



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**“APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE MORA Y  
TOMATE COMO SUSTRATO PARA EL CULTIVO DEL HONGO  
COMESTIBLE *Pleurotus ostreatus*, EN LA LOCALIDAD DE  
SAN ANTONIO”**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTORA: MIRIAN ESPERANZA PINTA CHAFLA**

**DIRECTOR: DR. EDGAR IVÁN RAMOS SEVILLA**

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Mirian Esperanza Pinta Chafra

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

Yo, MIRIAN ESPERANZA PINTA CHAFLA, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 30 de mayo de 2023



**Mirian Esperanza Pinta Chafra**

**C.I. 060540455-7**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto de Investigación, "**APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE MORA Y TOMATE COMO SUSTRATO PARA EL CULTIVO DEL HONGO COMESTIBLE *Pleurotus ostreatus*, EN LA LOCALIDAD DE SAN ANTONIO**", realizado por la señorita: **MIRIAN ESPERANZA PINTA CHAFLA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Geoconda Marisela Velasco Castelo, MSc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-05-30
Dr. Edgar Iván Ramos Sevilla <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		2023-05-30
Ing. Cristina Gabriela Calderón Tapia, MSc. <b>ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		2023-05-30

## **DEDICATORIA**

Por el apoyo incondicional y la paciencia que me brindaron durante este proceso. El presente trabajo está dedicado a las dos personas que han sido los pilares fundamentales a lo largo de mi vida personal y estudiantil; mis padres Gonzalo y Carmen, quienes me han enseñado que con trabajo y persistencia se puede llegar lejos, además me han forjado como la persona que soy actualmente. Del mismo modo a mis hermanos quienes con sus palabras de aliento no me dejaron decaer, lo que me impulsaba a seguir adelante para cumplir con mis ideales. Finalmente, a todos mis compañeros y amigos que estuvieron presentes desde el inicio y culminación de la carrera, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas; gracias por estar a mi lado durante esta etapa apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

Mirian

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por haberme dado la oportunidad de obtener una formación académica con profesores quienes compartieron sus conocimientos y valores para formar una gran profesional. Agradezco a Dios por brindarme la sabiduría e inteligencia para culminar este trabajo de titulación con éxito. A mi familia por su comprensión, confianza y estímulo constante a lo largo de mis estudios. De la misma manera, a mis queridos amigos, quienes han hecho que cada día sea mejor y me acompañaron en momentos difíciles. Agradezco también a mi director y Asesor de tesis que, con su conocimiento, experiencia y paciencia, supieron guiar y corregir adecuadamente la realización del presente trabajo de titulación; de igual forma un agradecimiento a todos los docentes que formaron parte de mi vida estudiantil.

Mirian

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XI
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	XIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1.	<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	4
1.1.	<b>Antecedentes de la investigación.....</b>	4
1.2.	<b>Bases teóricas.....</b>	5
1.2.1.	<b><i>Hongo Pleurotus ostreatus.....</i></b>	5
1.2.1.1.	<i>Clasificación taxonómica.....</i>	5
1.2.1.2.	<i>Características morfológicas.....</i>	6
1.2.1.3.	<i>Agente degradador y biorremediador.....</i>	7
1.2.1.4.	<i>Propiedades medicinales.....</i>	8
1.2.1.5.	<i>Valor nutricional.....</i>	8
1.2.2.	<b><i>Cultivo de Pleurotus ostreatus.....</i></b>	8
1.2.2.1.	<i>Sustratos.....</i>	9
1.2.3.	<b><i>Fases del cultivo.....</i></b>	10
1.2.3.1.	<i>Obtención de cepas.....</i>	10
1.2.3.2.	<i>Obtención de inóculo -Replicación de micelio.....</i>	10
1.2.3.3.	<i>Preparación de sustrato.....</i>	11
1.2.3.4.	<i>Humectación de sustrato.....</i>	11
1.2.3.5.	<i>Pasteurización de sustrato.....</i>	11
1.2.3.6.	<i>Inoculación.....</i>	12
1.2.3.7.	<i>Incubación.....</i>	13
1.2.3.8.	<i>Fructificación.....</i>	13
1.2.3.9.	<i>Cosecha.....</i>	14
1.2.4.	<b><i>Indicadores de rendimiento y productividad.....</i></b>	14
1.2.5.	<b><i>Residuos lignocelulósicos.....</i></b>	15
1.2.5.1.	<i>Problemas de ambientales para el país.....</i>	16

1.2.5.2.	<i>Composición química</i> .....	16
1.2.5.3.	<i>Celulosa</i> .....	17
1.2.5.4.	<i>Lignina</i> .....	18
1.2.5.5.	<i>Hemicelulosa</i> .....	18
1.2.6.	<b><i>Fermentación en estado sólido</i></b> .....	19
1.2.6.1.	<i>Ventajas</i> .....	20
1.2.7.	<b><i>Mora</i></b> .....	20
1.2.7.1.	<i>Generalidades</i> .....	20
1.2.7.2.	<i>Descripción taxonómica</i> .....	21
1.2.7.3.	<i>Producción de mora</i> .....	21
1.2.7.4.	<i>Residuos</i> .....	22
1.2.8.	<b><i>Tomate de carne</i></b> .....	23
1.2.8.1.	<i>Generalidades</i> .....	23
1.2.8.2.	<i>Descripción taxonómica</i> .....	23
1.2.8.3.	<i>Producción de tomate</i> .....	24
1.2.8.4.	<i>Residuos</i> .....	24
1.2.9.	<b><i>Poda</i></b> .....	25

## CAPÍTULO II

2.	<b>METODOLOGÍA</b> .....	26
2.1.	<b>Localización del Estudio</b> .....	26
2.2.	<b>Tipo de Investigación</b> .....	27
2.3.	<b>Identificación de variables</b> .....	27
2.4.	<b>Hipótesis</b> .....	27
2.4.1.	<i>Hipótesis general</i> .....	27
2.4.2.	<i>Hipótesis alternativa</i> .....	27
2.5.	<b>Diseño de la Investigación</b> .....	27
2.5.1.	<i>Población de estudio</i> .....	28
2.5.2.	<i>Tamaño de la muestra</i> .....	28
2.5.3.	<i>Descripción de unidades experimentales</i> .....	28
2.6.	<b>Procedimiento del cultivo</b> .....	29
2.6.1.	<i>Reactivación sepa de Pleurotus</i> .....	29
2.6.2.	<i>Elaboración de Spawn o inóculo</i> .....	29
2.6.2.1.	<i>Inmersión en agua por 24 horas</i> .....	30
2.6.2.2.	<i>Inmisión en agua caliente</i> .....	30
2.6.3.	<i>Preparación de sustrato</i> .....	32



2.6.4.	<i>Inoculación de sustrato</i> .....	32
2.6.5.	<i>Incubación</i> .....	33
2.6.6.	<i>Fructificación y Cosecha</i> .....	33
2.6.7.	<i>Esquema del proceso de cultivo</i> .....	34
2.7.	<b>Análisis bromatológico</b> .....	35
2.8.	<b>Determinación de los indicadores de rendimiento y productividad</b> .....	35
2.8.1.	<i>Postcosecha</i> .....	35
2.9.	<b>Análisis Estadístico Inferencial</b> .....	36

### CAPÍTULO III

3.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	37
3.1.	<b>Análisis bromatológico de los sustratos</b> .....	37
3.2.	<b>Tiempo de desarrollo y crecimiento de <i>Pleurotus ostreatus</i></b> .....	38
3.3.	<b>Indicadores de rendimiento y productividad</b> .....	39
3.3.1.	<i>Producción</i> .....	39
3.3.2.	<i>Determinación del rendimiento</i> .....	40
3.3.3.	<i>Determinación de eficiencia biológica</i> .....	42
3.3.4.	<i>Determinación de Tasa de producción</i> .....	43
3.4.	<b>Análisis del contenido nutricional de <i>Pleurotus ostreatus</i></b> .....	45
3.5.	<b>Análisis estadístico</b> .....	46
3.5.1.	<i>Producción</i> .....	46
3.5.2.	<i>Rendimiento</i> .....	47
3.5.3.	<i>Eficiencia biológica</i> .....	48
3.5.4.	<i>Tasa de producción</i> .....	49

CONCLUSIONES.....	50
-------------------	----

RECOMEDACIONES.....	51
---------------------	----

### BIBLIOGRAFÍA

### ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Clasificación taxonómica del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	6
<b>Tabla 2-1:</b> Contenido nutricional de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	8
<b>Tabla 3-1:</b> Descripción taxonómica de la mora .....	21
<b>Tabla 4-1:</b> Descripción taxonómica del tomate .....	23
<b>Tabla 1-2:</b> Identificación de variables .....	27
<b>Tabla 2-2:</b> Tratamientos experimentales .....	28
<b>Tabla 3-2:</b> Parámetros para analizar.....	35
<b>Tabla 1-3:</b> Parámetros fisicoquímicos de sustratos .....	37
<b>Tabla 2-3:</b> Tiempo en días promedio para la obtención de cuerpos fructíferos .....	38
<b>Tabla 3-3:</b> Peso promedio de hongos cultivados por cosecha.....	39
<b>Tabla 4-3:</b> Rendimiento por unidad experimental y tratamiento .....	40
<b>Tabla 5-3:</b> Eficiencia biológica por unidad experimental y tratamiento .....	42
<b>Tabla 6-3:</b> Tasa de producción por unidad experimental y tratamiento.....	43
<b>Tabla 7-3:</b> Análisis bromatológico del hongo en base húmeda .....	45

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-1:</b> a) Desarrollo en forma de repisas; b) Partes del <i>P. ostreatus</i> .....	7
<b>Ilustración 2-1:</b> Estructura de la celulosa .....	17
<b>Ilustración 3-1:</b> Estructura de la lignina .....	18
<b>Ilustración 4-1:</b> Estructura de la hemicelulosa (xilano).....	19
<b>Ilustración 1-2:</b> Localización del área de cultivo .....	26
<b>Ilustración 2-2:</b> Agar (PDA) solidificado; placa colonizada .....	29
<b>Ilustración 3-2:</b> Limpieza y cocción de granos.....	30
<b>Ilustración 4-2:</b> Inoculación del trigo; Invasión completa de micelio .....	31
<b>Ilustración 5-2:</b> Incorporación de micelio; Distribución de micelio.....	33
<b>Ilustración 6-2:</b> Aparición de primordios; colonización de sustrato.....	34
<b>Ilustración 7-2:</b> Proceso del cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	34
<b>Ilustración 1-3:</b> Producción promedio del cultivo de setas en cada tratamiento .....	40
<b>Ilustración 2-3:</b> Rendimiento promedio según tratamiento .....	42
<b>Ilustración 3-3:</b> Eficiencia biológica promedio según tratamiento.....	43
<b>Ilustración 4-3:</b> Tasa de producción promedio según tratamiento .....	44
<b>Ilustración 5-3:</b> Análisis ANOVA respecto a la producción .....	46
<b>Ilustración 6-3:</b> Análisis ANOVA respecto al rendimiento .....	47
<b>Ilustración 7-3:</b> Análisis ANOVA respecto a la eficiencia biológica.....	48
<b>Ilustración 8-3:</b> Análisis ANOVA respecto a la tasa de producción .....	49

## ÍNDICE DE ANEXOS

**ANEXO A:** PROBLEMAS DE CONTAMINACIÓN OCASIONADOS POR LOS RESIDUOS DE MORA Y TOMATE

**ANEXO B:** AISLAMIENTO, PURIFICACIÓN, OBTENCIÓN DE SPAWN DE *Pleurotus ostreatus*

**ANEXO C:** OBTENCIÓN DE SUSTRATOS UTILIZADOS

**ANEXO D:** PREPARACIÓN DE SUSTRATO E INOCULACIÓN

**ANEXO E:** BOLSAS EN LA ETAPA DE FRUCTIFICACIÓN

**ANEXO F:** COSECHA DE LOS CUERPOS FRUCTÍFEROS DE *Pleurotus ostreatus*

**ANEXO G:** ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE HONGOS CULTIVADOS

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

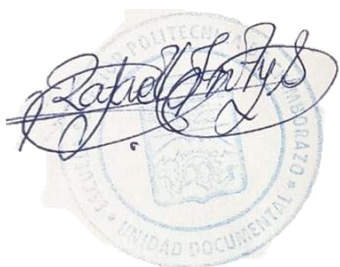
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>cm</b>	Centímetros
<b>C/N</b>	Relación carbono/nitrógeno
<b>EB</b>	Eficiencia Biológica
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
<b>FES</b>	Fermentación en Estado Sólido
<b>g</b>	Gramos
<b>GEI</b>	Gases de Efecto Invernadero
<b>ha</b>	hectáreas
<b>mg</b>	Miligramos
<b>min</b>	minutos
<b>ml</b>	Mililitros
<b>msnm</b>	Metros sobre nivel del mar
<b><i>P. ostreatus</i></b>	<i>Pleurotus ostreatus</i>
<b>R</b>	Rendimiento
<b>TP</b>	Tasa de producción
<b>t/ año</b>	toneladas al año
<b>%</b>	Porcentaje

## RESUMEN

En la presente investigación se evaluó el potencial nutritivo de los residuos lignocelulósicos de mora (*Rubus glaucus Benth*) y tomate (*Solanum lycopersicum*) provenientes de la poda, como sustrato para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*. Los residuos se recolectaron en la comunidad de San Antonio perteneciente al cantón Riobamba; lugar en el que se llevó a cabo el proceso de fermentación sólida, bajo condiciones ambientales de la zona. Para la reactivación de la cepa y posterior obtención del inóculo se empleó como medio de cultivo agar PDA y la masificación del micelio se realizó en granos de trigo; posteriormente se inoculó cada tratamiento con un 10 % de micelio respecto al peso de cada funda; los tratamientos establecidos fueron tres, compuestos por: T1, 50% quinua, 25% mora y 25% tomate; T2, 25% quinua, 50% mora y 25% tomate; T3, 25% quinua, 25% mora y 50% tomate. Las fundas para su incubación fueron colocadas en un armario obscuro con una temperatura promedio de 16 a 25 °C; una vez propagado el micelio en los sustratos, se colocó las fundas en un cuarto con iluminación, temperatura y humedad, adecuados para la formación de los cuerpos fructíferos. El tratamiento que mostro mayor producción fue T2 con una biomasa promedio de 335 g alcanzando un rendimiento, eficiencia biológica y tasa de productividad de 33.50%, 76.82% y 1.80% respectivamente; seguido por T1 con un R de 30.72%, EB de 71.38% y TP de 1.65%; la menor producción se obtuvo con T3 con 27.35% de rendimiento, 56.96% de eficiencia biológica y 1.37% tasa de productividad. En base a los resultados obtenidos se concluye que los residuos de mora y tomate presentan características adecuadas para el cultivo de hongos ostra, permitiendo reducir el volumen de este tipo de residuos, a la vez que genera beneficios ambientales.

