es W_5

$$\% \text{ Hemicelulosa} = \frac{W_3 - W_5}{W_0} \times 100$$

(Ec. 1-2)

Celulosa y lignina

9. Volver a introducir los crisoles con el residuo W_5 en el Dosi-Fiber manteniendo las válvulas cerradas y añadir 25 ml de H_2SO_4 al 72%, mover las válvulas a la posición “soplar” durante 3 horas para la extracción en frío.
10. Abrir las válvulas para activar el circuito de vacío, lavar con agua destilada caliente y filtrar, se debe repetir este proceso por 3 veces.
11. Secar las muestras en la estufa durante 1 hora a 150 °C, luego enfriar en el desecador durante 30 minutos mínimo y pesar el crisol con la muestra (W_7).

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

(Ec. 2-2)

12. Pasar los crisoles a la mufla para incinerar las muestras a 500 °C durante un mínimo de 3 horas, luego enfriar en el desecador y pesar el crisol con la muestra (W_8).

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

(Ec. 3-2)

2.4.2. Cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*

2.4.2.1. Preparación del medio de cultivo

El medio de cultivo a utilizar es el Agar Sabouraud Dextrosa, para su preparación se debe disolver 65 g en 1000 ml de agua destilada, para 10 cajas Petri se pesa 13 g del medio y se disuelve en 200 ml de agua destilada en un matraz Erlenmeyer (Figura 2-2). Posteriormente esta solución se esteriliza en la autoclave a 121 °C por 15 minutos a una presión de 15 psi. Finalmente, en una cámara de flujo laminar en condiciones asépticas, se deja enfriar el medio a 35 °C aproximadamente sin que este se solidifique y se vierte hasta alcanzar las $\frac{3}{4}$ partes de cada caja (Figura 3-2) y se deja solidificar el medio cerca de un mechero para su utilización



Figura 2-2. Preparación del medio de cultivo

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2021.



Figura 3-2. Vertido del medio de cultivo en cajas Petri

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2021.

2.4.2.2. Multiplicación del micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*

Una vez que el medio ya esté solidificado en las cajas Petri se procede a la multiplicación del micelio, para lo cual se escoge un cuerpo fructífero limpio y en buen estado; y se procede a realizar cortes en cuadrados de 1 cm con un bisturí estéril (Figura 4-2), el mismo que es colocado en el medio de cultivo para su desarrollo micelial.

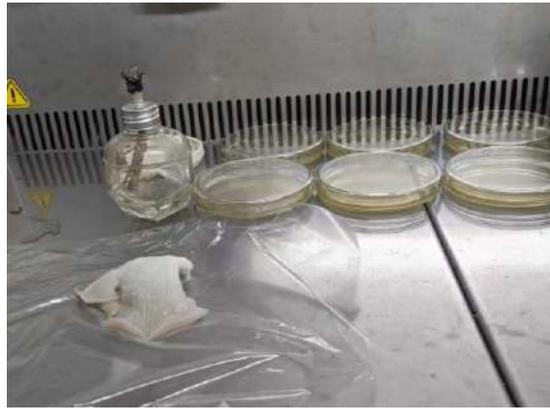


Figura 4-2. Multiplicación del micelio

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2021.

Las cajas se etiquetan con los datos respectivos y posteriormente son ubicadas en la incubadora a una temperatura de 28 °C por un periodo de 12 a 15 días hasta que el micelio del hongo colonice en su totalidad la superficie de las cajas Petri, lo cual se evidencia por la formación de una cubierta de color blanquecino similar al algodón (Figura 5-2).

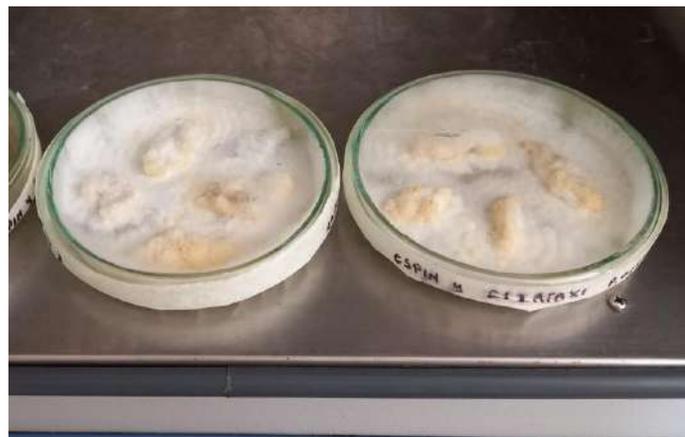


Figura 5-2. Colonización total del hongo *P. ostreatus*

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2021.

2.4.2.3. Masificación del hongo *Pleurotus ostreatus*

Para la obtención de la semilla del hongo *P. ostreatus* se pueden usar granos de trigo, los cuales deben ser limpiados y lavados 3 veces para eliminar cualquier agente patógeno e impurezas que pudieran estar presente y causen contaminación, después los granos se someten a un proceso de remojo con agua a temperatura ambiente por un periodo de 24 horas con la finalidad de que el trigo alcance una humedad del 70-80% aproximadamente, luego se escurren los granos durante 30 minutos para eliminar el agua sobrante.

Posteriormente, en frascos limpios de vidrio se colocan los granos humedecidos hasta las 2/3 partes de los recipientes (350 g aproximadamente), estos se esterilizan en la autoclave por un tiempo de 45 minutos a una temperatura de 121 °C, luego se dejan enfriar a temperatura ambiente en la cámara de flujo laminar, una vez fríos los frascos se procede a colocar de 2 a 4 pedazos del micelio (Figura 6-2) con la ayuda del asa con la finalidad de desarrollar el proceso de masificación del hongo (Figura 7-2).



Figura 6-2. Corte del medio de cultivo

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2021.



Figura 7-2. Masificación del hongo en granos de trigo

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2021.

Finalizado este proceso, los frascos se etiquetan y se colocan en la incubadora a una temperatura de 28 °C por un periodo de 15 a 20 días, tiempo en el cual el micelio del hongo coloniza todo el frasco dando una coloración blanquecina de aspecto algodonoso (Figura 8-2).



Figura 8-2. Obtención de la semilla del hongo *P. ostreatus*

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2021.

2.4.2.4. Preparación de los sustratos

Los subproductos agroindustriales previamente triturados son limpiados y lavados con la finalidad de eliminar impurezas, este proceso se repite 3 veces, seguidamente cada subproducto se remoja con agua a temperatura ambiente durante 24 horas para lograr una humedad del 70-80% (Figura 9-2), finalizado el tiempo son escurridos.



Figura 9-2. Mazorca de cacao en remojo

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2021.

A continuación, se pasteuriza el material, este procedimiento consiste en sumergir el sustrato en agua a temperatura de 80-90 °C durante 1 hora, luego se escurre el material y en ocasiones es necesario someterlo a un secado a temperatura ambiente hasta alcanzar un contenido de 50-70% (Figura 10-2).



Figura 10-2. Subproductos agroindustriales pasteurizados y secados a temperatura ambiente

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2021.

2.4.2.5. Siembra en los sustratos

Para la siembra del hongo en los sustratos se necesita de una superficie limpia y desinfectada, con el objetivo de realizar una homogenización del sustrato con la semilla del hongo en una proporción del 10% en relación al peso del sustrato en estado húmedo como se observa en la Figura 11-2.



Figura 11-2. Mezcla de los sustratos con el inóculo del hongo *P. ostreatus*

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2021.

Los sustratos se colocan en fundas plásticas transparentes y se pesan, luego las fundas se amarran y se etiquetan (Figura 12-2).



Figura 12-2. Tratamientos ubicados en las fundas plásticas

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2021.

2.4.2.6. Incubación de los sustratos

Las fundas plásticas se acomodan en estanterías desinfectadas y limpias las cuales deben ser acopladas con el fin de mantener condiciones de oscuridad para su incubación (Figura 13-2), la temperatura se mantiene en un rango de 20-28 °C y la humedad de 40-60%, esto con ayuda de un calefactor, estos parámetros deben ser medidos constantemente con un multiparámetro ambiental. Transcurridas las primeras 48 horas se realizan perforaciones en las fundas con un bisturí estéril para eliminar la humedad en exceso y permitir la respiración del hongo.



Figura 13-2. Incubación del hongo

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2021.

Transcurrido un periodo de 15-20 días, se observa que el micelio del hongo coloniza todo el sustrato y se someten a la luz las unidades experimentales para obtener el desarrollo de los

primordios (Figura 14-2), manteniendo las condiciones ambientales del inicio y rociando agua diariamente para humedecer el sustrato.



Figura 14-2. Desarrollo de los primordios

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2021.

2.4.2.7. Fructificación y cosecha del hongo *Pleurotus ostreatus*

En un tiempo promedio de 8 días los primordios comienzan a fructificar (Figura 15-2), y se procede a su cosecha, para ello el sombrero del hongo debe adquirir una forma plana, para este procedimiento se utiliza un bisturí estéril y se realiza un corte en la base del pie sin dañar al sustrato, después se pesa la biomasa fúngica para realizar los cálculos respectivos.



Figura 15-2. Cuerpos fructíferos del hongo *P. ostreatus*

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2021.

Las unidades experimentales se conservan en las mismas condiciones con la finalidad de obtener más cosechas (Figura 16-2).



Figura 16-2. Obtención de la segunda cosecha

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2021.

2.4.2.8. *Parámetros de evaluación de la productividad del hongo*

- *Producción*

La producción se determina con la suma del peso (g) de la biomasa fúngica obtenida por cada tratamiento del hongo *P. ostreatus* durante el proceso de crecimiento y desarrollo del hongo.

- *Rendimiento*

El rendimiento se calcula haciendo una relación en porcentaje del peso fresco del hongo y del peso húmedo del sustrato (Ecuación 4-2):

$$\% R = \frac{\text{Peso fresco del hongo (g)}}{\text{Peso del sustrato húmedo (g)}} \times 100$$

(Ec. 4-2)

- *Eficiencia biológica*

La eficiencia biológica se determina haciendo una relación en porcentaje del peso fresco del hongo y el peso seco del sustrato, después de dejarlo secar (Ecuación 5-2):

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

(Ec. 5-2)

2.4.3. Conservación del hongo *Pleurotus ostreatus*

Una vez que se determine el mejor tratamiento, los hongos *P. ostreatus* son sometidos a los siguientes métodos de conservación:

2.4.3.1. Deshidratado del hongo por flujo de aire caliente

Una vez que se cosechen los hongos *P. ostreatus* son lavados con agua destilada para retirar cualquier partícula ajena y son escurridos, luego con un bisturí estéril se corta el hongo en pedazos más pequeños para facilitar su deshidratación (Figura 17-2).



Figura 17-2. Hongo *P. ostreatus* cortado

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2021.