**Palabras clave:** <HONGO OSTRAS (*Pleurotus ostreatus*)>, <FERMENTACIÓN SÓLIDA>, <RESIDUOS DE MORA (*Rubus glaucus Benth*)>, <RESIDUOS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*)>, <RENDIMIENTO>, <EFICIENCIA BIOLÓGICA>, <BIOTECNOLOGÍA>

1226-DBRA-UPT-2023



## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the nutritional potential of lignocellulosic residues of blackberry (*Rubus glaucus Benth*) Furthermore, tomato (*Solanum lycopersicum*) from pruning as a substrate for producing the fungus *Pleurotus ostreatus*. The waste was collected in the community of San Antonio belonging to the Riobamba canton, where the solid fermentation process was carried out under environmental conditions of the area. For the reactivation of the strain and subsequent obtaining of the inoculum, PDA agar was used as the culture medium and the massification of the mycelium was carried out in wheat grains; Subsequently, each treatment was inoculated with 10% of mycelium concerning the weight of each cover; the established treatments were three, composed of IT, 50% quinoa, 25% blackberry and 25% tomato; T2, 25% quinoa, 50% blackberry and 25% tomato; T3, 25% quinoa, 25% blackberry and 50% tomato. The covers for their incubation were placed in a dark cabinet with an average temperature of 16 to 25 °C; Once the mycelium was propagated in the substrates, the covers were placed in a room with adequate lighting, temperature and humidity to form fruiting bodies. The treatment that showed the highest production was T2, with an average biomass of 335 g, reaching a yield, biological efficiency and productivity rate of 33.50%, 76.82% and 1.80%, respectively, followed by IT with an R of 30.72%, EB of 71.38% and TP of 1.65%; the lowest production was obtained with T3 with 27.35% yield, 56.96% biological efficiency and 1.37% productivity rate. Based on the results obtained, it is concluded that the blackberry and tomato residues present suitable characteristics for cultivating oyster mushrooms, reducing the volume of this type of residue while generating environmental benefits.

**Keywords:** < OYSTRA MUSHROOM (*Pleurotus ostreatus*)>, <SOLID FERMENTATION>, <BLURBERRY RESIDUES (*Rubus glaucus Benth*)>, < TOMATO RESIDUES (*Solanum lycopersicum*)>, <YIELD>, <BIOLOGICAL EFFICIENCY>, <BIOTECHNOLOGY>.



Ing. Paul Obregón. Mgs

0601927122

## INTRODUCCIÓN

Una de las actividades industriales considerada altamente contaminante para la tierra es la agricultura, debido al avance de la frontera agrícola que año tras años tiene gran incidencia sobre varios aspectos entre ellos está la deforestación, misma que es la principal causa del cambio climático. Además, los subproductos generados por la actividad agroindustrial no reciben una adecuada disposición final, puesto que son considerados como residuos sin utilidad; ocasionando un mayor impacto ambiental al ser reducidos a cenizas o acumulados para su descomposición natural; perdiendo de esta manera recursos con un alto potencial de aprovechamiento para la obtención de productos de interés social o comercial (Ministerio del Ambiente, UNCCD y ECOPAR, 2015, pp.11-14).

La comunidad de San Antonio perteneciente a la parroquia San Luis, es un sector netamente agrícola, por lo que en la zona se produce una gran cantidad de residuos orgánicos a los cuales no se les dan una adecuada gestión, puesto que los agricultores emplean técnicas habituales e inapropiadas para su eliminación.

Actualmente la comunidad se dedica al cultivo de mora (*Rubus glaucus Benth*) y tomate (*Solanum lycopersicum*), aprovechando el hecho de que estas plantas tienen un período de vida largo; la planta de mora presenta un período de 10 o más años de producción, mientras que la planta de tomate cuenta con un período de vida de más de 1 año (Jaramillo, 2015, p.7; Calero, 2015, p.3). Esto ha permitido que los agricultores tengan una fuente de ingreso económico segura, ya que una vez que las plantas entran en etapa de producción sus frutos pueden ser cosechados una vez (tomate) o dos veces por semana (mora).

La producción agrícola y la comercialización de estas dos especies genera residuos orgánicos, debido a que estas plantas para mantener una producción constante necesitan ser podadas; dicha poda se realiza una vez por mes para ayudar a la formación de las plantas, además estimula el crecimiento de nuevos brotes permitiendo que las cosechas sean más abundantes y prolongadas (Galarza et al., 2016, pp.30-32).

Los residuos generados por la actividad de poda de estas dos especies son considerados subproductos de muy baja importancia económica; por lo que comúnmente se los elimina mediante procesos de incineración, depositados o arrojados en áreas abiertas como quebradas y riberas de ríos, atentando con el equilibrio y preservación del ambiente, además de ocasionar una contaminación tanto ambiental como visual (Galvis, 2016, p.4).



La contaminación ambiental ocurre por la quema de tallos y hojas a cielo abierto, ocasionando la erosión, pérdida de nutrientes y humedad del suelo; a esto se suma la generación de gases contaminantes que incrementan el efecto invernadero. Se estima que la combustión de residuos agrícolas produce 40% del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), 32% del monóxido de carbono (CO), 20% de la materia particulada (PM) y 50% de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) que son emitidos al ambiente; afectando también al sistema respiratorio y cardiovascular de las personas (Ize, 2014, p.5). Por otra parte, la contaminación visual ocurre porque la aglomeración de los residuos a cielo abierto deteriora el paisaje.

Otro de los problemas que se representa por la acumulación de los residuos agrícolas es que con el paso del tiempo y en presencia de humedad estos se empiezan a descomponerse poco a poco, provocando malos olores, proliferación de vectores como insectos y roedores que causan malestar en la población y posible generación de lixiviados (van der Velden et al., 2021, p.11).

## **JUSTIFICACIÓN**

La comunidad de San Antonio al ser un sector agrícola genera gran cantidad de subproductos orgánicos, en particular remanentes de la poda de mora (*Rubus glaucus Benth*) y tomate (*Solanum lycopersicum*), los cuales se han convertido en las especies mayormente cultivadas en la zona. Se estima que mensualmente la planta de mora reduce su volumen en un 20% mediante la poda; por su parte la planta de tomate se reduce en un 10% antes de entrar en la etapa de producción y una vez cumplido con su ciclo de cultivo es desechada en su totalidad (Aguilar, 2020, p.15).

Esto ha ocasionado la acumulación de los residuos vegetales de mora y tomate, los cuales al tratarse de residuos lignocelulósicos son difíciles de degradar, ya que fundamentalmente presentan en su estructura biopolímeros como la lignina, celulosa y hemicelulosa; residuos con este tipo de estructura han sido evaluados como materia prima para la obtención de biodiesel, biogás, abono, fertilizantes, alimento para humanos y animales (Riera, Maldonado et al., 2018, p.229).

Por tanto, una de las alternativas de uso de estos subproductos es como materia prima para el cultivo de hongos comestibles como *Pleurotus ostreatus*, permitiendo obtener beneficios ambientales y mejorar la economía familiar de los agricultores de la zona; ya que la producción de hongos comestibles constituye un potencial para el país, gracias a que poseen un valor nutricional muy elevado y son una magnífica fuente de proteínas (Aguilar, 2020, p.7). Asimismo, el residuo que queda tras culminar la producción de los hongos puede ser utilizado como alimento para animales o biofertilizante, pues el material agrícola ha sido bioconvertido por la acción de los hongos (Chang et al., 2020, p.3).

El presente trabajo permitirá la aplicación de una técnica biotecnológica sencilla y económica como es la fermentación en estado sólido que contribuirá al tratamiento integral de los residuos agrícolas de mora y tomate procedentes de la poda; permitiendo evaluará el potencial nutritivo de estos para la obtención de *P. ostreatus*. Proporcionando de esta manera una alternativa que favorezca al mantenimiento del equilibrio ecológico de la zona, a la vez que se mejora la calidad de vida de los habitantes.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar el potencial nutritivo de los residuos de mora y tomate para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, empleando el proceso de fermentación sólida.

### **Objetivos específicos**

- Caracterizar la composición nutricional de los residuos del tomate y la mora a emplear como sustrato para el cultivo de hongos comestibles.
- Desarrollar el proceso de cultivo de *Pleurotus ostreatus*.
- Determinar la eficiencia biológica, la tasa de productividad y el rendimiento del hongo cultivado.
- Realizar el análisis bromatológico de la biomasa fúngica cosechada a fin de conocer su contenido nutricional.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes de la investigación

El conocimiento y consumo de macro hongos en el Ecuador aun no es muy popular, por lo que se ha observado que los pocos productores de hongos existentes no cuentan con una asistencia técnica especializada (Martínez, 2017, p.4); sin embargo, a nivel de país existen varios estudios en los cuales se han testeado la productividad y rendimiento del cultivo de *P. ostreatus*, utilizando diversos residuos agrícolas como sustrato.

La investigación realizada por (Taranto, 2017, p.7) titulada “Producción del *Pleurotus ostreatus* a partir de residuos de hortalizas generados en el mercado central del cantón Quevedo”; mostró una mejor producción con el tratamiento T3 constituida por cáscara de habas. Por su parte Martínez (2017, p.15) al evaluar la cáscara de haba, como sustrato para el cultivo del hongo comestible; obtiene una eficiencia biológica y rendimiento de 123,14% y 19,70% respectivamente; con estos datos concluye que la cáscara de haba constituye un sustrato potencial para el cultivo de la seta.

Otros investigadores (Santillán y Morocho, 2018, pp.17-19) a fin de establecer el mejor tratamiento para el cultivo de *P. ostreatus*, en su trabajo titulado “Evaluación de sustratos lignocelulósicos para la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), en la parroquia Tarqui”, evalúan 5 tratamientos constituidos de 80% sustratos lignocelulósicos enriquecidos con 20% afrecho de trigo. Obteniendo una producción en menor tiempo en T3 (bagazo de caña), con una EB del 40,36% en la primera cosecha, llegando al 80% en la tercera cosecha.

El estudio realizado por (Rodríguez, 2019, p.15) denominado “Evaluación de la eficiencia de crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en residuos del cultivo de *Chenopodium quinoa*”, evidencia que este tipo de residuos presentan características adecuadas para la producción del hongo ostra; en particular los tallos, con los cuales se alcanzó un rendimiento de 6,79% y eficiencia biológica de 97,48%.

La investigación titulada “Evaluación de la productividad del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado por fermentación sólida, en residuos agrícolas típicos de la provincia Bolívar – Ecuador” describe la producción de esta seta en tres tratamientos conformados por cáscara de gandul T1, bagazo de caña de azúcar T2 y paja de cebada T3. Logrando un mejor resultado en T1 con EB de 116,25 % y contenido proteico de 22, 12 % (Ruilova, María et al., 2020, pp. 2-4).

En su trabajo “Producción y valor proteico de *P. ostreatus* en la región sur de Ecuador” Cruz (2021, pp.2-3) evalúa el crecimiento de *P. ostreatus* en residuos agroindustriales de: cascarilla de arroz, café y aserrín; estableciendo los siguientes tratamientos, T1: mezcla de los tres sustratos y T2: solo aserrín. Obteniendo la mejor tasa de producción (80,20%) y eficiencia biológica (15,23%) con T1 y un contenido de proteína similar.

En la investigación titulada “Producción y conservación de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* en residuos agroindustriales del cultivo de quinua, cacao y el bagazo de malta”, realizada por (Pilataxi y Espín, 2022, p.16); se evalúa 4 tratamientos conformados por los residuos mencionados anteriormente en diferentes proporciones, obteniendo un mejor resultado en T3 (50% mazorca de cacao, 25% rastrojo de quinua y 25% bagazo de malta) con una producción de 376 g/kg, EB de 163% y rendimiento de 37,6%.

## **1.2. Bases teóricas**

### ***1.2.1. Hongo *Pleurotus ostreatus****

*Pleurotus ostreatus*, también conocido como hongo ostra, es un hongo comestible consumido con frecuencia en el sudeste asiático. Se trata de un basidiomiceto de pudrición blanca, cultivado gracias a sus atributos versátiles como: rápido crecimiento, corto ciclo de cultivo, amplia adaptabilidad del sustrato, resistencia a enfermedades, alto rendimiento y por su técnica de cultivo simple. Además, tiene varias aplicaciones biotecnológicas en áreas de biorremediación, decoloración y producción de enzimas (Zhang et al., 2019, p.2).

Su pigmentación va de blanco a varios colores. Se encuentra distribuido mundialmente en las zonas templadas y regiones tropicales, ambientes con un rango de temperatura que van desde los 10 ° C a 32 ° C. Generalmente en la naturaleza de forma libre crece sobre madera en descomposición (Singh et al., 2019, p.3).

#### ***1.2.1.1. Clasificación taxonómica***

Aunque generalmente crece en zonas templadas, el hongo ha mostrado una gran capacidad de adaptación ya que últimamente se lo cultiva en muchas partes del mundo. En la tabla 1-1 se detalla la clasificación taxonómica del hongo comestible.

**Tabla 1-1:** Clasificación taxonómica del hongo *Pleurotus ostreatus*

<b>Nombre científico</b>	<i>Pleurotus ostreatus</i>
<b>Reino</b>	Fungi
<b>Subreino</b>	Fungi Superior
<b>División</b>	<i>Basidiomycota</i>
<b>Subdivisión</b>	<i>Basidiomycotina</i>
<b>Clase</b>	<i>Himenomycetes</i>
<b>Orden</b>	Agaricales
<b>Familia</b>	<i>Tricholomatceae</i>
<b>Género</b>	Pleurotus
<b>Especie</b>	Ostreatus

Fuente: Aguilar, 2020, p.24.

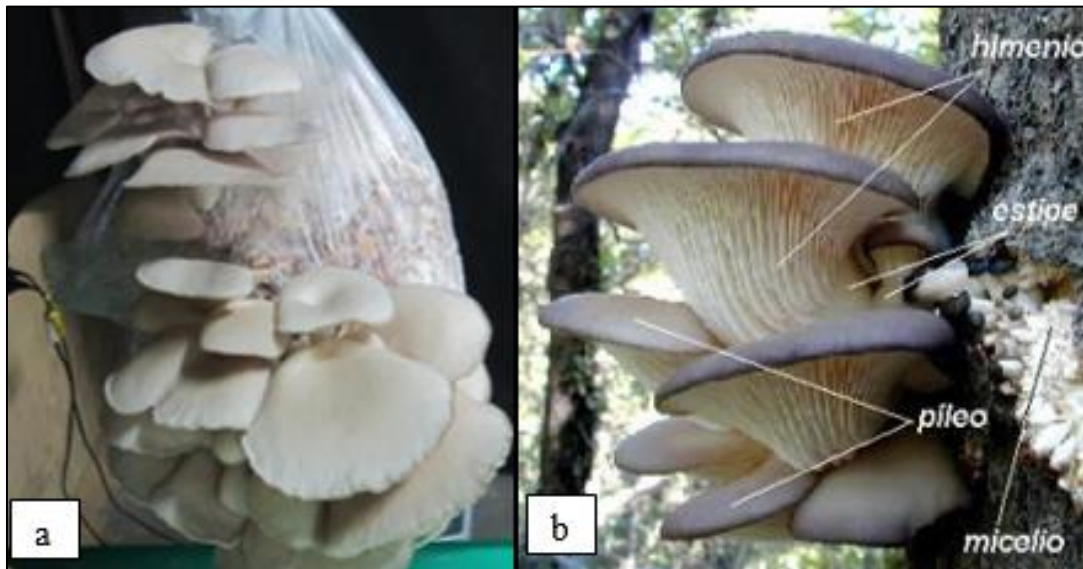
Realizado por: Pinta, M., 2023.

#### 1.2.1.2. Características morfológicas

Esta seta se desarrolla a modo de racimo, en el cual se van ubicando en forma de repisas (Ilustración 1-1\_a). Su cuerpo se constituye principalmente de:

- Sombrero (Píleo): cuando se desarrolla adquiere una forma de ostra u oreja que puede medir entre 5 – 12 cm. Su color es variado puede ser crema, pardo, grisáceo, ceniciento, eso depende de la especie cultivada. La carne al inicio es tierna, blanca y de olor fuerte y después correoso (Aguilar, 2020, p.15).
- Láminas (Himenio): se encuentran dispuestas como las varillas de un paraguas y espaciadas unas de otras, van desde el pie o tallo hasta el borde. Son anchas, blancas o crema, y en ellas se encuentran las esporas destinadas a la reproducción (Aguilar, 2020, p.15).
- Pie (Estípite): se ubica hacia el lado del sombrero, en ocasiones no se presenta, es corto, lateral u oblicuo y engrosa gradualmente. Presenta color blanquecino, es algo peludo en la base y ligeramente duro (Ruilova, María et al., 2020, p.9).

Las partes mencionadas se muestran a continuación en la Figura 1-1\_b.



**Ilustración 1-1:** a) Desarrollo en forma de repisas; b) Partes del *P. ostreatus*

**Fuente:** (Ruilova, María et al., 2020, p.9).

### 1.2.1.3. Agente degradador y biorremediador

Gracias a la capacidad que tiene este hongo para degradar desechos lignocelulósicos agroindustriales, se considera este bioproceso como un método útil para reducir la contaminación ambiental asociada con la eliminación de estos desechos. Además, debido a que este género secreta enzimas como las lacasas, se los puede utilizar en diferentes aplicaciones biotecnológicas y como defensa ante organismos nematodos; esta última aplicación es muy importante en el ámbito agrícola y pecuario para el biocontrol de plagas, insectos y otros hongos

(Armas et al., 2019, p.2).

Como se menciona antes debido a la gran cantidad de enzimas que produce esta especie (ligninasa, celobiasa, lacasa y hemicelulasa) el sustrato orgánico en el que se desarrolla está destinado a degradarse; ya que las hifas del hongo absorberán los carbohidrato y minerales de estos para poder desarrollarse. Por lo que las enzimas secretadas pueden emplearse para degradar desechos sólidos de diversa índole (Ruilova, María et al., 2020, p.19).

Adicionalmente, existen investigaciones en las cuales se emplea esta especie de hongos para tratar vertidos industriales, restaurar terrenos contaminados, e inclusive la capacidad de biosorción de Cadmio (Ruilova, María et al., 2020) p.19. También han mostrado capacidad carnívora para matar nematodos secretando gotas de toxina y micelios que contienen toxinas citoplasmáticas

(Singh et al., 2019, p.1).

#### 1.2.1.4. Propiedades medicinales

Varias especies de hongos ostra presentan importantes propiedades medicinales, específicamente *Pleurotus ostreatus* posee actividad antioxidante y antitumoral (Ha Thi, Chun Li y Chong Ho, 2018, p.3); se ha destacado también su valor medicinal para los diabéticos y en la terapia del cáncer.

Igualmente se ha logrado aislar compuestos con propiedades medicinales del cuerpo fructífero y micelio de este hongo, compuestos como: monoterpenoides de benzofuranona con actividad inhibidora de la producción de óxido nítrico (NO), proteínas hidrolizadas con actividad antioxidante, proteína y polisacáridos con actividad antitumoral, elementos minerales antioxidantes, y esterol con actividad para prevenir la osteomalacia y el raquitismo (Xiao Jie et al., 2017, p.3).

#### 1.2.1.5. Valor nutricional

Estudios recientes han revelado que este macromiceto es una especie rica en proteínas, vitamina, minerales (P, Ca, Fe, K y Na) y bajo en grasa. A continuación, se presenta la tabla 2-1 en la que se resume el contenido nutricional de la seta.

**Tabla 2-1:** Contenido nutricional de *Pleurotus ostreatus*

Componentes		Cantidad
<b>Proteínas</b>	Peso seco	10 - 30%
<b>Carbohidratos</b>	Peso seco	57%
<b>Grasas</b>	Peso seco	1%
<b>Vitaminas</b>	Tiamina (Vitamina B1)	4,8 - 7,8 mg/ 100 g
	Riboflavina (Vitamina B2)	4,7 -4,9 mg/100 g
	Niacina (Vitamina B5)	55 - 109 mg/ 100 g
	Acido ascórbico (Vitamina C)	36 - 58 mg/ 100 g
<b>Minerales</b>	Calcio	33 mg/ 100 g
	Fósforo	1,34 mg/ 100 g
	Hierro	15,20 mg/ 100 g

Fuente: Aguilar, 2020, p.25.

Realizado por: Pinta, M., 2023.

#### 1.2.2. Cultivo de *Pleurotus ostreatus*

Mundialmente el cultivo de *Pleurotus ostreatus* es amplio, debido a su adaptabilidad a cualquier

sustrato, rápida y fácil producción, propiedades nutricionales y valor en el mercado. Este hongo para su desarrollo necesita de compuestos lignocelulósicos que se encuentran en una amplia variedad de residuos agrícolas. Mediante la técnica de fermentación en estado sólido la seta recibe las condiciones adecuadas para su propagación y desarrollo; paralelamente se reduce el volumen de los residuos agrícolas, que son considerados como desechos difíciles de degradar (Pineda, Ramos y Soto, 2014, pp.14-16).

Este es uno de los grupos más importantes de hongos comestibles cultivados para su posterior comercialización, ocupando el segundo lugar a nivel mundial. El 99% de la producción de esta seta se encuentra en el continente asiático, especialmente en China; mientras que, en Latinoamérica, su producción se genera mayoritariamente en Brasil, México, Colombia, Argentina y Guatemala (Aguilar, Huamán y Holgado, 2019, p.2) .

El hongo *P. ostreatus* al tratarse de una especie que degrada eficientemente todo tipo de desecho orgánico, puede desarrollarse en una amplia gama de temperaturas; a diferencia de otros hongos comestibles necesita un tiempo corto para crecer y desarrollar sus cuerpos fructíferos, siempre y cuando disponga de fuentes nutricionales como carbono, nitrógeno y compuestos inorgánicos (Ruilova, María et al., 2020, p.11).

#### *1.2.2.1. Sustratos*

Esta especie de hongo comestible puede crecer sobre plantas vivas o muertas y gracias a su capacidad de segregar enzimas degradadoras de compuestos lignocelulósicos llega a colonizar una amplia variedad de sustratos e inclusive materiales pobres en nutrientes y vitaminas; los principales nutrientes que necesitan son carbono en mayor proporción y nitrógeno en menor cantidad, por lo que aquellos materiales que contengan celulosa, lignina y hemicelulosa pueden servir de sustrato para la producción de este hongo (Ha Thi, Chun Li y Chong Ho, 2018, p.3; Ruilova, María et al., 2020, p.14).

De acuerdo con revisión bibliográfica la concentración de carbono y nitrógeno en el sustrato tiene relación directa con el tiempo de propagación micelar, a mayor cantidad de carbono más fácil se adapta el hongo al sustrato e inicia con su degradación para obtener energía (Sánchez y Royse, 2001, p.60), por otro lado, el nitrógeno ayuda a la formación de componentes celulares y nuevas células incrementando población fúngica (Hernández y López, 2006, p.65).

Los residuos como la paja de arroz, trigo, cáscaras de semillas de algodón, aserrín, papel de desecho, hojas y residuos de caña de azúcar; son subproductos lignocelulósicos que se dejan en el campo para su pudrición o se los eliminan mediante la quema. Sin embargo, estos subproductos



pueden ser empleados en el cultivo de hongos ostra, transformando estos desechos en biomasa comestible con alto valor de mercado y de nutrientes (Ha Thi, Chun Li y Chong Ho, 2018, p.2). La calidad del hongo y su rendimiento depende del contenido nutricional y químico de los sustratos empleados.

### ***1.2.3. Fases del cultivo***

#### *1.2.3.1. Obtención de cepas*

Para obtener un micelio puro es necesario primero aislar la cepa del hongo, para ello se inocula un pequeño fragmento de la seta en un medio de cultivo estéril. El procedimiento generalmente se lo suele realizar en cajas Petri que contine un medio de cultivo que suele ser agar: Papa Dextrosa Agar (PDA), Extracto de Malta (EMA) o Sabouraud Dextrosa (SDA), el pH de estos medios es bajo por lo que inhibe la contaminación bacteriana (Rodríguez, Araque y Perdomo, 2006, p.5).

Una cepa pura se puede obtener aislando el hongo: por medio de tejido (fragmento del hongo), por medio de esporas o inoculando el medio de cultivo con micelio. De estas opciones es preferible optar por la tercera, por las siguientes razones:

- Mayor facilidad de obtención.
- La invasión del medio es más rápida.
- La fructificación presenta más uniformidad.

#### *1.2.3.2. Obtención de inóculo -Replicación de micelio*

Tras la obtención de las cepas puras se procede con la preparación del inóculo o spawn, término que describe el crecimiento del micelio sobre granos o cereales, este spawn será utilizado para la inoculación del sustrato empleado en la producción del hongo. Para llevar a cabo la obtención del inóculo existen dos pasos críticos como son la hidratación y esterilización del grano, los cuales se deben efectuar cuidadosamente para garantizar una rápida propagación del micelio y su pureza (Indesol, 2017, p.12).

La hidratación del grano se realiza sumergiendo el mismo en agua por un tiempo máximo de 24 horas, a fin de conseguir una hidratación aproximada de un 55%; cuando se dispone de volúmenes pequeños se los puede hidratar dejando hervir en agua aproximadamente 15 minutos (Gaitán et al., 2006, p. 15).

Después de la hidratación el grano será esterilizado en autoclave a 115 °C y 15 atm depresión por un tiempo mínimo de 45 minutos, preferentemente en frascos de vidrio; los frascos se dejan reposar hasta que alcancen la temperatura ambiente y se inocula con pedazos de agar colonizado (Gaitán et al., 2006, p.16; Guerrero, 2021, p.8).

Los frascos son trasladados a una incubadora y se deja reposar a temperatura con un rango de 20 - 30 °C en total obscuridad. Los frascos se sacudirán una semana después de la inoculación a fin de redistribuir el grano y lograr colonizar absolutamente todos los granos. Aproximadamente dos semanas después el inoculo madre estará listo para ser utilizado en el sustrato (Guerrero, 2021, p.10).

#### *1.2.3.3. Preparación de sustrato*

El sustrato para utilizar puede ser de cualquier tipo, pero antes de proceder con la humectación el sustrato se debe secar y reducir a un tamaño de la partícula preferentemente de 3-5 cm, a fin de aumentar la superficie de contacto para una retención adecuada de humedad, mejor compactación y facilidad al acceso de nutrientes (Santillán y Morocho, 2018, p.39).

Además, es sustancial lavar el sustrato adecuadamente para retirar toda partícula e inóculo de agentes patógenos, de ser posible efectuar una desinfección alcalina y de ese modo evitar la contaminación del cultivo (Heredia y Palomo, 2020, p.4).

#### *1.2.3.4. Humectación de sustrato*

Se recomienda que el sustrato a utilizar presente una humedad entre 60 y 75%; si los niveles son mayores afectara la disponibilidad de oxígeno, ocasionando la aparición de organismos que se desarrollan anaeróbicamente iniciando con la pudrición del sustrato; por otro lado, si el sustrato se encuentra muy seco, se inhibe el crecimiento del micelio dando paso a la disminución de la producción (Santillán y Morocho, 2018, p.40).

Para determinar si la humedad es adecuada y no se dispone de tiempo, ni equipo necesario, se puede hacer uso de la “prueba de la palma de la mano”, la cual consiste en tomar un puñado de sustrato y apretar fuertemente, si por acción de la gravedad caen unas pocas gotas, la humedad es correcta (Santillán y Morocho, 2018, p.40).

#### *1.2.3.5. Pasteurización de sustrato*

Proceso térmico que permite eliminar o disminuir la microbiota presente en el sustrato, evitando

así la competencia por nutrientes y espacio, permitiendo un desarrollo eficaz del hongo comestible (Guerrero, 2021, p.11).