Los hongos se deben deshidratar durante 5 horas en el secador de bandejas a una temperatura de 50 °C (Figura 18-2), luego se trituran para su posterior análisis.



Figura 18-2. Deshidratación del hongo *P. ostreatus*

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2021.

2.4.3.2. Deshidratación del hongo al ambiente en el mismo sustrato

Para este método de conservación se dejan los cuerpos fructíferos del hongo en el mismo sustrato por un periodo de 10-15 días para que a través de un proceso de deshidratación natural al ambiente se obtenga el hongo en estado seco (Figura 19-2).



Figura 19-2. Hongo *P. ostreatus* deshidratado en el mismo sustrato

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2022

2.4.4. Caracterización del hongo *Pleurotus ostreatus*

El análisis bromatológico del hongo fresco y deshidratado se realiza en base seca, a excepción del parámetro de humedad, ceniza y materia orgánica que se realiza en base húmeda (tabla 5-2).

Tabla 5-2: Parámetros analizados en el hongo fresco, deshidratado y seco en el sustrato

Parámetro	Unidad	Método / Equipo de análisis
Humedad	%	Gravimetría
Materia orgánica	%	Volumétrico
Carbono orgánico	%	Volumétrico
Proteína	%	Método de Macrokjeldhal
Grasa	%	Método Soxhlet
Fibra	%	Equipo ANKOM 200 Fiber Analyzer
Vitamina C	mg/kg	Equipo HPCL
Minerales:		
Sodio	mg/kg	Soil test methods / Soiltest
Potasio	mg/kg	Soil test methods / Soiltest
Fósforo	mg/kg	Digestión ácida / Espectrofotómetro UV
Hierro	mg/kg	Digestión ácida / Espectrofotometría de absorción atómica (llama)
Magnesio	mg/kg	Soil test methods / Soiltest
Ca	mg/kg	Soil test methods / Soiltest
Manganeso	mg/kg	Soil test methods / Soiltest
Metales:		
Plomo	mg/kg	Digestión ácida / Espectrofotometría de absorción atómica (llama)
Cadmio	mg/kg	Digestión ácida / Espectrofotometría de absorción atómica (llama)

Fuente: (Laboratorios de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, 2022).

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2022.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados

Para el desarrollo de la presente investigación se estableció el siguiente orden, con la finalidad de llevar una secuencia lógica y estructurada en el análisis e interpretación de resultados:

3.1.1. Caracterización fisicoquímica de los sustratos iniciales y finales

En la tabla 1-3 se detalla el análisis fisicoquímico de los subproductos agroindustriales antes de formar las unidades experimentales.

Tabla 1-3: Análisis fisicoquímico de los subproductos agroindustriales: mazorca de cacao, rastrojo de quinoa y bagazo de malta

Tipo de sustrato	Materia Orgánica (%)	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Lignina (%)	Proteína (%)
Mazorca de cacao	14,61	26,38	8,72	45,23	1,14
Rastrojo de quinoa	45,9	69,26	13,23	53,46	6,16
Bagazo de malta	97,2	21,73	19,27	19,40	15,2

Fuente: (Njoku et al., 2011, p.14); (Huaman y Hurtado, 2015, p.101); (García, et al., 2021, p.1369); (Cáceres, 2017, p.37); (Rodríguez, 2012 p.16) y (Camacho y Grande, 2021, p.16).

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2022.

Los resultados del análisis fisicoquímico de los sustratos al inicio de la fermentación en estado sólido (FES) y al final, se detalla a continuación en la tabla 2-3:

Tabla 2-3: Análisis fisicoquímico de los sustratos iniciales (tratamientos) y del sustrato remanente (SR)

Parámetro	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	SR (T3)
Humedad (%) *	77,75	75,79	75,86	76,64,	4,62
Materia orgánica (%) *	93,10	95,56	95,11	95,07	95,84
Carbono orgánico (%) *	67,03	68,81	68,48	68,45	76,20
Celulosa (%)	25,85	28,18	26,01	31,43	5,81
Hemicelulosa (%)	8,56	14,21	10,26	10,57	0,84
Lignina (%)	28,68	31,08	29,80	30,87	7,03
Proteína (%)	2,45	4,03	4,20	3,50	18,82
Grasa (%)	1,17	2,66	2,33	1,86	0,19
Fibra (%)	41,70	30,20	31,70	32,00	27,30
Na (ppm)	69,06	96,54	89,13	92,98	164,92

K (ppm)	2450,07	2850,16	2400,21	2856,06	2500,72
P (ppm)	28,80	26,24	35,19	22,41	21,13
Fe (ppm)	14,33	51,85	19,72	45,90	51,84
Mg (ppm)	563,06	431,32	659,65	545,09	252,08
Ca (ppm)	195,21	213,06	259,03	315,11	745,78
Mn (ppm)	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Pb (ppm)	1,32	1,83	1,74	1,58	1,23
Cd (ppm)	0,33	0,25	0,21	0,26	0,19

Los ensayos marcados con * se realizaron en base húmeda

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2022.

En la tabla 2-3, se constata que el tratamiento T1, los valores reportados para Celulosa 25,85%, Lignina 28,68% y Hemicelulosa 8,56%, se encuentran cercanos a los reportados por Nioku et al. (2011, p.14); y Huaman y Hurtado (2015, p.101) que en sus investigaciones tituladas “Caracterización sensorial de salsa a base de *Pleurotus ostreatus*, cultivados en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao L.*)” y “Cáscara de mazorca de cacao como biosorbente de bajo costo para la remoción de Pb (II) y Cu (II) de soluciones acuosas” respectivamente.

En los tratamientos T2, T3 y T4 que consisten en una combinación a diferentes porcentajes de los residuos de mazorca de cacao, rastrojo de quinoa y bagazo de malta, se obtienen valores referentes a Celulosa, Hemicelulosa y Lignina comparables con los obtenidos por Huaman y Hurtado (2015, p.101); Cáceres (2017, p.37); y Camacho y Grande (2021, p.16) quienes en sus investigaciones tituladas “Caracterización sensorial de salsa a base de *Pleurotus ostreatus*, cultivados en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao L.*)”, “Cultivo de champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*) sobre residuos de quinua y cebada, y efecto del almacenamiento a bajas temperaturas con solución conservante.” y “Bagazo de malta (BSG): Biorresiduo con potencial aplicación a nivel funcional, material y energético” respectivamente, reportaron valores de Celulosa 26,38%, Lignina 19,40% y Hemicelulosa 13,23%, por lo que se puede establecer que los tratamientos constituyen un sustrato adecuado para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*.

Relacionado al sustrato remanente (SR) se observa como era de esperarse una disminución en los valores de Celulosa, Lignina, Hemicelulosa, por cuanto el hongo aprovecha estas biomoléculas para su metabolismo y crecimiento consideración reportada por la investigación de Bermúdez, et al. (2021, p.10) con el título “Elaboración de abono bocashi con la paja obtenida del cultivo de *Pleurotus spp*”.

El contenido de Proteína en el sustrato remanente se incrementa debido a que el micelio del hongo queda como componente del mismo, dándole un valor agregado nutritivamente, se ve un aumento considerable, ya que el micelio del hongo se extiende por todo el residuo metabolizando y al tener una mezcla final del residuo y micelio nos da un muy buen resultado, comparables con la investigación de Miranda (2013, p.63) llamada “Evaluación del sustrato Post - Producción de

hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* en la alimentación de cuyes” se puede llegar a utilizar como parte de la dieta diaria de cuyes, como un adicional al balanceado para potencializar el crecimiento y engorde. También según la Norma Mexicana (2018, p.36) NMX-AA-180-SCFI-2018, se encuentra dentro de la mayoría de los rangos estipulados y evaluados para que se pueda considerar como un compost, aunque tiene que pasar por una serie de procesos físicos para que se convierta en un compost de clase I al III.

3.1.2. Desarrollo micelial del hongo *Pleurotus ostreatus* en los granos de trigo

De los datos del desarrollo micelial se establece que el tiempo requerido para colonizar todo el medio de cultivo Agar Sabouraud Dextrosa en la presente investigación es de 10 días en promedio, valor que concuerda con los resultados mencionados por Gaitan-Hernández et al., (2006, p.11) en el cual manifiesta que el micelio del hongo se propaga en toda la superficie de la caja Petri en un periodo de 10 a 15 días a una temperatura de 25-28 °C.



Figura 1-3. Colonización de la cepa del hongo *P. ostreatus* en el Agar Sabouraud Dextrosa

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2021.

El desarrollo micelial del hongo en los granos de trigo requirió de un promedio de 12 días, periodo de tiempo que se encuentra muy cercano al reportado por Suárez y Holguín, (2011, p.138) el cual obtuvo este proceso en un periodo de 15 días.

3.1.3. Producción del hongo *Pleurotus ostreatus*

En la tabla 3-3 se detallan los valores promedios del peso de los cuerpos fructíferos obtenidos en los 4 tratamientos con el desarrollo de 2 cosechas

Tabla 3-3: Producción del hongo *P. ostreatus* en los distintos tratamientos

Tratamiento Réplica	R1 (g)	R2 (g)	R3 (g)	Promedio (g)
T1	260	271	282	271
T2	207	212	219	212,67
T3	360	374	394	376
T4	336	328	341	335

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2022.

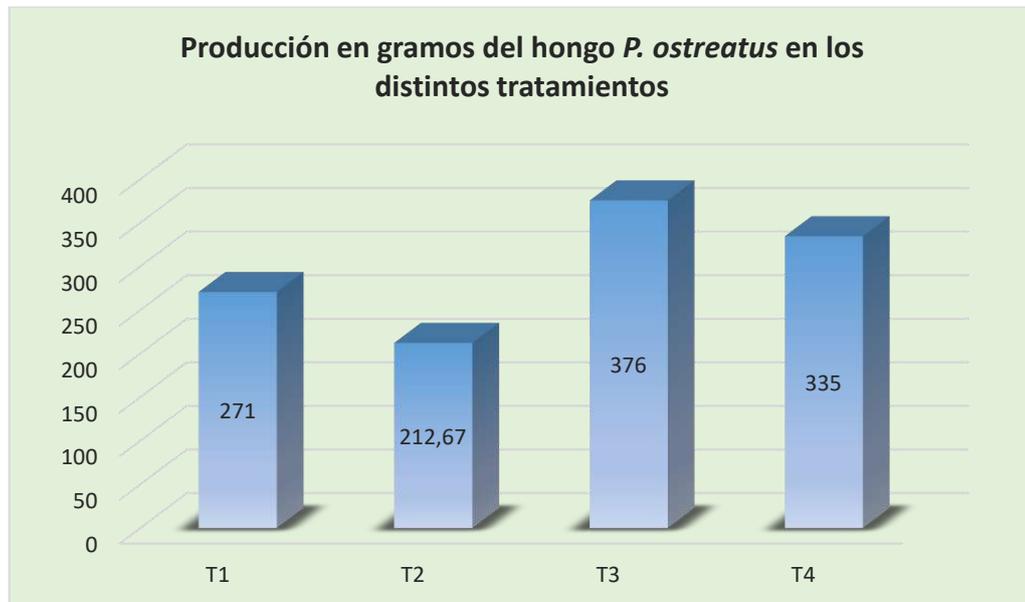


Gráfico 1-3. Comparación de los pesos promedios obtenidos en la producción del hongo *P. ostreatus*

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2022.