Para llevar a cabo la pasteurización la temperatura debe mantenerse estable, ya que si se eleva demasiado puede ocasionar cambios en la composición química del sustrato, como solubilizar los azúcares simples predisponiendo al sustrato a una mayor invasión de hongos contaminantes; por el contrario, a temperaturas inferiores de 55 °C los organismos competidores del sustrato no serán destruidos (Indesol, 2017, p.12). Este proceso se puede aplicar empleando distintos métodos, mismos que se detallan a continuación:

- **Pasteurización con vapor:** el sustrato entra en contacto directo con el vapor generado por lo cual debe encontrarse en un área cerrada. Se recomienda que la temperatura alcance los 70 o 80 °C y se mantenga el sustrato en contacto con el vapor durante 2 a 4 horas (Guerrero, 2021, p.11). Si la pasteurización se lleva a cabo en autoclave la temperatura de este deberá alcanzar los 115 °C, ya que se ha probado que a esta temperatura se destruyen los microorganismos.
- **Pasteurización por inmersión en agua caliente:** es el método más accesible y solo consiste en sumergir el sustrato en agua caliente con una temperatura de 75 a 80 °C por 1 hora (Guerrero, 2021, p.11).

Al culminar el proceso de pasteurización se deja enfriar el sustrato antes de proceder con la siembra del inoculo (spawn) de esta manera se evita quemaduras o daño del micelio. Si se desea asegurar un buen cultivo se puede adicionar yeso o cal al sustrato, esto regulará el pH del medio e inhibirá el crecimiento de bacterias durante la fase de colonización (Micosecha, 2021, p.2).

#### *1.2.3.6. Inoculación*

Esta es la etapa más crítica del cultivo; por lo que el área de trabajo debe estar previamente limpia y desinfectada, mantener puertas y ventanas cerradas para que no existan corrientes de aire. Se coloca el sustrato lavado, humedecido y esterilizado en un área aséptica, una vez que este alcance una temperatura menor a 30 °C se procede a colocar la semilla inoculada con el micelio (Guerrero, 2021, p.12).

Para la inoculación procede a mezclar el spawn con el sustrato en una proporción del 2 al 5 % (peso húmedo) a medida que se llena la bolsa. Otra alternativa es alternar capas de sustratos con capas de semillas hasta casi llenar la bolsa. Luego se cierran las bolsas haciendo un nudo o

colocando una liga; no debe quedar mucho espacio entre el sustrato y el nudo, para evitar pérdida de humedad y la formación de hongos en la parte superior del sustrato (Indesol, 2017, p.17).

#### *1.2.3.7. Incubación*

Tras la inoculación las bolsas se trasladan a un área totalmente oscura, misma que reúna las condiciones óptimas para que el hongo invada totalmente el sustrato en el menor tiempo posible. El cuarto de incubación proporcionara al hongo las siguientes condiciones:

- Temperatura de 20 al 30 °C (Guerrero, 2021, p.16)
- Humedad de 70 al 80% (Ruilova, María et al., 2020, p.24)

Al transcurso de 4 o 5 días de la inoculación, se realizan pequeños cortes en las bolsas con ayuda de un bisturí estéril para permitir el intercambio de gases. El período de incubación varía entre 15 a 20 días dependiendo de la cepa. Durante este tiempo las bolsas deben ser vigiladas de cerca para detectar cualquier posible contaminación y eliminarla (Guerrero, 2021, p.16). Cuando las bolsas presenten micelio de color blanco algodonoso y cubra totalmente al sustrato estarán listas para ser trasladadas a la siguiente etapa (Santillán y Morocho, 2018, p.42).

#### *1.2.3.8. Fructificación*

Cuando el micelio haya cubierto todo el sustrato con una capa blanca compactada, se trasladan las bolsas a un lugar con ventilación moderada e iluminación difusa. La etapa inicia cuando se observa la formación de primordios y se procede a realizar cortes de aproximadamente 2 cm en la bolsa evitando dañar los primordios (Guerrero, 2021, p.18).

Para favorecer el desarrollo de los primordios se debe rociar agua sobre las fundas entre 4 a 5 veces al día con ayuda de atomizadores, reducir la temperatura a un rango de 12-22 °C y mantener la humedad relativa en un 85 – 90% (Guerrero, 2021, p.18).

Si la humedad ésta arriba de 90% se debe ventilar el espacio para reducirla, caso contrario el cultivo se “aguachina” y morirán los primordios. Por otro lado, si humedad relativa se encuentra por debajo del 60% se cierra el espacio y se riega agua al piso y paredes. Cuando exista la presencia de hongos, estos deberán regarse con atomizador, para evitar que se estríen o cuarteen y sigan creciendo normalmente (Santillán y Morocho, 2018, p.43).

Para el desarrollo de los cuerpos fructíferos la temperatura tendrá que aumentar de 18 a 24 °C

favoreciendo la velocidad de crecimiento; a temperaturas más bajas, la seta desarrolla un tejido carnoso más firme y de mejor calidad, sin embargo, se obtiene hongos más oscuros (Santillán y Morocho, 2018, p.43).

La concentración de oxígeno presente en el área de fructificación será mínimo del 60%, ya que niveles inferiores inhiben el crecimiento de cuerpos fructíferos; mientras que una excesiva ventilación causará pérdida de humedad del sustrato afectando el desarrollo del hongo (Santillán y Morocho, 2018). p.43. Por otro lado, si la concentración de CO<sub>2</sub> supera el 60%, se inhibe la formación de primordios o da lugar estipes alargados, píleo pequeño o ausencia de hongos (Ruilova, María et al., 2020, p.24).

Los requerimientos de iluminación son de 8 a 12 horas de luz natural; en caso de usar luz artificial es preferible las luces fluorescentes. Con referencia al pH se han citado un rango óptimo de crecimiento entre 5.5 a 6.5 (Ruilova, María et al., 2020, p.25).

#### *1.2.3.9. Cosecha*

Esta actividad se la realiza de manera manual, los cuerpos fructíferos se los retira con la ayuda de un cuchillo o simplemente girando el racimo, cuando los sombreros se encuentren totalmente extendidos. Es importante eliminar completamente el estipe, ya que si se deja algo de estipe adherido en el sustrato existe la posibilidad que se desarrollen mohos o bacterias, lo que contaminaría la siguiente cosecha (Guerrero, 2021, p.21).

Según (Santillán y Morocho, 2018, p.44), se puede obtener múltiples brotes por bolsa antes de desechar el sustrato, esto permite que el hongo se produzca en oleadas y se tenga al menos tres cosechas, siendo la primera la más productiva. Por lo que se importante mantener las bolsas del sustrato en las condiciones descritas en la etapa de fructificación.

#### *1.2.4. Indicadores de rendimiento y productividad*

Los indicadores de producción permitirán evaluar la cosecha de los hongos, proporcionando el rendimiento o productividad del sustrato empleado, generalmente uno de los indicadores más aceptado es la eficiencia biológica, la cual expresa el grado de biodegradación del sustrato (Ruilova y Hernández, 2015, p.34).

Los parámetros considerados a evaluar son los siguientes: Precocidad (P): Hace referencia al número de días transcurridos desde la siembra (inoculación) hasta visualizar la aparición de primordios, para lo cual se debe considerar cada una de las unidades experimentales

(Heredia y Palomo, 2020, p.6).

- Ciclo de cultivo o Período Productivo (PP): Tiempo transcurrido desde la inoculación del sustrato hasta la última cosecha (Rodríguez et al., 2018, p.4).
- Rendimiento @: Se obtiene al sacar la sumatoria del peso fresco de carpóforos producidos por unidad evaluada. Relaciona el peso de hongo fresco entre el peso del sustrato húmedo, viene expresado en porcentaje (Ruilova y Hernández, 2015, p.34).
- Eficiencia Biológica (EB): Relaciona el peso fresco de los hongos producidos y el peso seco de sustrato empleado, se expresa en porcentaje (Rodríguez et al., 2018, p.4).
- Tasa de Producción (TP): Se determina al dividir la eficacia biológica entre el tiempo de producción, el tiempo comprende el número de días transcurridos desde la inoculación del sustrato hasta la cosecha de los cuerpos fructíferos (Heredia y Palomo, 2020, p.6).

Un sustrato es considerado con aceptable calidad productiva a partir de eficiencias biológicas del 100%. Pero hasta el momento solo una investigación ha reportado EB de 89,7 % y una tasa de producción de 1,74 % en la mezcla de *Simmondsia chinensis* y *Jatropha macrocarpa*. Cuando se considera que el rendimiento de un sustrato es bajo se lo puede mejorar incorporando suplementos con fuentes nitrogenadas o utilizando mezclas de diferentes compuestos lignocelulósicos (Ruilova y Hernández, 2015, p.35).

### **1.2.5. Residuos lignocelulósicos**

Se considera como residuo lignocelulósico a la biomasa proveniente principalmente de la actividad agrícola, esta biomasa al culminar su ciclo productivo es trata como residuos sin utilidad. Estos residuos en su estructura contienen celulosa, hemicelulosa y lignina los cuales son difíciles de degradar (Asgar et al., 2017, p.2). La biomasa que se generan a partir de los cultivos y quedan después de su cosecha está integrada por diversos componentes tales como: tallos, fibras, cutículas, cáscaras, bagazos, rastrojos, restos de podas, frutas, etc. (MAyA, 2020, p.11).

Este tipo de residuos al ser tratarlos adecuadamente pueden convertirse en abono con alto contenido nutricional utilices para la agricultura orgánica; además al ser parte biodegradable de los residuos sólidos servirán de sustrato para generar productos de valor agregado a través de proceso biotecnológicos (Sharma y Garg, 2019, p.3).

Entre los procedimientos biotecnológicos que permiten dar un adecuado tratamiento o gestión a estos residuos, se encuentran tratamientos biológicos que degrada la materia orgánica mediante procesos de fermentación aerobia o anaerobia. Una técnica comúnmente utilizada y de fácil aplicación es la fermentación en estado sólido, misma que puede ser empleada para el cultivo, industrialización y comercialización de hongos comestibles a partir de residuos agrícolas (Pineda, Ramos y Soto, 2014, p.14).

#### *1.2.5.1. Problemas de ambientales para el país*

La agricultura es uno de los sectores que más aporta a la economía del Ecuador, pues se estima que el 8,5% del PIB de los últimos 11 años corresponde a la actividad agrícola; además acoge al 28% de la fuerza laboral y representa un 28% de las exportaciones del país (Calderón et al., 2017, pp.10-12). Sin embargo, esta es una de las principales actividades responsables de la liberación de sustancias contaminantes al ambiente, debido a que la gran cantidad de residuos orgánicos que quedan tras la producción son quemados o dispuestos en botaderos para su descomposición (Camacho et al., 2017, p.3).

Estos métodos de eliminación han provocado que a nivel nacional la agricultura sea uno de los sectores que aporte a la atmósfera la mayoría de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Se calcula que en Ecuador la agricultura emite a la atmósfera cercano a los 160 millones de toneladas CO<sub>2</sub> al año, que representan el 28% de GEI (Calderón et al., 2017, p.12).

De acuerdo con el Código Orgánico del Ambiente en su Art 229, una gestión apropiada de los residuos contribuirá a la prevención de los impactos y daños ambientales, así como a la prevención de los riesgos a la salud humana (MAE, 2018). Sin embargo, la mayoría de los residuos especialmente los agrícolas no cuentan con una adecuada disposición final.

A eso se suma, el desconocimiento sobre el potencial económico y la posibilidad de aprovechar los residuos orgánicos como sustratos para la obtención de productos con ventajas económicas, ocasionado que los residuos orgánicos se acumulen y generen un impacto negativo al ambiente. Por ello se ha vuelto de suma importancia el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías que permitan aprovechar estos residuos al máximo (Vargas y Pérez, 2018, p.4).

#### *1.2.5.2. Composición química*

Los residuos agrarios o lignocelulósicos son difíciles de degradarse de manera natural debido a

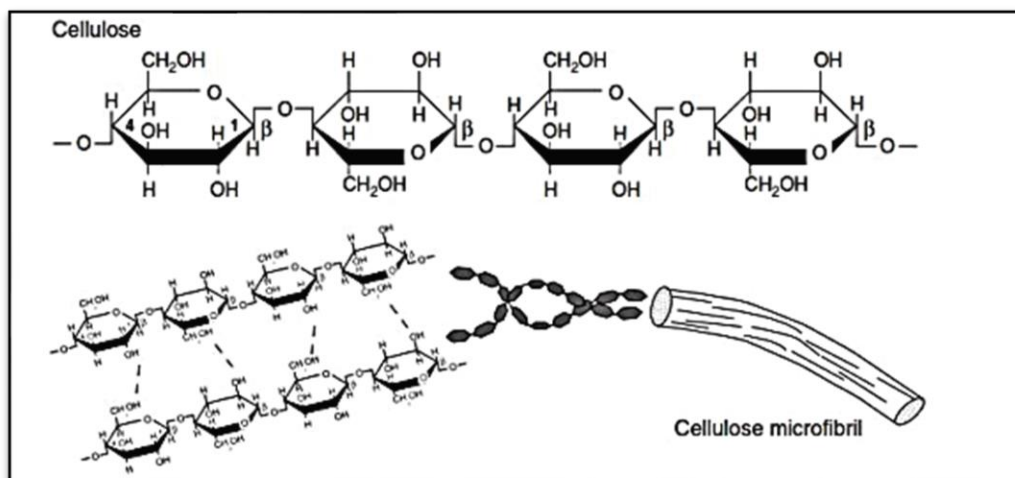
que presentan en su estructura biopolímeros como lignina, celulosa y hemicelulosa, cuya composición y distribución varía según el tipo de planta.

En la actualidad los residuos con este tipo de compuestos son considerados como materia orgánica que pueden ser reinvertidos en algún ciclo productivo generando un manejo sustentable; por ejemplo, se los puede compostar para producir biofertilizantes o emplearlos como sustrato para la producción de hongo con diversas aplicaciones (Betzabet et al., 2020, p.3), pues se ha demostrado la capacidad de estos microorganismos para degradar compuestos lignocelulósicos obtenido de esta manera los nutrientes necesarios para su desarrollo (Vargas y Pérez, 2018, pp.9-10).

### 1.2.5.3. Celulosa

Se trata de un polímero natural compuesto de largas cadenas de moléculas con subunidades de D-glucosa unidas mediante enlaces glucídicos  $\beta$  1-4, forma cadenas rectas con polímeros mayores a 1000 que pueden llegar hasta 10000 a 20000 dependiendo de su origen. Al juntar las capas de celulosa se forman las fibrillas o paquetes de celulosa que se encuentran unidos débilmente a través de enlaces de hidrogeno (Betzabet et al., 2020, p.3; Cortes, 2014, p.2).