Del gráfico 1-3 se puede evidenciar que el tratamiento con mayor producción es el T3 con una media de 376 g, seguido del T4 en el cual se produjo 335 g, mientras que el T1 alcanzó un promedio de 271 g, por último, el T2 con una producción de 212,67 g es el tratamiento menos productivo.

Estos valores están relacionados con los expuestos por Cueva (2018, p.40) quien en su trabajo de investigación reportó un promedio de 262,63 g utilizando como sustrato mazorca de cacao, al igual que el tratamiento T1; a su vez, en el mismo estudio empleó como sustrato un tratamiento mixto en partes iguales de mazorca de cacao, hoja de plátano y tuza de maíz, obteniendo como resultado una producción de 223,53 g, peso muy semejante al obtenido en el tratamiento T2 en esta investigación, el cual también se conforma de un mixto en partes iguales de mazorca de cacao, rastrojo de quinua y bagazo de malta de cebada.

Por otro lado, Garzón y Cuervo (2008, p.132) utilizando como sustrato residuo de café reportaron una producción de 377,1 g, valor igual al obtenido en el tratamiento T3, quien en su composición tiene mazorca de cacao el cual es el subproducto con mayor porcentaje.

El valor del tratamiento T4 que es de 335 g obtenido en la presente investigación, se lo puede relacionar con el reportado por Rodríguez (2019, pp.40-41), quien en su estudio de producción de hongo *P. ostreatus* utilizó como sustrato un mixto 50:50 de tallos y hojas de quinua, reportando como resultado el valor de 306,16 g de biomasa fúngica.

3.1.4. Rendimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*

En la tabla 4-3 se detallan los porcentajes del rendimiento en cada tratamiento. El peso utilizado en cada unidad experimental es de 1000 g para todos los sustratos en estado húmedo.

Tabla 4-3: Rendimiento del hongo *P. ostreatus* en los distintos tratamientos

Tratamiento Réplica	R1 (%)	R2 (%)	R3 (%)	Promedio (%)
T1	26	27,1	28,2	27,10
T2	20,7	21,2	21,9	21,27
T3	36	37,4	39,4	37,60
T4	33,6	32,8	34,1	33,50

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2022.

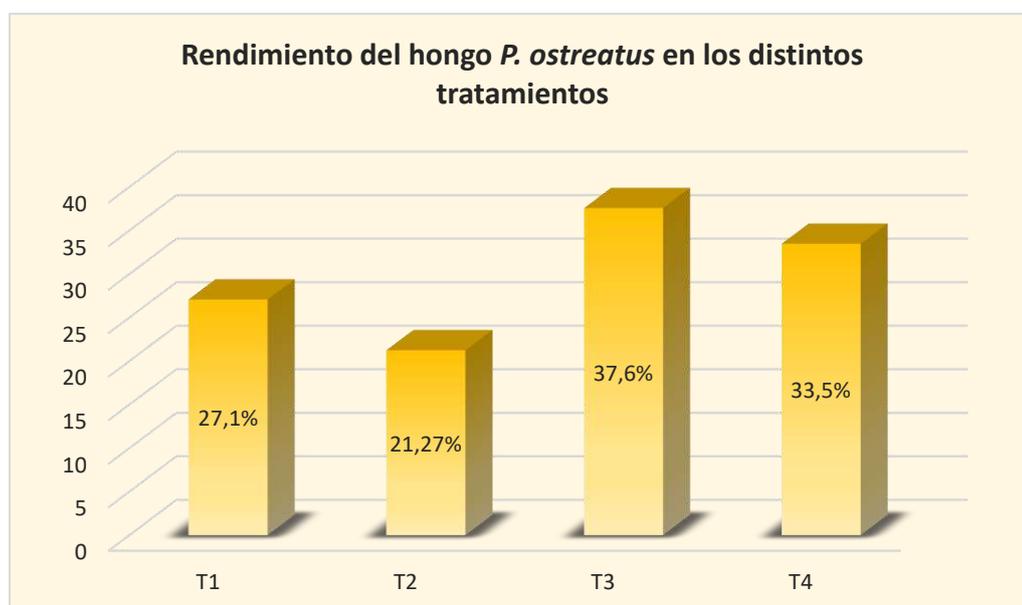


Gráfico 2-3. Comparación del rendimiento del hongo *P. ostreatus* en los distintos tratamientos

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2022.

La media de los rendimientos obtenidos en los 4 tratamientos de la producción del hongo *P. ostreatus* en las 2 cosechas demuestran que el tratamiento con mayor rendimiento tiene un promedio de 37,6% y es el T3, por tanto, se constituye como el sustrato con mayor rendimiento, seguido del T4 en el cual se obtuvo un rendimiento de 33,5%, mientras que el T1 alcanzó un promedio de 27,10%, por último, el T2 con un porcentaje de 21,27%, el cual es el tratamiento con el menor rendimiento (Gráfico 2-3).

Los valores del rendimiento del hongo *P. ostreatus* de esta investigación son semejantes a los reportados en otros estudios en los cuales se usaron los mismos subproductos de manera individual o como mezcla, tal es el caso de García, et al. (2011, p.278), quienes emplearon como uno de sus sustratos únicamente cáscara de cacao y alcanzaron un rendimiento del 23%, dato que se encuentra ligeramente por debajo al obtenido en el T1 en este estudio en el que se utiliza el mismo tipo de subproducto. En cambio Cueva, (2018, p.43) en uno de sus sustratos utilizó en partes iguales mazorca de cacao, hoja de plátano y tuza de maíz, y reportó un rendimiento del 20,32%, dato bastante similar al T2 de este estudio.

Por su parte, el T3 que se compone mayormente de mazorca de cacao tuvo el rendimiento más alto, el cual puede ser comparado con el estudio de Ramos et al., (2002, p.56) quienes utilizan 100% cáscara de cacao proveniente de Ecuador, logrando conseguir un rendimiento de 43,5%, el cual es levemente mayor al T3. Asimismo, Rodríguez (2019, p.50) utilizó una mezcla 50:50 de tallos-hojas de quinua y reportó un promedio de 30,62% muy parecida a la obtenida en el tratamiento T4 en el cual su mayor composición fue de rastrojo de quinua en un 50%.

Es importante tener en cuenta que las condiciones ambientales y del sustrato en las que se desarrolla el hongo *P. ostreatus* puede influir en el rendimiento, es por ellos que se trabajó en condiciones similares para todos los tratamientos, sin distinción alguna.

3.1.5. Eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus*

En la tabla 5-3 se detallan los promedios de la eficiencia biológica de cada tratamiento.

Tabla 5-3: Eficiencia biológica del hongo *P. ostreatus* en los distintos tratamientos

Tratamiento / Réplica	Promedio de la biomasa fúngica (g)	Promedio seco del sustrato (g)	Promedio de la eficiencia biológica (%)
T1	271	247,33	109,57
T2	212,67	273,67	77,71
T3	376	231,33	162,53
T4	335	248,67	134,71

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2022.

Es posible evidenciar en la tabla 5-3 que todos los tratamientos redujeron en un 70% su peso inicial, el cual fue de 1000 g, es decir, que el hongo *P. ostreatus* ha metabolizado los sustratos gracias a su sistema multienzimático y además los ha enriquecido con nutrientes favorables para múltiples usos.

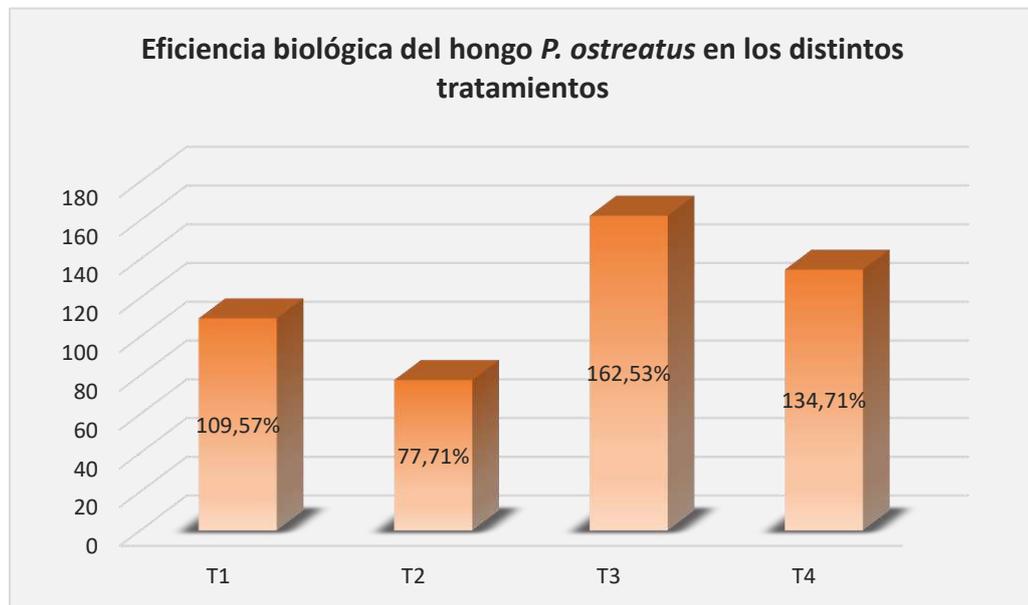


Gráfico 3-3. Comparación de la eficiencia biológica del hongo *P. ostreatus* en los distintos tratamientos

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2022.

La eficiencia biológica obtenidas en los 4 tratamientos en la producción del hongo comestible *P. ostreatus* en la presente investigación son de 109,57%, 77,71%, 162,53% y 134,71% respectivamente al T1, T2, T3 y T4 (Gráfico 3-3).

Los valores de T1 son comparables a los reportados por Cueva (2018, p.41) quien utilizó mazorca de cacao para el cultivo del hongo *P. ostreatus* y como resultado obtuvo una eficiencia biológica del 90,23%, el dato de T2 también es comparable con la misma investigación pero utilizando una mezcla de sustrato en partes iguales de mazorca de cacao, hoja de plátano y tuza de maíz, obteniendo así una eficiencia biológica de 63,33%, dichos valores se encuentran por debajo a los reportados en esta investigación en el T1 y T2.

Por su parte, García, et al. (2011, p.278), obtuvo una eficiencia del 168% utilizando como sustrato pulpa de café, valor parecido al alcanzado en el T3 el cual se compone de 50% mazorca de cacao, 25% rastrojo de quinua y 25% bagazo de malta. Sin embargo, en la investigación hecha por Rodríguez (2019, p.45) al utilizar 50:50 tallo y hojas de quinua logró conseguir una eficiencia biológica del 88,49%, siendo mucho más baja que la del T4 el cual se compone mayoritariamente por quinua (50%).

3.1.6. Etapas de la producción del hongo *P. ostreatus*

En la tabla 6-3 se detallan los tiempos requeridos para la producción del hongo desde la siembra hasta sus cosechas, los periodos de tiempo varían según el sustrato utilizado.

Tabla 6-3: Duración de las etapas para la producción del hongo *P. ostreatus* en los distintos tratamientos (sustratos)

Etapas	Tiempo (Días)											
	T1			T2			T3			T4		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Colonización del hongo en el sustrato	10	10	10	8	9	9	10	9	9	8	8	8
Aparición de los primordios	9	10	9	10	10	9	9	8	8	9	10	10
Primera cosecha del hongo	8	8	8	10	10	10	7	7	7	8	8	9
Segunda cosecha del hongo	13	13	13	14	13	14	10	11	10	12	11	11
Tiempo total para la cosecha del hongo	40	41	40	42	42	42	36	35	34	37	37	38
Promedio del tiempo total para la producción del hongo <i>P. ostreatus</i>	40			42			35			37		

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2022.

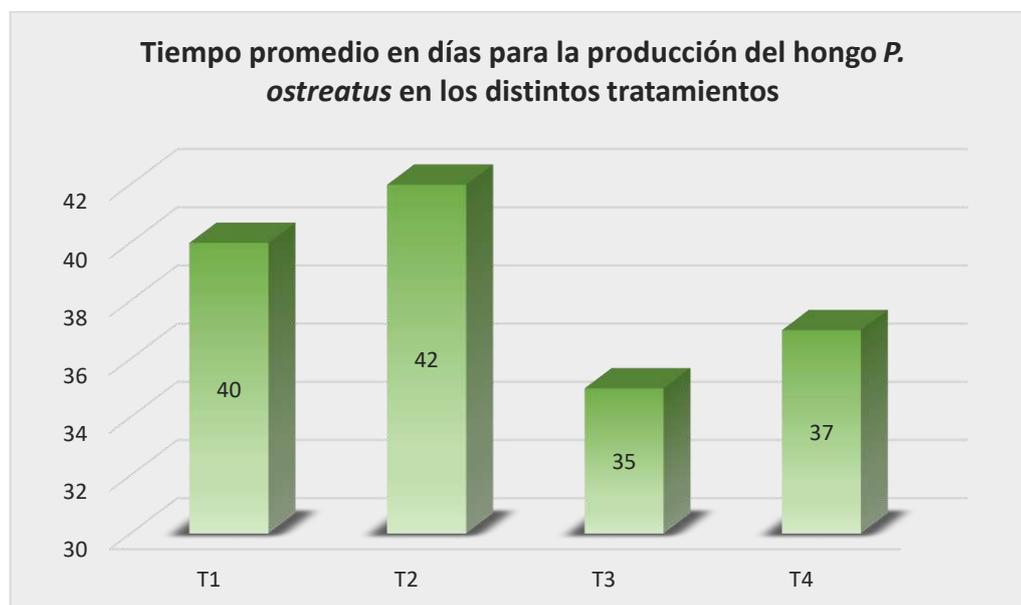


Gráfico 4-3. Comparación de los promedios del tiempo empleado en los distintos tratamientos para la producción del hongo *P. ostreatus*

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2022.

En promedio se obtuvo una producción del hongo *P. ostreatus* en un periodo de 35-42 días, en los 4 tratamientos, el tratamiento que emplea menor tiempo con una media de 35 días es el T3, seguido del T4 el cual necesitó una media de 37 días, mientras que el T1 empleó un tiempo

promedio de 40 días, por último, el T2 demoró 42 días promedio, siendo el tratamiento más demoroso (Gráfico 4-3).

Los valores del tiempo promedio para la producción del hongo *P. ostreatus* en las diferentes etapas y en los distintos tratamientos son comparables con los mencionados en varias investigaciones como las Hurtado et al. (2016, p.67) quien necesitó de 40 ± 5 días para las cosechas del hongo en mazorcas de cacao; por otra parte Rodríguez (2019, p.38) empleó 37 días hasta obtener la segunda cosecha del hongo en los residuos del cultivo de *Chenopodium quinoa*. Sin embargo la investigación hecha por Morquecho (2020, pp. 70-73), tomó 48 días para la aparición de primordios del sustrato compuesto por bagazo de malta, pero estos no alcanzaron la madurez y no se obtuvieron cosechas.

3.1.7. Análisis estadístico de los parámetros de evaluación de la productividad del hongo *Pleurotus ostreatus*

3.1.7.1. Análisis estadístico de la producción del hongo *P. ostreatus* en los distintos tratamientos

A continuación, en la tabla 7-3 se detalla los valores de la desviación estándar y coeficientes de variación relacionados a la producción del hongo *P. ostreatus*.

Tabla 7-3: Análisis estadístico de la producción del hongo *P. ostreatus* en los distintos tratamientos

Tratamiento Réplica	Media (g)	Desviación estándar	Coefficientes de variación
T1	271	11	0,04
T2	212,67	6,03	0,03
T3	376	17,09	0,05
T4	335	6,56	0,02

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2022.

De la tabla 7-3 es posible evidenciar que las desviaciones estándar del peso de la biomasa fúngica según las réplicas de los diferentes tratamientos son grandes, es decir que los datos están dispersos con relación a la media, sin embargo, los coeficientes de variación demuestran que la variabilidad de los datos es insignificante para todos los tratamientos, por lo tanto, los datos obtenidos se consideran como homogéneos dando como resultado una media representativa.

3.1.7.2. Análisis estadístico del rendimiento del hongo *P. ostreatus* en los distintos tratamientos

En la tabla 8-3 se detalla los valores de la desviación estándar y coeficientes de variación relacionados con el rendimiento del hongo *P. ostreatus*.

Tabla 8-3: Análisis estadístico del rendimiento del hongo *P. ostreatus* en los distintos tratamientos

Tratamiento Réplica	Media (%)	Desviación estándar	Coefficientes de variación
T1	27,10	1,10	0,04
T2	21,27	0,60	0,03
T3	37,60	1,71	0,05
T4	33,50	0,66	0,02

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2022.

Es posible observar en la tabla 8-3 que las desviaciones estándar de los porcentajes del rendimiento del hongo *P. ostreatus* según las réplicas de los distintos tratamientos son pequeñas, por tanto, se deduce que los datos están cercanos con relación a la media, por su parte, los coeficientes de variación demuestran que la variabilidad de los datos es poco significativa para los tratamientos, por lo cual los datos obtenidos se consideran como homogéneos dando como resultado una media representativa.

3.1.7.3. Análisis estadístico de la eficiencia biológica del hongo *P. ostreatus* en los distintos tratamientos

En la tabla 9-3 se detalla los valores de la desviación estándar y coeficientes de variación relacionados con la eficiencia biológica del hongo *P. ostreatus*.

Tabla 9-3: Análisis estadístico de la eficiencia biológica del hongo *P. ostreatus* en los distintos tratamientos

Tratamiento Réplica	Media (%)	Desviación estándar	Coefficientes de variación
T1	105,33	7,37	0,07
T2	78,00	5,57	0,07
T3	163,00	14,11	0,09
T4	135,00	6,08	0,05

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2022.

De la tabla 9-3 se evidencia que las desviaciones estándar de los porcentajes de la eficiencia biológica del hongo *P. ostreatus* según las réplicas de los diferentes tratamientos son grandes, es decir que los datos se encuentran dispersos con relación a la media, sin embargo, los coeficientes de variación demuestran que la variabilidad de los datos es insignificante, por lo cual los datos obtenidos se consideran como homogéneos obteniendo como resultado una media representativa.

- *Análisis de varianza*

Para ver la veracidad de la hipótesis se seleccionó la variable más representativa del presente estudio, la cual es la eficiencia biológica. En la tabla 10-3 se evidencia el análisis estadístico.

Tabla 10-3: ANOVA de la eficiencia biológica del hongo *P. ostreatus* en los distintos tratamientos

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	FC	FT	p-valor	α
Tratamiento	3	12158,00	4052,667	50,45	7,59	$1,53 \times 10^{-5}$	0,01
Error	8	642,67	80,333	FC \geq FT Se rechaza Ho p-valor \leq α Se rechaza Ho			
Total	11	12800,67					

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2022.

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$

Hi: $\mu_i \neq \mu_j \quad i \neq j$

Con un nivel de confianza del 1%, según la tabla 10-3, se determinó que existe suficiente evidencia para rechazar Ho ya que existen diferencias estadísticas altamente relevantes entre las eficiencias biológicas obtenidas en la producción del hongo *P. ostreatus*, por lo cual se confirma que los porcentajes de eficiencia biológica varían según el uso de diferentes sustratos, en consecuencia, se acepta la hipótesis alternativa, es decir que los subproductos agroindustriales lignocelulósicos (rastrojo de quinua, mazorca de cacao y bagazo de malta de cebada) constituyen un sustrato adecuado para el crecimiento y conservación del hongo *P. ostreatus*

- *Prueba de Tukey*

A continuación, en la Tabla 11-3 se observa la prueba de Tukey para la comparación de medias de las eficiencias biológicas del hongo *P. ostreatus* en distintos tratamientos.

Tabla 11-3: Prueba de Tukey para la comparación de medias de las eficiencias biológicas del hongo *P. ostreatus* en distintos tratamientos

Tratamiento	Diferencia de medias	Nivel más bajo (lwr)	Nivel más alto (upr)	p-ajustado
T2-T1	-27,333	-50,768677	-3,897989	0,0038473
T3-T1	57,667	34,231323	81,102011	0,0002241
T4-T1	29,667	6,231323	53,102011	0,0054962
T3-T2	85,000	61,564656	108,435344	0,0000129
T4-T2	57,000	33,564656	80,435344	0,0002434
T4-T3	-28,000	-51,435344	-4,564656	0,0010612
Regla de decisión	Si existe 0 entre los valores de lwr y upr no existe diferencia significativa entre los tratamientos Si p-ajustado \leq 0,01 existe diferencia significativa entre los tratamientos			

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2022.

En la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 1%, conforme la tabla 11-3, se evidencia que el T3 en comparación con el T2 tienen la diferencia más importante, siendo estos donde se evidenció el sustrato con mayor y menor eficiencia biológica respectivamente.