Este biopolímero se forma por la repetición de unidades de  $\beta$ -D-glucopiranososa unidos covalentemente por funciones acetal entre el grupo hidroxilo ecuatorial de C4 (extremo no reductor) y átomos de carbono C1 (extremo reductor); resultando una estructura molecular de cadena helicoidal con un amplio número de grupos hidroxilo ubicados en los átomos de carbono C2, C3 y C6. Debido a las interacciones entre estos grupos la estructura de la celulosa es semicristalina (Laureano et al., 2021, p.3).



**Ilustración 2-1:** Estructura de la celulosa

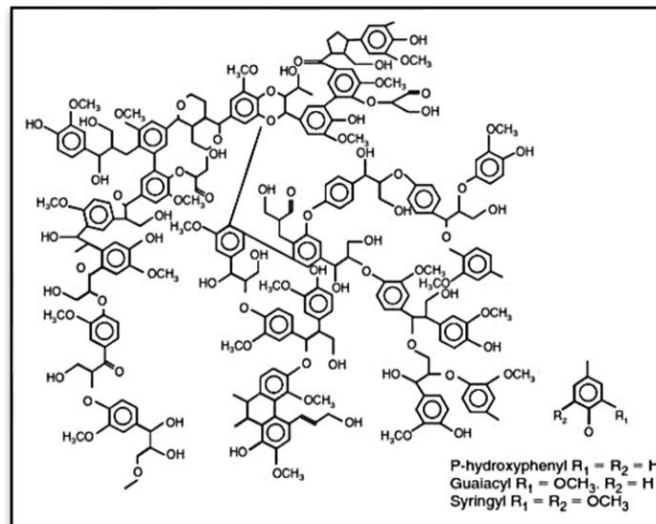
**Fuente:** (Valdez, 2015).



#### 1.2.5.4. Lignina

La lignina es uno de los polímeros más abundantes en la naturaleza y al igual que la celulosa y hemicelulosa se encuentra en la pared celular. Su objetivo principal es proporcionar soporte estructural, impermeabilidad y la resistencia contra el ataque microbiano y el estrés oxidativo a la planta. Su degradación es difícil al tratarse de una biomolécula insoluble en agua (Cortes, 2014, p.3).

Es un heteropolímero tridimensional, amorfo y ramificado compuesto por alcoholes aromáticos, que le dan protección, soporte estructural, rigidez, e impermeabilidad a los polisacáridos estructurales de celulosa y hemicelulosa. Su composición química se encuentra constituido principalmente por: cumaril, guaiacil y sirigil (Munguía, 2016, p.26).



**Ilustración 3-1:** Estructura de la lignina

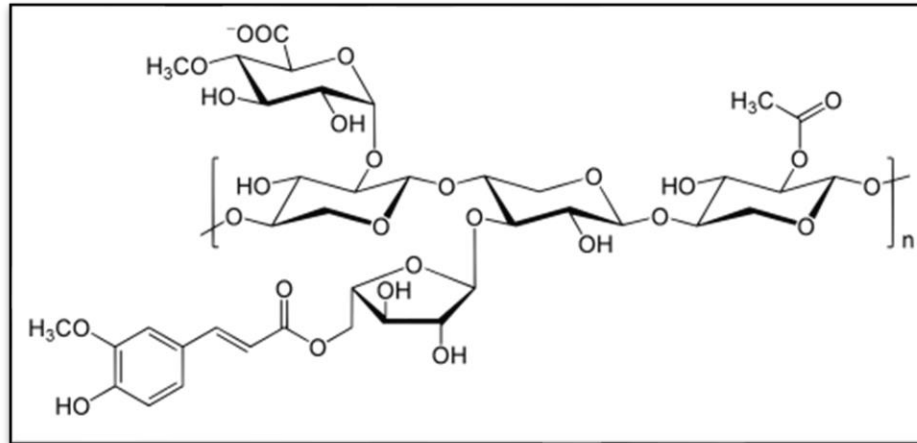
Fuente: (Valdez, 2015)

#### 1.2.5.5. Hemicelulosa

Se trata de un polisacárido de estructura compleja, constituido por pentosas, hexosas y ácidos de azúcar. Las subunidades que componen la hemicelulosa son: xilosa, ramnosa y arabinosa (pentosas), manosa, glucosa y galactosa (hexosas); en menor proporción, también hay ácidos urónicos (4-OMetilglucurónico, D-Glucurónico, y D-Galacturónico), constituyendo las sustancias pécticas las cuales se presentan principalmente de tres formas: protopectina, pectina y ácido péctico (Munguía, 2016, p.25).

La hemicelulosa al igual que la celulosa se compone de largas cadenas, pero a diferencias de esta

contiene pentosas, un peso molecular más bajo y cadenas laterales cortas con diferentes polímeros de azúcares fáciles de hidrolizar. La hemicelulosa sirve como conexión entre la lignina y las fibras de celulosa y le aporta rigidez al conjunto de celulosa - hemicelulosa - lignina. Cabe mencionar que el componente dominante de la hemicelulosa de la madera y plantas agrícolas es el xilano (Cortes, 2014, p.3).



**Ilustración 4-1:** Estructura de la hemicelulosa (xilano)

**Fuente:** (Parada, 2019).

#### 1.2.6. Fermentación en estado sólido

En los últimos años este tipo de fermentación se ha convertido en una opción importante para la industria biotecnológica, debido a que brinda la oportunidad de utilizar biomasa de desechos agrícolas como sustrato, proporcionando un valor agregado a estos desechos (Gupta y Jana, 2019, p.2). Además, se ha evidenciado el potencial que tiene este tipo de fermentación para convertirse en un método económico competitivo para la producción de enzimas celulasas (León Revelo, 2017, p.27).

Este tipo de fermentación lleva a cabo el proceso o transformación microbiológica sobre superficies sólidas orgánicas o superficies sólidas inertes. A diferencia de la fermentación en estado líquido, esta requiere de poca o nula agitación; permitiendo reducir los costos de operación, mayor rendimiento de producto, menor riesgo de contaminación bacteriana; por ello esta técnica es de gran importancia para muchas industrias de alimentos, bioenergía, farmacéutica y bioquímica (Guanhua et al., 2019, p.4; Lima et al., 2019, p.3).

El contenido líquido en el sistema de fermentación sólida está al nivel correspondiente de la actividad del agua, lo que asegura el crecimiento y metabolismo de microorganismos, así como la formación de productos deseables, pero no excede la capacidad máxima de retención de agua

de la sustancia sólida (León Revelo, 2017, p.27).

El sustrato sólido empleado sirve como fuente de nutrientes para el metabolismo y crecimiento del microorganismo (seta). Los sustratos más utilizados son materiales a base de almidón como frijoles, arroz y maíz, etc. Actualmente se emplean una serie de materiales lignocelulósicos como sustrato, debido a que proporciona beneficiosos espacios porosos para el crecimiento microbiano y la transferencia de calor y masa (Guanhua et al., 2019, p.1).

La fermentación sólida se usa principalmente para producir una variedad de ácidos orgánicos, enzimas y sobre todo biomasa fúngica, debido a la capacidad que tienen los hongos de alimentarse de la materia orgánica en la que crecen gracias a las enzimas que liberan, las cuales permiten la degradación de la celulosa, hemicelulosa y lignina (compuestos principales de la materia orgánica) a nutrientes, mismos que serán aprovechados por las hifas del micelio (Chang et al., 2020, p.5); por lo que el cultivo de hongos comestibles con esta metodología se ha vuelto común.

#### *1.2.6.1. Ventajas*

Algunas de las ventajas que presenta este tipo de fermentación sobre la fermentación sumergida convencional son las siguientes:

- Permite la producción de gran cantidad de enzimas microbianas, debido a que esta asemeja al hábitat natural del microorganismo.
- El sustrato tiene un bajo costo, pues generalmente hace uso de materiales lignocelulósicos considerados de bajo o nulo valor económico.
- Los sustratos utilizados permiten que exista una buena circulación de oxígeno.
- Menor consumo de energía, ya que no necesita de agitación constante.
- Se requiere un menor capital de inversión.
- Produce bajas cantidades de aguas residuales y es amigable con el medio ambiente.
- Utilización de fuentes de carbono inutilizables.

#### *1.2.7. Mora*

##### *1.2.7.1. Generalidades*

La mora (*Rubus glaucus Benth*), es una planta frutal tipo arbusto, trepadora, semirrecta y perenne, perteneciente a la familia *Rosacea*, genero *Rubus*. Se la considera una especie frutícola con alto

potencial de demanda; es comercializada en el país para consumo en fresco e industrializado, en el contexto internacional su pulpa y extracto son exportados fundamentalmente hacia los Estados Unidos (Sánchez et al., 2018, p.2).

Es originaria de las zonas altas tropicales de América, principalmente de Colombia, Ecuador, Panamá, Guatemala, México y Salvador. Se constituye de: tallos cilíndricos verde claro sin vellosidades, ciertas variedades presentan espinos, aunque actualmente las plantas con mayor demanda para el cultivo son aquellas que no presentan espinas; sus flores son blancas o rosadas y produce frutos ovalados de color rojo intenso o negro (Viteri et al., 2016, p.40).

Al tratarse de una planta perenne, la fase de envejecimiento y muerte se dará después de varios ciclos o años de crecimiento y producción; el tiempo dependerá del manejo y cuidados proporcionados por el productor (Viteri et al., 2016, p.48).

#### 1.2.7.2. Descripción taxonómica

**Tabla 3-1:** Descripción taxonómica de la mora

<b>Nombre científico</b>	<i>Rubus glaucus Benth</i>
<b>Reino</b>	Vegetal
<b>División</b>	Antofita
<b>Clase</b>	Dicotiledónea
<b>Subclase</b>	Arquiclamídea
<b>Orden</b>	Rosales
<b>Familia</b>	<i>Rosáceae</i>
<b>Género</b>	<i>Rubus</i>
<b>Especie</b>	<i>Glaucus</i>

Fuente: Viteri et al., 2016, p.39.

Realizado por: Pinta, M., 2023.

#### 1.2.7.3. Producción de mora

El cultivo de moras en Ecuador ha tomado gran relevancia en los últimos años, debido a las características agroecológicas y climáticas bastante aptas con las que cuenta el país para la producción de esta especie, permitiendo cosechas en ciclos continuos todos los meses del año (Fonseca et al., 2020, p.3). Constituyendo el sustento económico y permanente de más de 12.000 familias de medianos y pequeños productores, ya que a diferencia de otros rubros como maíz o fréjol cuya producción y réditos económicos son anuales, el cultivo de mora genera ingresos

económicos permanentes (Sánchez et al., 2018, p.2).

De acuerdo con el Tercer Censo Nacional Agropecuario, en el país existían 5.247 ha cultivadas, distribuidas en 14.546 unidades de producción (UPA), obteniendo una producción de 11.494 toneladas de fruta al año, cifras en las que se englobaba a 4.046 ha en monocultivo y 1.201 ha en cultivo asociado. Su cultivo se encuentra en manos de un amplio número de productores de medianas y pequeñas parcelas, las cuales en su mayoría no superan la hectárea (Viteri et al., 2016, pp.20-22).

A pesar de que la mora es un cultivo permanente que produce frutos durante todo el año, la producción presenta un comportamiento estacional trópico; por lo que las épocas de cosecha dependerán del régimen de lluvias de las diferentes zonas productoras (Basantes, 2015, p.6).

Su producción se ha ubicado principalmente en el callejón interandino, siendo las provincias de Bolívar y Tungurahua las de mayor producción, y en menor escala Cotopaxi, Imbabura, Pichincha, Chimborazo. De la producción nacional total: el 32% corresponde a Tungurahua, el 25% a Bolívar, el 19% a Cotopaxi, mientras que el 2%, 5% y 8% corresponden a Imbabura, Pichincha, Chimborazo respectivamente (Jácome et al., 2016, p.32).

#### *1.2.7.4. Residuos*

La planta de mora empieza a generar una gran cantidad de residuos lignocelulósicos cuando entra en la etapa productiva, debido a que esta etapa se caracteriza por la producción de inflorescencias y frutos de manera casi permanente en las ramas, mismas que se renuevan luego de la cosecha y posterior poda. La poda inicia aproximadamente tras 2 meses realizada la plantación para facilitar la formación y desarrollo de la planta; al cabo de 1 año cuando comience la producción, la frecuencia de poda será mayor debido a que será necesario darle a la planta mantenimiento para la renovación de brotes y estimular la producción (Galarza et al., 2016, p.107).

Aunque la poda es quizás una de las prácticas más importantes en el manejo de la mora pues facilita el majo integral del cultivo, contribuye a la disminución de plagas y enfermedades, mantiene una aireación e ingreso de luz favoreciendo la maduración de los frutos y proporciona cosechas más prolongadas y abundantes (Galarza et al., 2016, p.107). Esta práctica genera grandes volúmenes de desechos sólidos orgánicos, los cuales generalmente son quemados o arrojados en áreas a cielo abierto, ocasionando un gran impacto ambiental (Wan, Shen y Choi, 2019, p.5).

### 1.2.8. Tomate de carne

#### 1.2.8.1. Generalidades

Es una de las hortalizas más populares a lo largo del mundo habiendo más de 60 variedades con aspectos diferentes, color y sabor, su demanda crece continuamente (Cacoango, 2018, p.16). La planta es sensible a bajas temperaturas por lo cual se cultiva bajo cubierta (invernaderos) o en campo cuando el clima lo permite (Ministerio de Agroindustria de la República Argentina, 2017, p.3).

El tomate (*Solanum lycopersicum*) pertenece a la familia de las solanáceas, es originario de Sur América específicamente de la región Andina, integrada por países como Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú, donde existe la mayor variabilidad genética y abundancia. A nivel industrial es una de las conservas vegetales más importantes, debido a que se emplea como materia prima de una amplia variedad de productos derivados. Se producen extractos, salsas, triturados, jugos, aderezos o puré (Cacoango, 2018, p.16).

El tiempo requerido para la maduración del fruto puede variar de acuerdo con el método del cultivo, características propias de la variedad, tipo de nutrición y condiciones climáticas. Pero generalmente ocurre aproximadamente 80 días después del trasplante. Posteriormente la cosecha continúa hasta llegar de los 180 a 210 días después del trasplante (Cacoango, 2018, p.19).