3.1.8. Análisis fisicoquímico de la biomasa fúngica

En la tabla 12-3 se encuentran los valores bromatológicos del hongo *P. ostreatus* fresco (HF), deshidratado por flujo de aire caliente (HD) y deshidratado al ambiente en el mismo sustrato (HDS).

Tabla 12-3: Análisis fisicoquímico del hongo *P. ostreatus* fresco (HF), deshidratado por flujo de aire caliente (HD) y deshidratado en el mismo sustrato (HDS)

Parámetro	HF	HD	HDS
Humedad (%) *	91,33	11,65	13,94
Materia orgánica (%) *	87,58	90,77	90,56
Carbono orgánico (%) *	63,05	65,35	65,13
Proteína (%)	16,30	15,31	22,75
Grasa (%)	0,98	0,19	0,27
Fibra (%)	16,02	16,74	16,51
Vitamina C (ppm)	106,17	76,31	97,30
Na (ppm)	326,83	389,75	122,66
K (ppm)	23808,68	36698,19	31643,97
P (ppm)	458,15	583,38	597,43
Fe (ppm)	4,11	2,89	6,61
Mg (ppm)	310,75	165,97	343,98
Ca (ppm)	850,05	750,78	1035,97

Mn (ppm)	N/D	N/D	N/D
Pb (ppm)	0,69	1,29	2,16
Cd (ppm)	0,22	0,22	0,20

Los ensayos marcados con * se realizaron en base húmeda

Realizado por: Espín, J.; Pilataxi, L., 2022.

Los resultados obtenidos del análisis bromatológico del hongo en estado fresco, especialmente el relacionado al parámetro de Proteína, que es de 16,30% se encuentra dentro de los valores reportados de Proteína 10-15% en la investigación de Sánchez y Mata (2012, p.56) titulada “Hongos Comestibles y Medicinales en Iberoamérica: Investigación y Desarrollo en un entorno multicultural”.

Los valores obtenidos en los hongos deshidratados en el mismo sustrato (HDS) referentes al parámetro de Proteína y Vitamina es mayor al obtenido en el hongo deshidratado utilizando temperatura directa (HD), esto sucede porque el hongo continuó con el proceso de metabolización hasta obtener el agotamiento del agua presente en el sustrato, procedimiento que no puede ser comparado debido a que no existen resultados de investigaciones realizadas utilizando esta metodología.

3.1.9. Análisis de los métodos de conservación

Para los dos métodos de conservación empleados para el hongo que son: deshidratación por flujo de aire caliente (HD) y deshidratación al ambiente en el mismo sustrato (HDS), se generó una comparación de los análisis fisicoquímicos, del tiempo, espacio y manejo de estos. En el tiempo de deshidratación para el hongo HD se necesitó de 5 horas por lo que en cuestión de volumen se puede deshidratar y almacenar de mejor manera, en comparación del HDS, ya que este necesita mínimo de 15 días para poder secarse, además, se necesita un espacio libre de insectos, para que no puedan interrumpir y contaminar el medio, por otra parte, se requiere el doble de espacio para almacenar y un lugar donde no se puedan llegar a maltratar los cuerpos fructíferos. Por lo que analizando los resultados obtenidos en el HD no tienen un gran nivel de separación de los resultados de los parámetros en comparación con los de HDS, por lo que, se determina que el mejor tratamiento en cuestión de composición nutricional es HDS y en tiempo de deshidratación y almacenamiento es el HD. El HDS por tener varios parámetros adicionales que cumplir para obtener una buena conservación del hongo, queda inferior a HD.

CONCLUSIONES

- La caracterización bromatológica de los residuos utilizados como materia prima para el cultivo del *P. ostreatus* evidencia que los mismos contienen las concentraciones de las biomoléculas como celulosa, lignina y hemicelulosa adecuadas para obtener resultados satisfactorios en este proceso.
- De los resultados obtenidos se concluye que el mejor tratamiento constituye el T3 para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* cuya relación es de 50% mazorca de cacao, 25% rastrojo de quinua y 25% bagazo de malta de cebada, en vista de que presenta una producción de biomasa fúngica de 376 g, el mayor rendimiento y eficiencia biológica correspondiente al 37,60% y 162,53%, respectivamente, valores que se consideran aptos para que constituya un buen sustrato, además, requirió 35 días para la producción del hongo.
- De la determinación de la composición bromatología del hongo *Pleurotus ostreatus* se establece que este producto constituye un alimento con alto valor proteico con una concentración de 22,75% de proteína que es comparable, a los alimentos de carne, huevos y leche.
- De los procesos de deshidratación del hongo fresco se concluye que el proceso utilizado para deshidratar en el mismo sustrato constituye el mejor método, ya que se conserva las características iniciales, además se incrementa el valor de la proteína, lo que constituye en la generación de un alimento con mayor valor proteico. Con respecto al tiempo es importante mencionar que el secado utilizando la temperatura es más adecuado ya que se requiere de cinco horas, tiempo bastante pequeño en comparación con los quince días que requiere el hongo deshidratado en el mismo sustrato.

RECOMENDACIONES

- Socializar los resultados obtenidos en la presente investigación a las organizaciones COPROBICH, UNOCACE y demás agroindustrias, para que opten por implementar este proceso como una alternativa de desarrollo de un sistema de economía circular.
- Usar el residuo remanente del cultivo del *Pleurotus ostreatus* en nuevos procesos con la finalidad de darle mayor valor agregado a este subproducto.
- Fomentar el consumo alimenticio del hongo *Pleurotus ostreatus*, socializando con instituciones dedicadas a la implementación de la seguridad alimentaria la importancia nutricional que tiene esta seta.
- Considerar la implementación del proceso de secado en el mismo sustrato ya que este aumenta el contenido de proteína en el hongo.

BIBLIOGRAFÍA

ARDÓN, C. La producción de los hongos comestibles [en línea] (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Humanidades. Guatemala-Guatemala. 2007. pp. 2-108. [Consulta: 2021-12-09]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/07/07_1932.pdf.

ARROYO, F. “La Economía Circular Como Factor De Desarrollo Sustentable Del Sector Productivo”. INNOVA Research Journal [en línea], 2018, (Ecuador) 3(12), pp. 78-98. [Consulta: 21 marzo 2022]. ISSN 2477-9024. Disponible en: <https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/786#:~:text=La Economía Circular es un,destinados a la contaminación ambiental>

BAQUERO, M., & LUCIO, A. “La Agroindustria ecuatoriana: un sector importante que requiere de una ley que promueva su desarrollo”. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida [en línea], 2010, (Ecuador) 11(1), pp. 44-46. [Consulta: 8 junio 2021]. ISSN 1390-3799. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4760/476047395007.pdf>.

BARAZARTE, H., et al. “La cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*): una posible fuente comercial de pectinas”. Archivos Latinoamericanos de Nutrición [en línea], 2008, (Venezuela) 58(1), 64-70. [Consulta: 1 abril 2022]. ISSN 0004-0622. Disponible en: <https://www.alanrevista.org/ediciones/2008/1/art-9/>.

BARBA J., & LÓPEZ, J. *Guía práctica para el cultivo de setas* [en línea]. Iztapalapa-México: Unidad Autónoma Metropolitana / Unidad Iztapalapa, 2017. [Consulta: 02 febrero 2022]. Disponible en: <http://publicacionescbs.izt.uam.mx/DOCS/csetas.pdf>

BÉGUIN, P., & AUBERT, J. “The biological degradation of cellulose”. FEMS microbiology reviews [en línea], 1994, (Francia) 13(1), pp. 25-58. [Consulta: 22 febrero 2022]. ISSN 0168-6445. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8117466/>.

BERMÚDEZ, R., et al. “Evaluación del sustrato remanente de setas *Pleurotus sp.* en la producción de posturas de *Carica papaya* Lin”. Tecnología Química [en línea], 2021, (Cuba) 21(2), pp.1-14. [Consulta: 22 enero 2022]. ISSN 2224-6185. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v41n2/2224-6185-rtq-41-02-426.pdf>

BNDES. *Bioetanol de caña de azúcar: energía para el desarrollo sostenible* [en línea]. Río de Janeiro-Brazil: Abreu's System, 2008. [Consulta: 22 febrero 2022]. Disponible en: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/8bioetanol_esp_6410.pdf/18c86668-5fce-4cf8-8246-cd129dce3ad8?version=1.1.

CABRERA, E., et al. "Caracterización de residuos agroindustriales con vistas a su aprovechamiento". *Revista Centro Azúcar* [en línea], 2016, (Cuba) 43(4), pp. 27-35. [Consulta: 08 septiembre 2021]. ISSN 2223-4861. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612016000400003.

CÁCERES, C. 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) (Pregrado). Universidad Nacional Del Altiplano, Facultad De Ciencias Agrarias, Escuela Profesional De Ingeniería Agroindustrial. Puno-Perú. 2017. pp. 1-84. [Consulta: 03 marzo 2022]. . Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/10587>

CAMACHO, I., & GRANDE, D. "Bagazo de malta (BSG): Biorresiduo con potencial aplicación a nivel funcional, material y energético". *Prospectiva* [en línea], 2021, (Colombia) 19(1), pp. 1-17 [Consulta: 22 diciembre 2021]. ISSN: 2216-1368. Disponible en: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/2441>

CANO, A., & ROMERO, L. "Valor económico, nutricional y medicinal de hongos comestibles silvestres". *Revista Chilena de Nutrición* [en línea], 2016, (México) 43(1), pp. 75-80. [Consulta: 08 septiembre 2021]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v43n1/art11.pdf>.

CARVAJAL, L., & INSUASTI, M. "Elaboración de cerveza artesanal utilizando cebada (*Hordeum vulgare*) y yuca (*Manihot Esculenta Crantz*)". Universidad Técnica del Norte [en línea], 2010, (Ecuador), 1-17. [Consulta: 5 abril 2022]. Disponible en: http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/642/2/03_AGI_256_ARTÍCULO_CIENTÍFICO.pdf.

CORTES, W. "Tratamientos aplicables a materiales lignocelulósicos para la obtención de etanol y productos químicos". *Revista de Tecnología* [en línea], 2015, (Colombia) 13(1), pp.39-44. [Consulta: 08 septiembre 2021]. ISSN 1692-1399. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6041572>.

CUEVA, C. Aprovechamiento de residuos de plátano, cacao y maíz como sustratos para la producción del hongo “*Pleurotus ostreatus*”, en la comunidad La Magdalena de Francisco de Orellana [en línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Orellana-Ecuador. 2018. pp. 1-50. [Consulta: 2021-09-24]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10172/1/236T0370.PDF>

CURY, K., et al. “Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento”. Revista Colombiana de Ciencia Animal [en línea], 2017, (Colombia) 9(S), pp. 122-132. [Consulta: 08 septiembre 2021]. ISSN 2027-4297. Disponible en: <https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/recia/article/view/530/pdf>

DE BERNARDI, L. *Perfil de la cebada* [en línea]. (Argentina), 2015. [Consulta: 04 abril 2022]. Disponible en: magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/informes/perfil-de-cebada-2019.pdf.

DE LA CRUZ, J., et al. *Cacao: Operaciones Poscosecha* [en línea]. México: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2010. [Consulta: 20 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/5826/582663825007.pdf>.

DE MICHELIS, A., & RAJCHENBERG, M. *Hongos Comestibles : Teoría y práctica para la recolección , elaboración y conservación* [en línea]. Bariloche-Argentina: INTA EEA Bariloche, 2006. [Consulta: 17 septiembre 2021]. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_hongos_comestibles.pdf

DUQUE, C. Valorización de los residuos de la industria cervecera para utilización como biosorbente [en línea] (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidade Federal de São Carlos. Soracaba-Brazil. pp. 11-12. [Consulta: 8 junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/9925/Dissertação.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

FAO. *La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial* [en línea]. Oficina Regional para América Latina y el Caribe, 2011. [Consulta: 4 abril 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/aq287s/aq287s.pdf>.

FERNÁNDEZ, M., et al. “Evaluación de la calidad nutritiva de un ensilado para la alimentación de ganado lechero a partir de los residuos provenientes del trillado de quinua (*Chenopodium Quinoa Willd*) y Sangorache (*Amaranthus Hybridus l.*)”. ROCA. Revista científica - educacional de la provincia Granma [en línea], 2017, (Ecuador) 13(4), pp.1-13. [Consulta: 8 febrero 2022]. ISSN: 2074-035. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6759727>

GAITAN HERNÁNDEZ, R., et al. *Manual práctico de cultivo de setas. Aislamiento, siembra y producción* [en línea]. Xapalapa-México: Instituto de Ecología, A.C., 2006. [Consulta: 17 septiembre 2021]. Disponible en: http://www1.inecol.edu.mx/cv/CV_pdf/libros/Manual_PleurotusGaitan.pdf

GARCÍA-ODUARDO, N., et al. “Formulaciones de sustratos en la producción de setas comestibles *Pleurotus*”. Tecnología Química [en línea], 2011, (Cuba) 31(3), pp.272-282. [Consulta: 8 enero 2022]. ISSN 2224-6185. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v31n3/rtq02311.pdf>

GARCÍA, Y., et al. *Degradación de la Lignocelulosa por Hongos Basidiomicetos de Pedredumbre Blanca. En: Biotecnología y Alimentos en Hidalgo: Transitando a la Bioeconomía* [en línea]. Ciudad de México-México: Amalgama Arte Editorial S.A. de C.V, 2016. [Consulta: 17 enero 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/327097549_Agricultura_Sustentable_Una_Alternativa_para_suelos_Cebaderos_en_Hidalgo.

GARCIA-ZANABRIA, R., et al. “Uso de paja de quinua como alimento suplementario de ganado de leche”. Polo del Conocimiento [en línea], 2021, (Ecuador) 6(3), pp. 1363-1375. [Consulta: 03 enero 2022]. ISSN 2550-682X. Disponible en: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/2441>

GARZÓN, J., & CUERVO, J. “Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia”. Ciencias Biomédicas [en línea], 2008, (Colombia) 6 (10), pp. 126-140. [Consulta: 08 junio 2021]. ISSN 1794-2470. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/316652826_Produccion_de_Pleurotus_ostreatus_sobre_residuos_solidos_lignocelulosicos_de_diferente_procedencia

GIARDINA, P., et al. “Estructura proteica y génica de una lacasa azul de *Pleurotus ostreatus*”. Biochemical Journal. [en línea], 1999, (Gran Bretaña) 341(3), pp. 1-9.[Consulta: 14 octubre 2021]. Disponible en: <https://portlandpress.com/biochemj/article-abstract/341/3/655/36497/Protein-and-gene-structure-of-a-blue-laccase-from>

GÓMEZ, A., & CHUNG P. *Guía para la producción de hongos silvestres deshidratados* [en línea]. Hualpén-Chile: Instituto Forestal, 2005. [Consulta: 16 enero 2022]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/4652>

GÓMEZ, L., & AGUILAR, E., *Guía de cultivo de la quinua* [en línea]. 2ª ed. Lima-Perú: FAO y Universidad Nacional Agraria La Molina, 2016. [Consulta: 8 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i5374s/i5374s.pdf>.

GONZÁLES, D. Alimentos funcionales obtenidos a partir de hongos nutraceuticos [en línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Tecnologica De Pereira, Facultad De Tecnologias Quimica Industrial. Pereira- Mexico. 2016. pp. 1-132 [Consulta: 27 octubre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/203773b5-bd5b-467c-b8af-e5fcf667ddd6/content>

GONZÁLEZ, L., et al. “Periodo de cosecha y método de conservación del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) p. Kumm”. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente [en línea], 2011, (Colombia) 1(10), pp. 117-125. [Consulta: 08 septiembre 2021]. ISSN 1692-9918. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231122666011%0ACómo>.

GUZMÁN, F., et al. “Valoración y uso de una nueva variedad de cebada para elaboración de cerveza artesanal”. Ingeniería agrícola y biosistemas [en línea], 2019, (México) 11(1), pp.81-95. [Consulta: 20 febrero 2022]. ISSN 2007-4026. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40262019000100081&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

HIGUCHI, T. “Lignin biochemistry: Biosynthesis and biodegradation”. Wood Science and Technology [en línea], 1990, (Japan) 24(1), pp. 23-63. [Consulta: 3 abril 2022]. ISSN 1432-5225. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/BF00225306>

HUAMÁN, M., & HURTADO DE MENDOZA, K. Caracterización sensorial de salsa a base de *Pleurotus ostreatus*, cultivados en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao L.*) [en línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Facultad de Química e Ingeniería Química, E.A.P. de Ingeniería Agroindustrial. Lima-Perú. 2015. pp. 1-175. [Consulta: 15 marzo 2022]. . Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2864982>

HUANG, T., & ALMEIDA, D. “Estudio comparativo de la compostabilidad de fundas plásticas de PEBD, oxo-biodegradables y de papel distribuidas en el Distrito Metropolitano de Quito”. Avances en Ciencias e Ingenierías [en línea], 2015, (Ecuador) 7(1), pp. 20-30. [Consulta: 3 abril 2022]. ISSN 1390-5384. Disponible en: <https://doi.org/10.18272/aci.v7i1.233>.

HURTADO, K., et al. “Evaluación del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao L.*)”. Revista Peruana de Química e Ingeniería Química [en línea], 2016, (Perú) 19(1), pp. 63-75. [Consulta: 15 febrero 2022]. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/12585/11273>.

JEANNETTE, I., & CHEGWIN, A. “Influencia del sustrato utilizado para el crecimiento de hongos comestibles sobre sus características nutraceuticas”. Revista Colombiana de Biotecnología [en línea], 2010, (Colombia) XII(1), pp. 169-178. [Consulta: 08 septiembre 2021]. ISSN 0123-3475. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77617786016%0ACómo>.

JOB, D. “La utilización de la borra del café como sustrato de base para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kummer”. Revista Iberoamericana de Micología [en línea], 2004, (Suiza) 21(1), pp. 195-197. [Consulta: 17 enero 2022]. Disponible en: <http://www.reviberoammicol.com/2004-21/195197.pdf>.

KOWSZYK, Y., & MAHER, R. *Estudios de caso sobre modelos de Economía Circular e integración de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en estrategias empresariales en la UE y ALC* [en línea]. Alemania: Fundación EU-LAC, 2018. [Consulta: 3 abril 2022]. Disponible en: https://eulacfoundation.org/es/system/files/economia_circular_ods.pdf.

LAGOS, C. *Cultivo del Champiñón Ostra en Chile* [en línea]. Concepción-Chile: Mycotec, Ltda. Editores, 2007. [Consulta: 02 enero 2022]. Disponible en: <http://www.micotec.cl/Libro%20Cultivo%20Hongo%20Ostra%20en%20Chile.pdf>

LELLEY, J. *Aspectos nutritivos de las setas Pleurotus spp. En: La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas Pleurotus spp.* [en línea]. Chiapas-México: ECOSUR, 2017. [Consulta: 17 enero 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/321686533_La_Biologia_el_cultivo_y_las_propiedades_nutricionales_y_medicinales_de_las_setas_Pleurotus_spp

LEMA, A., et al. “Producción de cebada (*Hordeum vulgare L.*) con urea normal y polimerizada en Pintag, Quito, Ecuador”. *Agronomía Mesoamericana* [en línea], 2017, (Ecuador) 28(1), pp. 97-115. [Consulta: 5 abril 2022]. ISSN 1659-1321. Disponible en: <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.22705>.

LEMA, E., et al. “Bioplásticos a partir de residuos del cacao , una alternativa para mitigar la contaminación por plástico”. *Revista de Ingeniería e Investigación.* [en línea], 2020, (Ecuador) 9(1), pp. 1-11. [Consulta: 08 junio 2021]. Disponible en: <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/rii/article/view/2407>

LEÓN, F., et al. “Estrategias para el cultivo, comercialización y exportación del cacao fino de aroma en Ecuador”. *Revista Ciencia Unemi* [en línea], 2016, (Ecuador) 9(18), pp. 45-55. [Consulta: 20 febrero 2022]. ISSN 2528-7737. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/5826/582663825007.pdf>.

LU, F., et al. “Valorization strategies for cocoa pod husk and its fractions”. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* [en línea], 2018, (UK), 14(1), pp. 1-18. [Consulta: 10 septiembre 2021]. ISSN 24522236. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.07.007>.

MARÇAL, S., et al. “Impact of postharvest preservation methods on nutritional value and bioactive properties of mushrooms”. *Trends in Food Science & Technology*, [en línea], 2021, (Portugal) 110(1), pp. 418-431. [Consulta: 14 septiembre 2021]. ISSN 0924-2244. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.007>

MARTÍN, C., & MANZANARES, P., *Biomasa Lignocelulósica. Polímeros Constitutivos. Procesos de degradación de la lignina* [en línea]. Madrid-España: Ciemat, 1994. [Consulta: 4 abril 2022]. Disponible en: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/38/094/38094291.pdf.

MARTINEZ, D., et al. “Los hongos comestibles, funcionales y medicinales: su contribución al desarrollo de las cadenas agroalimentarias y la seguridad alimentaria en México”. [en línea], 2009, (México), pp. 1-25 [Consulta: 27 septiembre 2021]. Disponible en: https://nanopdf.com/download/d-martinez-carrera-et-al-los-hongos-comestibles-funcionales-y_pdf.