#### 1.2.8.2. Descripción taxonómica

**Tabla 4-1:** Descripción taxonómica del tomate

Nombre científico	<i>Solanum lycopersicum</i>
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteride
Orden	Solanales
Familia	Solanáceae
Género	Solanum
Especie	Lycopersicum L

Fuente: Cacoango, 2018, p.16.

Realizado por: Pinta, M., 2023.

### *1.2.8.3. Producción de tomate*

Según la FAO en 2010 la producción mundial de tomate en los últimos años se ha mantenido estable, con un nivel promedio anual de 123,79 millones de toneladas, convirtiéndose en una de las hortalizas de mayor consumo mundial (Alemán et al., 2016, p.2).

Se estima que la superficie sembrada de tomate en Ecuador es de 1.834 ha, con una producción de 55.550 t. Encontrándose la mayor concentración de producción en la sierra con un 75,35% y la costa con un 24,65% ocupa el segundo lugar (Cacoango, 2018, p.12). La mayor parte de la producción de tomate a nivel nacional es a campo abierto, sin embargo, se calcula que alrededor de 1.250 ha de esta especie se cultivan bajo cubierta plástica, principalmente en las provincias de Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi, Azuay y en la Región Amazónica (Alemán et al., 2016, p.3).

Su cultivo se ha intensificado continuamente a lo largo de estos años, debido a la implementación de invernaderos, permitiendo proporcionar las condiciones ambientales y edáficas adecuadas para el desarrollo del tomate. En la provincia de Chimborazo siembran alrededor de 110 ha de tomate riñón, siendo una alternativa significativa en la economía de las familias campesinas. Solo en Riobamba se incrementó en un 10% la superficie cosechada, especialmente en las zonas de la parroquia San Luis, donde cada productor manejan entre 1 y 4 invernaderos (Cacoango, 2018, p.12).

### *1.2.8.4. Residuos*

El cultivo de tomate produce residuos principalmente al culminar su ciclo productivo, ya que los agricultores buscan despejar el área de cultivo lo antes posible para empezar con una nueva producción; por lo que los residuos de la planta de tomate son quemados o amontonados en espacios abiertos, incluyendo las cintas plásticas que se utilizaron para mantener recta la planta. Esto ocasiona graves problemas de contaminación, debido a que ya no solo se quema materia orgánica sino también material plástico, el mismo que al ser un polímero es difícil de degradar naturalmente (de León, 2009, p.41).

Pero una cantidad considerable de residuos también se generan cuando se poda partes de la planta como tallos, chupones, hojas, flores y frutos sobrantes. Esto se lo realiza con el objetivo de conservar la energía de la planta para el desarrollo de las partes comprometidas en la producción de los frutos; también permite balancear la nutrición, facilitar la aireación, permitir mayor penetración de luz y facilitar la recolección de la cosecha (Cacoango, 2018, p.24) Además, la poda de flores y frutos es una práctica recomendada con el fin de balancear el crecimiento vegetativo y generativo (Jaramillo, 2015, p.17).

### ***1.2.9. Poda***

Practica agrícola que consiste en eliminar ciertas ramificaciones de una planta, para darle mantenimiento e incrementar el desarrollo de los frutos. Puede ser considerada como una de las practicas más importantes en el manejo de las plantas frutales u ornamentales, ya que permite el majo integral del cultivo, reducir plagas y enfermedades, permite el ingreso de luz favoreciendo la maduración adecuada de los frutos y hace que las cosechas sean más prolongadas y abundantes (Galarza et al., 2016, p.22).



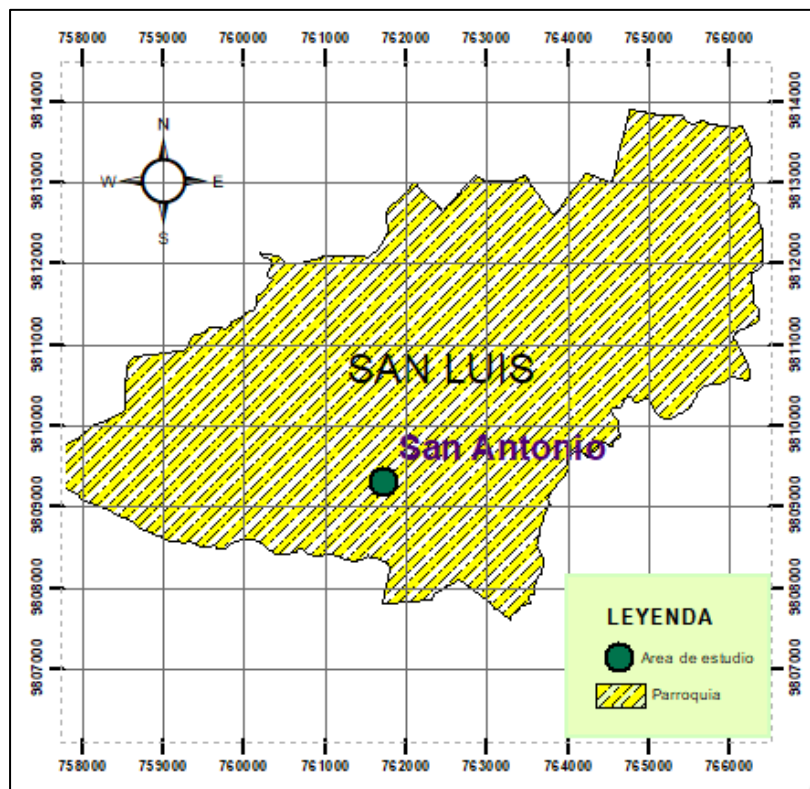
## CAPÍTULO II

### 2. METODOLOGÍA

#### 2.1. Localización del Estudio

La presente investigación se realizó en el laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ubicada en la Panamericana Sur km 1 ½ de la ciudad de Riobamba; mientras que la fase de cultivo se establece en la comunidad de San Antonio, parroquia San Luis del cantón Riobamba.

La comunidad de San Antonio al formar parte de la parroquia San Luis se encuentra a una altura de 2.300 a 3.000 msnm, correspondiente a un clima templado frío o semifrío, con temperaturas que oscilan entre 13 y 24 °C, precipitación anual de 799,9 mm con máximos en abril y octubre y el mínimo en julio; la humedad relativa en el año varía entre 77 y 81 % (GAD Riobamba, 2020, p.25).



**Ilustración 1-2:** Localización del área de cultivo

Realizado por: Pinta, M., 2023.

## 2.2. Tipo de Investigación

La presente investigación tiene un enfoque de carácter cuantitativo, ya que para evaluar la eficiencia biológica (EB), tasa de producción (TP) y el rendimiento (R) del hongo *Pleurotus ostreatus* al ser cultivado en los residuos de mora, tomate y quinua; fue necesario recopilar datos numéricos.

Su alcance es de tipo correlacional, pues se compara la producción que se tiene del hongo según el tratamiento empleado; a fin de conocer cuál de los sustratos proporciona mejores resultados durante el cultivo del hongo ostra y su factibilidad como fuente de nutrientes.

## 2.3. Identificación de variables

**Tabla 1-2:** Identificación de variables

Variables dependientes	Variables independientes	Variables intervinientes
<ul style="list-style-type: none"><li>• Eficiencia biológica</li><li>• Tasa de producción</li><li>• Rendimiento</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sustrato</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tamaño de sustrato</li><li>• Luz</li><li>• Temperatura</li><li>• pH</li><li>• Humedad</li></ul>

Realizado por: Pinta, M., 2023.

## 2.4. Hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis general

**H0:** La concentración del sustrato no influye en la producción de *Pleurotus ostreatus*.

### 2.4.2. Hipótesis alternativa

**H1:** La concentración del sustrato influye en la producción de *Pleurotus ostreatus*.

## 2.5. Diseño de la Investigación

Se propone una investigación experimental correspondiente al diseño factorial; en donde se evalúa la producción de hongos comestibles en 3 tratamientos (mezcla de sustratos) con 6 réplicas cada uno, dando un total de 18 unidades experimentales, las cuales se evalúan bajo las mismas

condiciones ambientales.

### **2.5.1. Población de estudio**

La población de estudio consta de un total de 18 unidades experimentales, evaluadas bajo condiciones ambientales de la zona de cultivo. Dichas unidades se conforman por una mezcla de residuos lignocelulósicos de quinua (referencia), mora y tomate, recolectados en la localidad de San Antonio desechados tras la poda.

### **2.5.2. Tamaño de la muestra**

Debido a que la población de estudio es pequeña no se selecciona una muestra, ya que es necesario observar y recolectar datos de todas las unidades experimentales para garantizar resultados confiables. Cada unidad experimental consta de una bolsa con 1 kg de sustrato húmedo, esta cantidad se estableció en función a la disponibilidad de sustrato y el espacio destinado para el cultivo.

La ubicación de las unidades experimentales se lo realiza completamente al azar, colocando las bolsas en bloques independientemente del tratamiento.

### **2.5.3. Descripción de unidades experimentales**

Cada unidad experimental está compuesta por una mezcla de tres sustratos en diferentes proporciones, los residuos empleados como sustrato son: la quinua (usada como referencia), la mora y el tomate (residuos a valorar).

**Tabla 2–2:** Tratamientos experimentales

<b>Tratamiento</b>	<b>Tipo de residuo</b>	<b>Concentración</b>	<b>Replicas</b>
T1	Quinua + Mora + Tomate	50% + 25% + 25%	6
T2	Quinua + Mora + Tomate	25% + 50% + 25%	6
T3	Quinua + Mora + Tomate	25% + 25% + 50%	6

Realizado por: Pinta, M., 2023.

## 2.6. Procedimiento del cultivo

### 2.6.1. Reactivación *sepa de Pleurotus*

La reactivación se lleva a cabo en cajas Petri, empleando Papa Dextrosa Agar (PDA). En primera instancia se esteriliza el material a utilizar y el Agar por 30 min a 115 °C; posteriormente el material esterilizado se lleva a la cámara de flujo laminar, se procede a verter el agar en las cajas y se deja solidificar.

Tras la solidificación se coloca pequeños trozos de agar previamente colonizado dentro de las cajas, para que la sepa se reactive y se propague en toda la caja; este procedimiento se realiza bajo condiciones de asepsia.

Las cajas Petri son selladas y etiquetadas adecuadamente para evitar contaminación, estas se trasladan a una incubadora por un lapso de 10 días a 28 °C, tiempo en que el micelio colonizara completamente la caja mostrando una apariencia algodonosa de coloración blanquecina.

Es importante revisar periódicamente el crecimiento micelar en las placas, ya que en cualquier momento puede generarse contaminación. Además, para garantizar la obtención de una sepa pura es necesario aislar el hongo al menos cuatro veces y así evitar la aparición de contaminación en los pasos siguientes.



**Ilustración 2-2:** Agar (PDA) solidificado; placa colonizada

Realizado por: Pinta, M., 2023.

### 2.6.2. Elaboración de *Spawn o inóculo*

El *Spawn* hace referencia al crecimiento y propagación micelar masiva del hongo sobre granos de cereal principalmente trigo o sorgo; conocida también como semilla primario o cepa madre (Rodríguez, Araque y Perdomo, 2006, p.7).

Para esta investigación el spawn se elabora empleando granos de trigo, ya que de acuerdo con la revisión bibliográfica este presenta buenos resultados al momento del desarrollo micelar del hongo y el tiempo de propagación es menor en comparación con otros cereales.

El primer paso que se trata de la hidratación del grano se lo realiza de acuerdo con los siguientes métodos:

#### *2.6.2.1. Inmersión en agua por 24 horas*

El trigo se enjuaga con agua varias veces para retirar todas las impurezas presentes en el mismo; luego se deja los granos en un recipiente con agua durante 24 horas a fin de que estos adquieran humedad. Una vez transcurrido este tiempo se retira el trigo del agua y con la ayuda de un colador se escurre el exceso de agua, esto se realiza para que la humedad presente en el trigo se alrededor del 80%; posteriormente se coloca el trigo en frascos de vidrio que se cubren con papel aluminio sin llenarlos por completo.

#### *2.6.2.2. Inmisión en agua caliente*

Buscando reducir el tiempo de hidratación del grano se emplea este segundo método. Para este caso al igual que el anterior es necesario retirar las impurezas del trigo mediante el lavado, se procede a colocar el trigo en una olla con agua expuesta al calor, dejar hervir por 20 min y retirar la olla del reverbero para que enfríe; posteriormente retirar los granos de trigo de la olla y dejar colar durante 1 hora para escurrir el exceso de humedad. Seguidamente se coloca en frascos de vidrio el trigo sin llenarlos por completo y se procede a cubrir con papel aluminio.



**Ilustración 3-2:** Limpieza y cocción de granos

Realizado por: Pinta, M., 2023.

Los frascos resultantes independientemente del método empleado se llevan a esterilizar en autoclave a una temperatura de 115 °C durante 1 hora. Para garantizar la eliminación de los microorganismos presentes en el trigo, sobre todo hongos ajenos al que se desea propagar y evitar una futura contaminación.

Culminada la esterilización se trasladan los frascos a la cámara de flujo para que se enfríe el trigo; una vez que el trigo alcance una temperatura de 30 °C se procede a inocular cada frasco con un pedazo de micelio con agar de aproximadamente 2cm<sup>2</sup>, se etiqueta y sella adecuadamente cada frasco.

Finalmente se incuban los frascos por un lapso de 20 días en total oscuridad a una temperatura de 28 °C, cada semana se redistribuyen los granos de los frascos agitándolos a fin de que el micelio se propague en todo el trigo. Una vez obtenido el inoculo primario se procede con la preparación del inoculo secundario, empleando los métodos expuestos anteriormente; pero esta vez colocando en los nuevos frascos el inoculo primario.

Cabe mencionar que el micelio se propaga con mayor rapidez en el trigo hervido, esto debido a que el trigo al ser sometido a un proceso de cocción presenta una consistencia más blanda ya que su endospermo se rompe, permitiendo que las hifas del hongo penetren con mayor facilidad al trigo (Arana-Gabriel et al., 2014, p 3).



**Ilustración 4-2:** Inoculación del trigo; Invasión completa de micelio

**Realizado por:** Pinta, M., 2023.

### **2.6.3. Preparación de sustrato**

Los residuos que se emplean como sustrato para su posterior valoración son residuos de quinua, mora y tomate. Para ello se recolecta los residuos vegetales recién podados de mora y tomate en la comunidad de San Antonio; se los deja secar mediante exposición solar, evitando que entren en contacto con el agua y empiecen a pudrir. Los residuos de quinua se obtienen del saldo sobrante de un trabajo anterior.