MEJÍAS-BRIZUELA, N., 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, (México) 2(6), pp. 27-41. [Consulta: 1 abril 2022]. ISSN 2444-4936. Disponible en: https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num6/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N6_4.pdf.

MEYHUAY, M. *Quinoa Operaciones de Poscosecha* [en línea]. AGSI/FAO, 2013. [Consulta: 07 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/ar364s/ar364s.pdf>

MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y PESCA. *Bagazo de cerveza: un subproducto con múltiples aplicaciones* [en línea]. (Argentina). [Consulta: 07 septiembre 2021]. Disponible en: <https://docplayer.es/157854311-Bagazo-de-cerveza-un-subproducto-con-multiples-aplicaciones.html>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. 2017, *año clave para Ecuador en exportación de quinua* [página web]. Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2017. [Consulta: 4 abril 2022]. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/2017-ano-clave-para-ecuador-en-exportacion-de-quinua/>.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. *Boletín Situacional de la Quinoa* [en línea]. Ecuador: Sistema de Información Pública Agropecuaria, 2019. [Consulta: 1 abril 2022]. Disponible en: http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2019/boletin_situacional_quinoa_2019.pdf.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. *Boletín Situacional del Cultivo de Cacao* [en línea]. Ecuador: Sistema de Información Pública Agropecuaria, 2020. [Consulta: 1 abril 2022]. Disponible en: http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2020/boletin_situacional_cacao_2020.pdf.

MIRANDA, M. Evaluación Del Sustrato Post - Producción De Hongos Comestibles *Pleurotus Ostreatus* En La Alimentación De Cuyes [en línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad De Ciencias Pecuarias, Escuela De Ingeniería Zootécnica. Riobamba-Ecuador. 2013. pp. 1-99. [Consulta: 01 febrero 2022]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/2997>

MORQUECHO, M. Valorización del bagazo de malta para producción de biogás mediante digestión anaerobia y comparación con su digestato para cultivo de *Pleurotus ostreatus* [en línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ingeniería, Toluca-México. 2020. pp. 6-73. [Consulta: 2021-11-24]. Disponible en: https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/109983/TesisdefinitivaMarlem_publico.pdf?sequence=4&isAllowed=y.

MUJICA, A., & JACOBSEN, S. “La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) y sus parientes silvestres”. Botánica Económica de los Andes Centrales [en línea], 2006, (Perú), pp. 449-457. [Consulta: 4 abril 2022]. ISSN 2075-5023. Disponible en: https://beisa.au.dk/Publications/BEISA_Book_pdfer/Capitulo_27.pdf.

NJOKU, V., et al. “Cocoa pod husk as a low cost biosorbent for the removal of Pb(II) and Cu(II) from aqueous solutions”. Faisalabad- Pakistán: Australian Journal of Basic and Applied Sciences, [en línea], 2011, (Nigeria) 5(8), pp. 101-110. ISSN 1991-8178. [Consulta: 22 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113340412>

NMX-AA-180-SCFI-2018. *Que establece los métodos y procedimientos para el tratamiento aerobio de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como la información comercial y de sus parámetros de calidad de los productos finales.* [Consulta: 09 enero 2022]. Disponible en: <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD1/NMX-AA-180-SCFI-2018.pdf>

OCEGUERA, S., et al. “Deshidratación de un hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*) con y sin aatemperamiento”. Departamento de Graduados e Investigación en Alimentos [en línea], [sin fecha], (Colombia). [Consulta: 1 abril 2022]. Disponible en: https://smbb.mx/congresos/smbb/veracruz01/TRABAJOS/AREA_XIII/CXIII-13.pdf.

ORGANISMO INTERNACIONAL REGIONAL DE SANIDAD AGROPECUARIA.

Manual de buenas prácticas agrícolas de proceso y empaque de cacao (Theobroma cacao) [en línea]. San Salvador-El Salvador: OIRSA, 2016. [Consulta: 4 abril 2022]. Disponible en: [https://www.oirsa.org/contenido/biblioteca/Manual de buenas prácticas agrícolas de proceso y empaque de cacao \(Theobroma cacao\).pdf](https://www.oirsa.org/contenido/biblioteca/Manual de buenas prácticas agrícolas de proceso y empaque de cacao (Theobroma cacao).pdf).

PANDEY, A. “Recent process developments in solid-state fermentation”. *Process Biochemistry* [en línea], 1992, (India) 27(2), pp. 109-117. [Consulta: 7 marzo 2022]. ISSN 1359-5113. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0032-9592\(92\)80017-W](https://doi.org/10.1016/0032-9592(92)80017-W)

PEINADO-VARA, E. *Más allá del reciclaje: un modelo de economía circular para América Latina y el Caribe* [blog]. BID 1 LAB, 2017. [Consulta: 3 abril 2022]. Disponible en: <https://bidlab.org/es/node/284>.

PÉREZ, J. *La Cebada: Morfología y Taxonomía de la Cebada* [blog]. La cebada, 2010. [Consulta: 5 abril 2022]. Disponible en: <http://lacebada10.blogspot.com/2010/06/morfologia-y-taxonomia-de-la-cebada.html>.

PÉREZ, J., et al. “Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview”. *Int Microbiol* [en línea], 2002, (España) 5(1), pp. 53-63. [Consulta: 23 febrero 2022]. DOI 10.1007/s10123-002-0062-3. Disponible en: <http://hera.ugr.es/doi/15020952.pdf>.

PÉREZ, R. “Industria cervecera artesanal en Quito y la transformación de bagazo de la cerveza en harina”. *Revista Conectividad* [en línea], 2020, (Ecuador) 2(2), pp. 48-61. [Consulta: 23 febrero 2022]. ISSN 2806-5875. Disponible en: <https://doi.org/10.37431/conectividad.v2i2.21>.

QUEVEDO, T. *Agroindustria y concentración de la propiedad de la tierra : elementos para su definición y caracterización en el Ecuador* [en línea]. Quito-Ecuador: Instituto de Estudios Ecuatorianos, 2013. [Consulta: 2 abril 2022]. Disponible en: http://biblioteca.clacso.edu.ar/Ecuador/iee/20170627035808/pdf_471.pdf.

RAMOS, I., et al. “Fermentación sólida de la cáscara de cacao por *Pleurotus sp.*”. *Tecnología Química* [en línea], 2002, (Cuba-Ecuador) XXII(3), pp. 53-58. [Consulta: 14 junio 2021]. ISSN 2224-6185. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/46528095/Cacao>

RIERA, M., et al. “Residuos agroindustriales generados en Ecuador para la elaboración de bioplásticos”. *Ingeniería Industrial* [en línea], 2018, (Argentina) 17(3), pp. 227-246. [Consulta: 8 junio 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.22320/S07179103/2018.13>

RODRÍGUEZ, A. Evaluación de la eficiencia de crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en residuos del cultivo de chenopodium quinoa [en línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Riobamba-Ecuador. 2019. pp. 37-55. [Consulta: 2021-11-24]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14068/1/236T0481.pdf>

RODRÍGUEZ, C. Producción de biogás a partir del bagazo cervecero [en línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Escuela de Pregrado. Santiago-Chile. 2012. pp. 1-40. [Consulta: 10 enero 2022]. . Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/114955/Memoria%20de%20T%20c3%20adulo%20Carlos%20Rodr%20c3%20adguez%20final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RODRÍGUEZ, G., et al. “Cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kummer sobre orujo de pera: Evaluación de la productividad y composición química del sustrato biodegradado”. *Anales de Biología* [en línea], 2018, (Argentina) 40(1), pp. 21-30. [Consulta: 08 septiembre 2021]. ISSN 1138-3399. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.6018/analesbio.40.03>

ROJAS, W., et al. “La diversidad genética de la quinua : potenciales usos en el mejoramiento y agroindustria”. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales* [en línea], 2016, (Bolivia) 3(2), pp. 114-124. [Consulta: 08 septiembre 2021]. ISSN 2518-6868. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182016000200001

RUILOVA, M., & HERNÁNDEZ, A. “Evaluación de residuos agrícolas para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*”. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar* [en línea], (Cuba) 48 (1), pp. 54-59. [Consulta: 10 junio 2021]. ISSN 0138-6204. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223131337008.pdf>

SAIZ-JIMENEZ, C. “Degradación microbiana de subproductos lignocelulósicos” Nuevas fuentes de alimentos para la producción animal II. [en línea], 1984, (Argentina) pp. 139-164. [Consulta: 3 abril 2022]. Disponible en:

[http://digital.csic.es/bitstream/10261/74285/1/Degradación microbiana de subproductos lignocelulósicos.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/74285/1/Degradación_microbiana_de_subproductos_lignocelulósicos.pdf).

SALAZAR, A., & BENÍTEZ, J. *Amonificación de rastros con adiciones de grano de soya para la alimentación de bovinos. En: Intercambio de Tecnología para el Desarrollo Rural de la Zona Oriental* [en línea]. San Salvador-El Salvador: EDICPSA, 1996. [Consulta: 4 abril 2022]. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B0946e/B0946e.pdf>.

SALMONES, D. “*Pleurotus djamor*, un hongo con potencial aplicación biotecnológica para el neotrópico”. *Scientia Fungorum* [en línea], 2017, (México) 46(1), pp. 73-85. [Consulta: 10 julio 2021]. ISSN 0187-3180. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802017000200073#:~:text=Pleurotus%20djamor%20es%20un%20hongo,las%20regiones%20de%20Am%C3%A1licas%20del%20mundo.

SALMONES, D., & MATA, G. *Detection of Extracellular Enzymes Produced by Pleurotus spp. Grown on Coffee Pulp. En: Mushroom Biology and Mushroom Products, proc. 4th International Conference.* [en línea]. Cuernavaca-México: Universidad Autónoma de Morelos, 2002. [Consulta: 5 abril 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/285174571_Detection_of_extracellular_enzymes_produced_by_Pleurotus_spp_grown_on_coffee_pulp.

SÁNCHEZ, D. Degradación Ruminal de la materia seca y comportamiento productivo de ovinos consumiendo forraje de *Chenopodium quinoa* [en línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias Medicina veterinaria y Zootecnia. Ambato-Ecuador. 2016. pp. 1-2 [Consulta: 4 abril 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24266/1/Tesis%2067%20Medicina%20Veterinaria%20y%20Zootecnia%20-CD%20435.pdf>

SÁNCHEZ, J., & MATA, G. *Hongos Comestibles y Medicinales en Iberoamérica: Investigación y Desarrollo en un entorno multicultural* [en línea]. Chiapas-México: Ecosu, 2012. [Consulta: 10 enero 2022]. Disponible en: <https://www.coursehero.com/file/65517437/HONGOS-DE-LATINOAMERICApdf/>

SAVAL, S. “Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro”. *BioTecnología* [en línea], 2012, (México) 16(2), pp. 14-46. [Consulta: 22 febrero 2022]. ISSN 0188-4786. Disponible en: https://smbb.mx/wp-content/uploads/2017/10/Revista_2012_V16_n2.pdf.