Una vez seco el residuo se procede a fragmentar en trozos pequeños de 3 a 10 cm, mismos que se recolectan en un saco y se lava con abundante agua para retirar las impurezas; posteriormente sumergir los residuos en agua para que se hidraten durante 12 horas, transcurrido este tiempo retirar los residuos del agua y dejar que se escurra el exceso.

Finalmente se procede con la pauperización, para ello primero se colocan los residuos en un mesón previamente desinfectado con cloro y alcohol, se añadió 5 g de cal por cada 500g de sustrato. A fin de garantizar una buena la eliminación de agentes contaminantes del sustrato, se coloca los residuos del mesón en fundas de polipropileno y se procede a esterilizar en autoclave a una temperatura de 115 °C, 15 atm de presión por 2 horas.

### **2.6.4. Inoculación de sustrato**

Terminada la esterilización las fundas con el sustrato son llevadas a la cama de flujo para que se enfrié, cuando el sustrato alcance una temperatura aproximada de 40 °C se procede a colocar 1 kg de la mezcla de sustratos con diferente proporción en fundas transparentes, obteniendo 6 réplicas para cada tratamiento, con un total de 18 unidades experimentales.

Cuando el sustrato en las fundas llegue a 30 °C se inicia con la inoculación; para ello en cada bolsa se añade un 10% de micelio en base al peso húmedo del sustrato, se agitan las bolsas a fin de distribuir el micelio por todo el sustrato para garantizar su total colonización. Consecutivamente las bolsas se cierran con una liga, retirando el exceso de aire y se etiquetan de acuerdo con el tratamiento y la réplica que representa.



**Ilustración 5-2:** Incorporación de micelio; Distribución de micelio

Realizado por: Pinta, M., 2023.

### **2.6.5. Incubación**

Las fundas inoculadas se transportan hasta la comunidad de San Antonio y son colocadas en un armario adecuado para su incubación, en condiciones de obscuridad total y una temperatura que oscila de 16 °C a 25 °C; al transcurso de 5 días se realizan pequeñas perforaciones en las bolsas con la ayuda de estilete estéril, para permitir el intercambio gaseoso favoreciendo la respiración del micelio y su propagación. Esta etapa dura hasta que el sustrato en las bolsas sea cubierto totalmente por una capa blanca de micelio.

Además, en esta etapa se toma en cuenta el tiempo que demora el micelio en colonizar por completo el sustrato.

### **2.6.6. Fructificación y Cosecha**

Cuando el sustrato se ha colonizado completamente por el micelio las bolsas son retiradas del armario y se las sitúa sobre una mesa dentro de un cuarto adecuado para la etapa de fructificación. El cuarto presenta una ventana amplia por la que ingresa luz solar 12 horas al día y su ventilación es moderada, la temperatura se mantiene en un rango de 17 °C a 22 °C; la humedad adecuada se proporciona mediante la aspersión de agua sobre las bolsas con la ayuda de atomizadores.

Tras la aparición de primordios se realizan pequeños cortes en forma de V sobre las bolsas favoreciendo su desarrollo; para permitir un adecuado desarrollo de los cuerpos fructíferos se los irriga con un aspersor 4 veces al día. La etapa de fructificación culmina aproximadamente 8 días después de la aparición de primordios; en este momento se inicia con la primera cosecha de los hongos que se encuentran completamente desarrollados, antes que sus sombreros se extiendan



completamente. Las bolsas se mantienen bajo las condiciones de fructificación para obtener más cosechas.

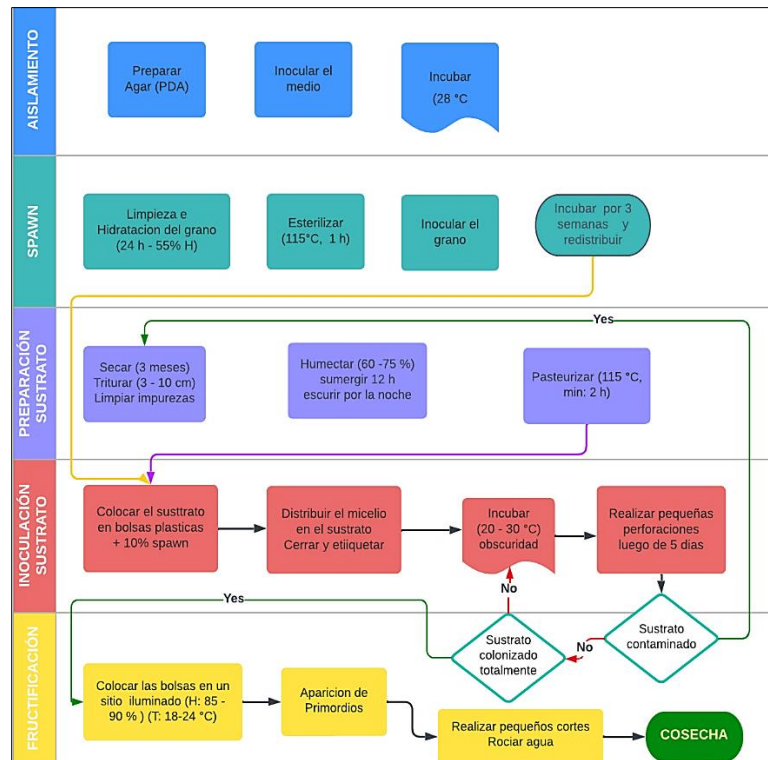


**Ilustración 6-2:** Aparición de primordios; colonización de sustrato

Realizado por: Pinta, M., 2023.

### 2.6.7. Esquema del proceso de cultivo

A continuación, se muestra en resumen el proceso a seguir para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*:



**Ilustración 7-2:** Proceso del cultivo de *Pleurotus ostreatus*

Realizado por: Pinta, M., 2023.

## 2.7. Análisis bromatológico

El análisis bromatológico de los residuos, así como la biomasa fúngica se realizó en los laboratorios MULTIANALITYCA CIA, LTDA. de la ciudad de Quito, este análisis se complementa con la determinación del contenido de lignina y celulosa de cada sustrato.

**Tabla 3-2:** Parámetros para analizar

Muestra	Materia vegetal	Nutrientes
M1	Residuos de Mora Residuos de Tomate	pH Carbono Nitrógeno Lignina Celulosa Humedad Fibra
M2	Cuerpos fructíferos	Proteína Grasas Carbohidratos Fibra Humedad Ceniza

Realizado por: Pinta, M., 2023.

## 2.8. Determinación de los indicadores de rendimiento y productividad

### 2.8.1. Postcosecha

Tras la cosecha las variables que se determinan son las siguientes:

- **Producción:** Se refiere al peso total de las setas cultivadas en cada unidad experimental
- **Rendimiento:** Relación entre el peso de los hongos cultivados y el peso del sustrato húmedo, expresado en unidades de porcentaje.

$$R = \frac{\text{Peso del hongo (g)}}{\text{Peso de sustrato húmedo (g)}} * 100$$

- **Eficiencia biológica:** Relación entre el peso de los hongos cultivados y el peso del sustrato seco, expresado en unidades de porcentaje.

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

- **Tasa de producción:** Relaciona la eficiencia biológica con el tiempo de producción.

$$R = \frac{EF (\%)}{\text{Tiempo de producción (día)}}$$

## 2.9. Análisis Estadístico Inferencial

Para el análisis de datos se hace uso del software InfoStat, en el cual se ingresan los datos recolectados sobre las características de los hongos cultivados, posteriormente se efectúa un análisis de varianza ANOVA a fin de saber si la producción del hongo comestible en los diferentes tratamientos presenta diferencias significativas; es decir si uno de los sustratos resulta ser mejor que el otro.

El análisis ANOVA permitirá analizar la significancia relativa de la variable independiente en la variable de respuesta; en el presente estudio el único factor determinante a considerar es la concentración del sustrato, ya que en las diferentes unidades experimentales los demás factores se mantienen iguales. Este análisis se desarrolla aproximadamente con un 95% de confianza.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Análisis bromatológico de los sustratos

En la tabla 1-3 se presentan los resultados del análisis proximal de los residuos empleados como sustrato para el cultivo del hongo comestible

**Tabla 1-3:** Parámetros fisicoquímicos de sustratos

Parámetro	Unidad	MORA	TOMATE	QUINUA
Humedad	%	83.9	83.7	78.157
pH	-	5.3	5.6	5.63
Carbono	%	49.8	9.1	-
Nitrógeno	%	1.51	0.4	-
Lignina	%	24.551	12.363	29.63
Celulosa	%	49.501	24.128	31.81
Fibra	%	9.57	3.64	59.45

Realizado por: Pinta, M., 2023.

De la **tabla 1-3** se puede apreciar que el pH de los tres sustratos y la humedad de la quinua se encuentran dentro de los valores reportados por Rodríguez (2019, p.37) en su trabajo titulado “Evaluación de la eficiencia de crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en residuos del cultivo de *Chenopodium quinoa*” y los recomendados por Ardón (2007, p.93) en su trabajo “La producción de los hongos comestibles”; por otra parte, el contenido de humedad en los sustrato de mora y tomate exceden el rango recomendado por Dr. Gonzales (2007, p.6) mismo que debe ser del 60 a 70%, esto se solvento drenado el exceso por pequeños cortes debajo de las bolsas.

El contenido de carbono y nitrógeno es superior en los residuos de mora, mientras que el tomate presenta cantidades mínimas en estos parámetros, esto se refleja en el cálculo de la relación C/N teniendo un valor de 32.98 para la mora y un 22.75 en el tomate; según Ardón (2007, p.96) relación óptima de C/N para el desarrollo de hongos ostra debía ser 30.46. Los valores expuestos anteriormente son cercanos a los presentados en el trabajo titulado “Hongos Comestibles y Medicinales” por Ruilova, María et al., (2020, p.26), donde se menciona que la relación C/N que favorece la aparición de primordios va de 22 a 30.1.

La celulosa se encuentra en mayor cantidad en los residuos de mora con un 49.501%, seguido de la quinua y finalmente el tomate con 24.128%; la lignina sin embargo se encuentra presente mayoritariamente en la quinua con un 29.63%; en comparación con los valores reportados por Diaz et al. (2019, p.6) en la investigación denominada “Producción de *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) ICFC 153/99 cultivado sobre diferentes residuos lignocelulósicos”, los valores del presente trabajo son similares al contenido encontrado en el bagazo de caña con 36% celulosa y 9% lignina; pero son superiores respecto al contenido de lignina 2% y celulosa 8% en residuos de pasto.

Otros investigadores como Rodríguez (2019, p.37), Cáceres (2017, p.37) y Pilataxi y Espín (2022, p.45) reportan contenidos de celulosa dentro de un rango de 20 a 70% y lignina de 15 a 50% en diferentes residuos valorados para la producción de *P. ostreatus*, residuos como rastrojo de quinua, cebada, cacao y bagazo de caña. Por lo que se deduce que los tratamientos planteados son adecuados para la producción de este tipo de hongo, siendo los residuos de mora los que mayor contenido nutricional aporten.

### 3.2. Tiempo de desarrollo y crecimiento de *Pleurotus ostreatus*

En la tabla 2-3 se detalla el tiempo promedio requerido en las diferentes etapas del cultivo de la seta de acuerdo con el tratamiento empleado.

**Tabla 2-3:** Tiempo en días promedio para la obtención de cuerpos fructíferos

<b>Etapa</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
Purificación	10	10	10
Spawn	20	20	20
Propagación de micelio	25	25	29
Aparición de primordios	11	10	11
Fructificación	8	8	8
<b>Tiempo total</b>	<b>74</b>	<b>73</b>	<b>78</b>

Realizado por: Pinta, M., 2023.

En la tabla 2-3 se puede apreciar que el tratamiento T2 mostró resultados en menos tiempo con 73 días y T3 al cabo de 5 días más; estos valores son cercanos a los reportados por Gaitán et al., (2006 pp. 9-24) en su trabajo que lleva por nombre “Manual práctico del cultivo de setas. Aislamiento, siembra y producción”, en el que describe que el tiempo requerido para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* es aproximadamente de 68 días; distribuidos de la siguiente manera, aislamiento en cajas 10, obtención de inóculo 20, propagación en sustrato 20, aparición de

primordios 10, desarrolló del hongo 8 días.

A pesar que el tiempo total de cada tratamiento sobrepasa el valor establecido por Gaitán et al., (2006) como tiempo de referencia para el cultivo del hongo ostra, se considera de manera general que los tres tratamientos muestran un tiempo adecuado para la obtención de los hongos comestibles; puesto que otros autores dependiendo del sustrato utilizado evidencian tiempos de 20 a 40 días solo para la etapa de incubación; por ejemplo en el trabajo titulado “Productividad del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en sustrato de café y determinación del valor nutricional” realizado por Córdova (2021, pp. 13-15) el tiempo empleado para la obtención de la primera cosecha fue de 64 días contando desde la inoculación del sustrato; por su parte Díaz et al., (2019, p.4) en su investigación menciona que los sustratos (paja de arroz, bagazo de caña de azúcar, coronta de maíz y pasto de parques) valorados fueron invadidos completamente por el micelio al transcurso de 40 a 43 días.

### 3.3. Indicadores de rendimiento y productividad

#### 3.3.1. Producción

**Tabla 3-3:** Peso promedio de hongos cultivados por cosecha

Tratamiento	Cosecha 1 (g)	Cosecha 2 (g)	Total (g)
T1	204	103	307
T2	211	124	335
T3	178	96	274

Realizado por: Pinta, M., 2023.