SIERRA, S. “Los hongos comestibles y su cultivo. Historia, desarrollo actual y perspectivas en México y el mundo”. *Lab. de Taxonomía de Hongos Tremeloides (Heterobasidiomycetes)* [en línea], 2009, (México). pp. 1-8. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77617786016%0ACómo>.

SIK, B. *Almacenamiento y procesado de los hongos ostra. En: Manual del Cultivador de Hongos 1* [en línea]. Corea: MushWorld, 2005. [Consulta: 2 marzo 2022]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/422130253/Manual-del-cultivador-de-hongos-1-Cultivo-del-hongo-ostra>.

SUÁREZ, C., & HOLGUÍN, M. “Evaluación de medios de cultivo sintéticos y cereales para la producción de semilla de setas comestibles”. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* [en línea], 2011, (Colombia) 5(1), pp. 130-140. [Consulta: 12 enero 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.17584/rcch.2011v5i1.1259>

TÉLLEZ, A., et al. *Enzimas lignocelulolíticas: Producción, usos y perspectivas. En: Panorama de la industria de celulosa y papel y materiales lignocelulósicos* [en línea]. México: Universidad Nacional de Misiones, 2016. [Consulta: 4 abril 2022]. ISBN 978-950-766-119-8. Disponible en: https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2016_Panorama_Cap05_Enzimas.pdf.

TENGERDY, R., & SZAKACS, G. “Bioconversion of lignocellulose in solid substrate fermentation”. *Biochemical Engineering Journal* [en línea], 2003, (Hungary) 13(1), pp. 169-179. [Consulta: 7 marzo 2022]. ISSN 1369-703X. Disponible en: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1053.7631&rep=rep1&type=pdf>.

TUQUINGA, F. Evaluación de diferentes niveles de desecho de quinua en la etapa de crecimiento y engorde de cuyes [en línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Ingeniería Zootécnica. Riobamba-Ecuador. pp. 3-5. [Consulta: 8 junio 2021]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/1010/1/17T01051.pdf>.

VARGAS, Y., & PERÉZ, L. “Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente”. *Revista Facultad de Ciencias Básicas* [en línea], 2018, (Colombia), 14(1), pp. 59-72. ISSN 1900-4699. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18359/rfcb.3108>

VELAZCO, Y., et al. “Caracterización agromorfológica de cebada (*Hordeum vulgare L.*) en el Municipio de Chivatá Boyacá, Colombia”. *Bioteología en el sector agropecuario y agroindustrial* [en línea], 2020, (Colombia) 18(2), pp. 104-116. [Consulta: 5 abril 2022]. ISSN 1692-3561. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v18n2/1692-3561-bsaa-18-02-103.pdf>.

VIZITEU, G. Paja de cereal y mazorca o marlos de maíz. *En: Manual del Cultivador de Hongos 1* [en línea]. Corea: MushWorld, 2005. [Consulta: 17 octubre 2021]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/422130253/Manual-del-cultivador-de-hongos-1-Cultivo-del-hongo-ostra>.

ZEDRAZIL, F. *The ecology and industrial production of Pleurotus ostreatus, Pleurotus florida, Pleurotus cornucopiae and Pleurotus eryngii* [en línea]. Tokyo- Japan: Mushroom Science IX. Presented to the IXth international scientific congress on the cultivation of edible fungi. [Consulta: 01 octubre 2021].

ZHANG, K. “Recent advances in quality preservation of postharvest mushrooms (*Agaricus bisporus*): A review”. *Trends in Food Science & Technology* [en línea], 2018, (Great Briain) 78(1), pp. 72-82. [Consulta: 01 agosto 2021]. ISSN 0924-2244. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.05.012>

ANEXOS

ANEXO A: RECEPCIÓN, SECADO Y TRITURACIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS LIGNOCELULÓSICOS.



ANEXO B: AISLAMIENTO Y REPLICACIÓN DEL HONGO *Pleurotus ostreatus*.



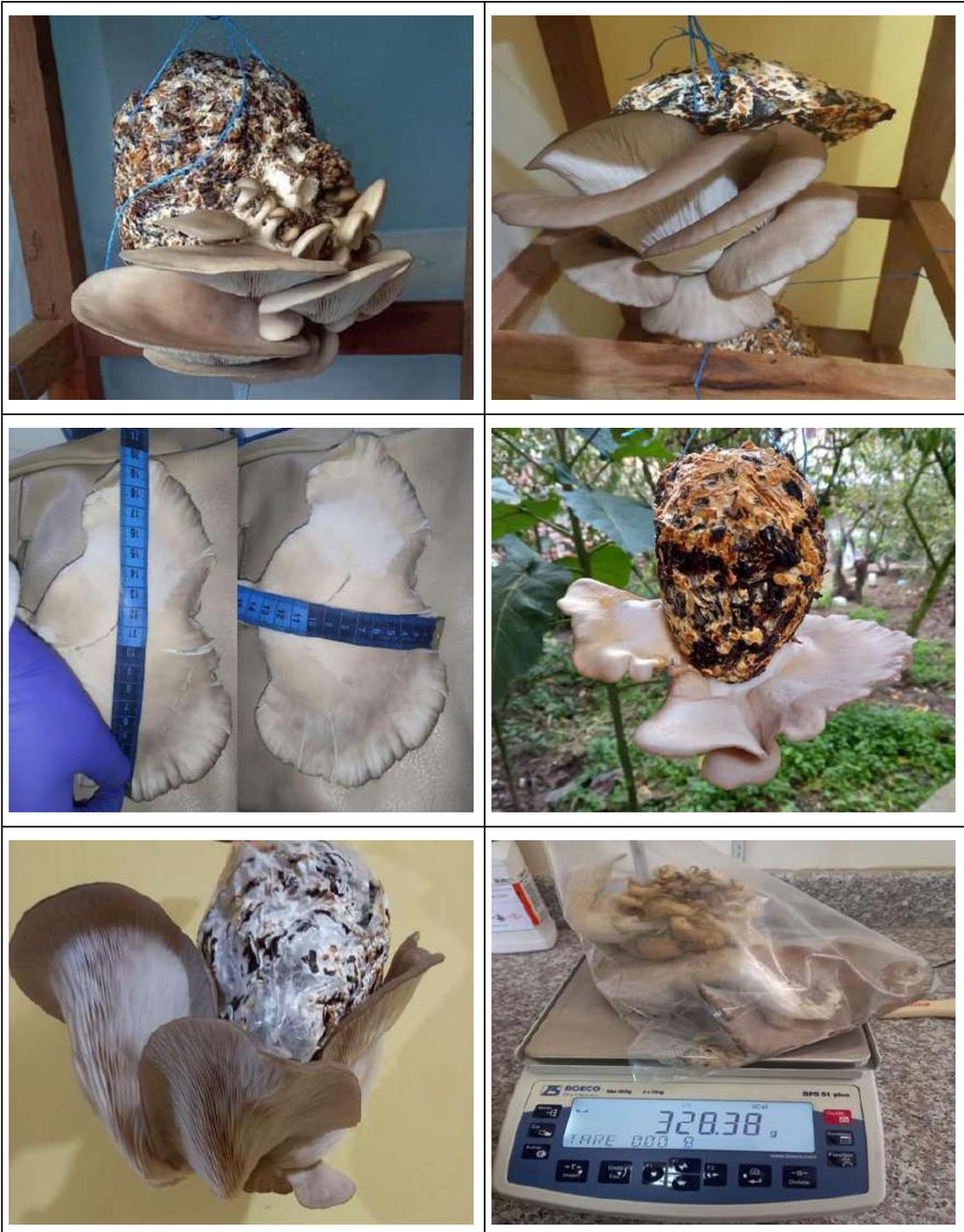
ANEXO C: PREPARACIÓN DE LOS SUSTRATOS Y SIEMBRA EN LOS MEDIOS CON EL INOCULO DEL HONGO *Pleurotus ostreatus*.



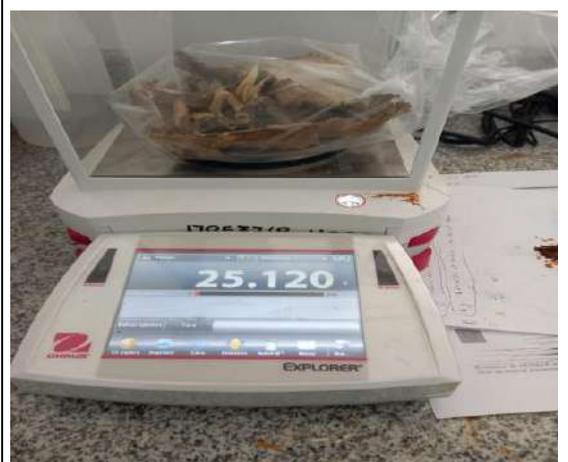
ANEXO D: ETAPAS DE CRECIMIENTO DEL HONGO *Pleurotus ostreatus*.



ANEXO E: PRIMERA Y SEGUNDA COSECHA DEL HONGO *Pleurotus ostreatus*.



ANEXO F: SECADO DEL HONGO *Pleurotus ostreatus*.



ANEXO G: ANÁLISIS DE CELULOSA, HEMICELULOSA, LIGNINA, EXTRACCIÓN DE GRASA DE LOS MEDIOS DE SIEMBRA, REMANENTE DEGRADADO Y HONGOS *Pleurotus ostreatus*.



ANEXO H: ANÁLISIS DE FIBRA Y PROTEÍNA DE LOS MEDIOS DE SIEMBRA, REMANENTE DEGRADADO Y HONGOS *Pleurotus ostreatus*.



ANEXO I: EXTRACCIONES Y DIGESTIONES DE MINERALES DE LOS MEDIOS DE SIEMBRA, REMANENTE DEGRADADO Y HONGOS *Pleurotus ostreatus*.



ANEXO J: ANÁLISIS QUÍMICOS DE LOS MEDIOS DE SIEMBRA, REMANENTE DEGRADADO Y HONGOS *Pleurotus ostreatus*.



ANEXO K: ANÁLISIS DE VITAMINA C DE LOS HONGOS *Pleurotus ostreatus*.





epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 25 / 04 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>José Daniel Espín Silva</i> <i>Lesly Micaela Pilataxi Chevez</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Ingeniería Ambiental</i>
Título a optar: <i>Ingeniero Ambiental</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO
FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC,
o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR,
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE
INFORMACION-ECIBCE, 1=QUITO,
serialNumber=0000521485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2022.04.25 09:29:01 -05'00'



0772-DBRA-UTP-2022