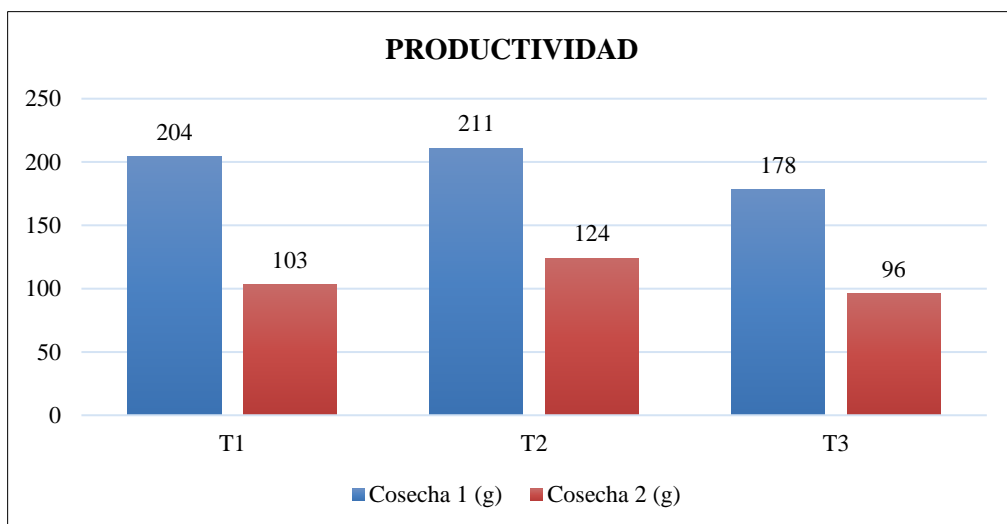
En la tabla 3-3 se presenta el peso promedio de los hongos cultivados en base al tratamiento empleado: la producción de *Pleurotus ostreatus* se calcula tomando en cuenta 2 cosechas por unidad experimental, considerando que estas son las más productivas.

En la tabla 3-3 se evidencia que el tratamiento compuesto por el 50% de residuos de mora (T2) obtuvo la mejor producción con un promedio de 335 g de hongos por unidad experimental entre ambas cosechas; seguido de T1 y T3 con 307 g y 274 g respectivamente. Además, la producción entre la primera y segunda cosecha difiere aproximadamente por 100 g independientemente del tratamiento, mostrando que la primera cosecha es la más productiva.

Estos resultados en comparación con la producción obtenida en el trabajo titulado “Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales

del departamento de Cundinamarca”, llevado a cabo por Hernández y López (2006, p.48) son inferiores, pues ellos reportan los siguientes valores de producción en sustratos como: capacho de uchuva (761 g), aserrín (700 g), y tusa de mazorca (567 g); sin embargo, son ligeramente superiores a los obtenidos por Cueva (2018, p.32) en hojas de plátano con 243.49 g, tusa de maíz 234.56 g y cascara de cacao 262.49 g en su investigación denominada “Aprovechamiento de residuos de plátano, cacao y maíz como sustrato para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*”.

Por otro lado, los resultados de producción del presente trabajo son similares a los obtenidos por Rodríguez (2019, p.41) en un tratamiento mixto 50:50 tallo y hojas de quinua con 306.16 g; y a los reportados por Pilataxi y Espín (2022, p.48) en tratamientos mixtos con mazorca de cacao, rastrojo de quinua y bagazo de malta, obteniendo una producción de 376 g con T3 constituido por 50% de mazorca de cacao, y 335 g con T4 constituido por 50% rastrojo de quinua.



**Ilustración 1-3:** Producción promedio del cultivo de setas en cada tratamiento

Realizado por: Pinta, M., 2023.

### 3.3.2. *Determinación del rendimiento*

La tabla 4-3 contiene los valores del rendimiento obtenido en cada unida experimental de acuerdo con el tratamiento aplicado. El peso utilizado para el cálculo de este parámetro es de 1000 g de sustrato húmedo.

**Tabla 4-3:** Rendimiento por unidad experimental y tratamiento

<b>Tratamiento</b>	<b>S1 (%)</b>	<b>S2 (%)</b>	<b>S3 (%)</b>	<b>S4 (%)</b>	<b>S5 (%)</b>	<b>S6 (%)</b>	<b>Promedio</b>
<b>T1</b>	29	30.8	37.9	30.6	31.4	24.6	30.72
<b>T2</b>	33.9	34.4	40.9	29.6	31.3	30.9	33.5
<b>T3</b>	23.5	33.8	30.7	26.7	18.8	30.6	27.35

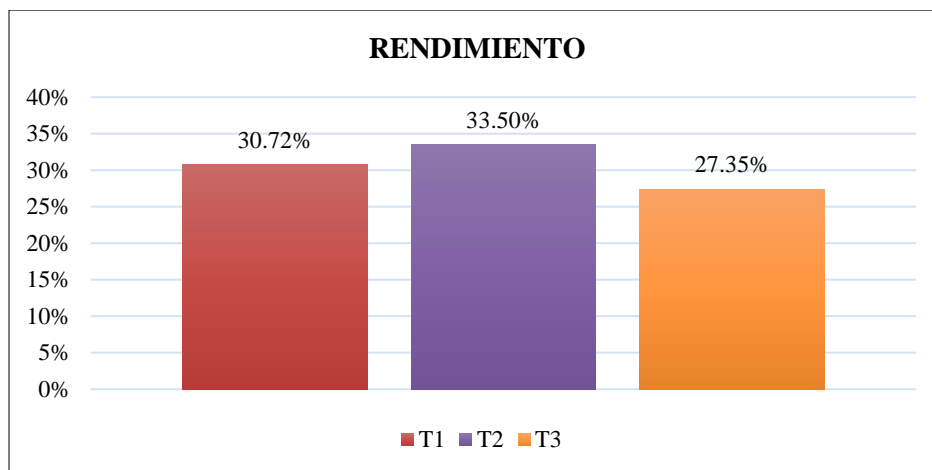
Realizado por: Pinta, M., 2023.

En la tabla 4-3 se aprecia que el rendimiento de cada unidad experimental difiere, inclusive aquellos rendimientos pertenecientes al mismo tratamiento; pero en base al promedio general se evidencia que el mejor rendimiento lo obtuvo T2 con un 33.5%, en segundo lugar, se ubica el tratamiento T1 con 30.72% y finalmente T3 con 27.35% es el tratamiento de menor rendimiento; estos valores no muestran gran diferencia debido a que cada tratamiento resulta de la mezcla de los sustratos valorados (quinua, mora, tomate).

Los porcentajes de rendimiento mostrados anteriores son superiores a los obtenidos por Martínez (2017, p.7) en la cáscara de haba con un rendimiento de 19.70%, y al 20.32% resultado del tratamiento que combina partes iguales de hoja de plátano, mazorca de cacao y tuza de maíz, reportado por Cueva (2018, p.43); este mismo autor valora la hoja de plátano y la tusa de maíz por separado como sustrato, obteniendo rendimientos del 22.13% y 21.32% respectivamente, estos datos son similares al porcentaje de T3 mostrado en la tabla 4-3.

Por su parte T1 y T2 presentan valores cercanos a los reportados por Hernández y López (2006, p.49) en la cascara de arveja 35.18%, tuza de mazorca 29.08% y capacho de uchuva 39.03%. Para mezcla de sustratos Pilataxi y Espín (2022, p.49) evidencian en su trabajo rendimientos de 37.6% y 33.5% con tratamiento mixtos de cacao, quinua y bagazo, valores semejantes a los de T1 y T2 de este estudio. Además, Rodríguez (2019, p.50) manifiesta que en el tratamiento mixto tallos-hojas 50:50 de quinua obtuvo un rendimiento de 30,62%, dato equivalente al conseguido con T1 en el presente estudio, tratamiento constituido del 50% de quinua.





**Ilustración 2-3:** Rendimiento promedio según tratamiento

Realizado por: Pinta, M., 2023.

### 3.3.3. Determinación de eficiencia biológica

En la tabla 5-3 se coloca los valores promedio de la eficiencia biológica por cada replica de los diferentes tratamientos.

**Tabla 5-3:** Eficiencia biológica por unidad experimental y tratamiento

Tratamiento	S1 (%)	S2 (%)	S3 (%)	S4 (%)	S5 (%)	S6 (%)	Promedio
T1	87.35	67.54	80.98	64.56	65.42	62.44	71.38
T2	72.59	87.98	94.68	71.5	63.62	70.55	76.82
T3	46.72	68.42	54.82	61.1	40.69	70.02	56.96

Realizado por: Pinta, M., 2023.

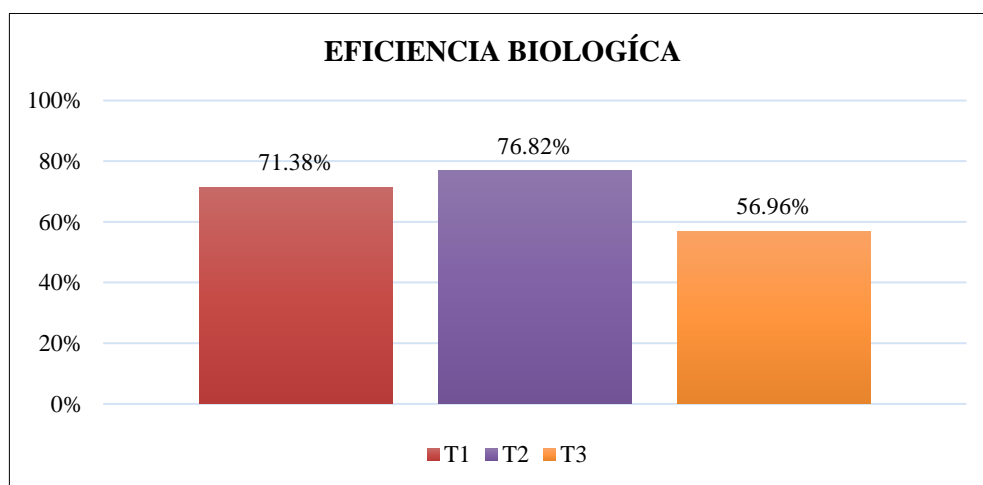
Los resultados de la tabla muestran que el tratamiento T2 obtuvo la mejor eficiencia biológica con un porcentaje de 76.82%, el tratamiento T1 lo sigue de cerca con una diferencia de 5.44%, en tercer lugar, se encuentra el tratamiento T3 mismo que difiere del primero con un 19.86%. A pesar de ello la EB de los tres tratamientos es aceptable, puesto que Sánchez y Royse (2001, p.14) en la investigación titulada “La biología y el cultivo de *Pleurotus spp*” han indicado que la calidad productiva de un sustrato se considera aceptable a partir de eficiencias biológicas del 50%.

La eficiencia biológica promedio de cada tratamiento presentada en la tabla 5-3 son similares a los resultados obtenidos durante la valoración del capacho de uchuva (76,1%), aserrín (70%), la cáscara de arveja (68,6%) y la tusa (57,8%), trabajo llevado a cabo por Hernández y López (2006, p.51). Pero se encuentran por debajo de las eficiencias biológicas obtenidas por Romero et al.,

(2010, p.10) en la paja de trigo 129.34% y hoja de plátano 123.30%, Rodríguez (2019, p. 51) en tallos de quinoa 97,48% y Martínez (2017, p.7) en cáscara de haba 123,14%.

Por su parte Ruilova et al (2020) reporta eficiencias biológicas de 116.25%, 57.78% y 73.68% en tratamientos que involucra la mezcla de sustratos como paja de cebada, cáscara de gandul, bagazo de caña de azúcar y salvado de quinua en diferentes proporciones, estos valores son cercanos a los mostrados en la tabla 5-3. Otro ejemplo de mezcla de sustratos la presta Cueva (2019, p.36) al valorar un tratamiento constituido de cascara de cacao, hoja de plátano y tusa de maíz en proporciones iguales, obteniendo 63.33% de eficiencia bilógica, valor próximo a los de T1 y T2.

A si mismo Rodríguez (2019, p.45) al emplear un mix de tallos y hojas de quinua, reporto una eficiencia biológica del 88.49%, siendo superior a los alcanzados en el presente trabajo, considerando que todos los tratamientos valorados contienen un porcentaje de quinua. En comparación con el porcentaje reportado por Pilataxi y Espín (2022, p.51) en el tratamiento compuesto por un 50% quinua T4, las eficiencias biológicas de este trabajo son muy bajas, ya que dichas autoras lograron una EB de 134.71%.



**Ilustración 3-3:** Eficiencia biológica promedio según tratamiento

**Realizado por:** Pinta, M., 2023.

#### 3.3.4. *Determinación de Tasa de producción*

En la tabla 6-3 se indican los valores correspondientes a la tasa de producción obtenidos en la valoración de los tres tratamientos.

**Tabla 6-3:** Tasa de producción por unidad experimental y tratamiento

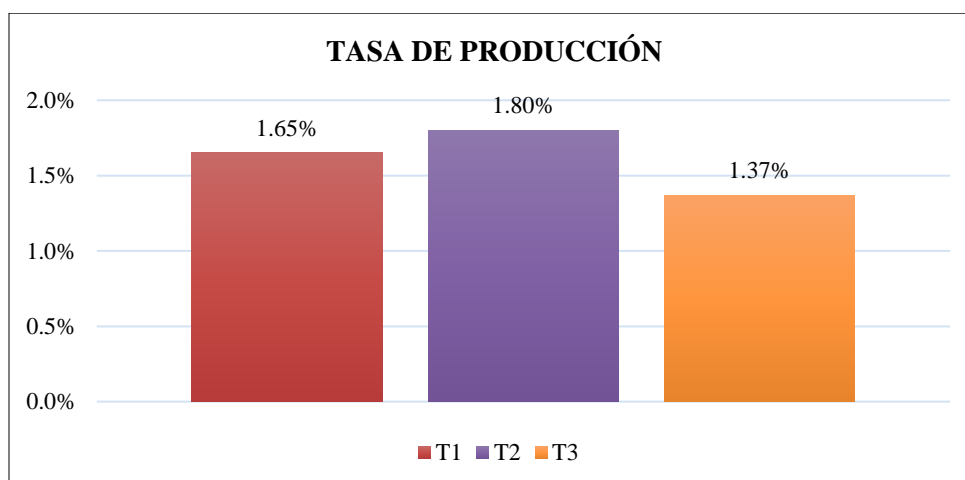
Tratamiento	S1 (%)	S2 (%)	S3 (%)	S4 (%)	S5 (%)	S6 (%)	Promedio
T1	1.71	1.88	1.53	1.5	1.52	1.78	1.65
T2	1.42	2.44	1.79	1.66	1.48	2.02	1.80
T3	0.92	1.9	1.03	1.42	0.95	2.001	1.37

Realizado por: Pinta, M., 2023.

El valor más alto para la tasa de productividad lo tiene el tratamiento compuesto por un 50% de mora, un 25% de quinua y un 25% de tomate (T2) obteniendo en promedio una TP igual a 1.80%, seguido del tratamiento que involucra un 50% de quinua (T1) con un valor de 1.65%, en tercer lugar, se ubica el tratamiento que contiene 50% de tomate (T3) con una TP del 1.37%.

En comparación con datos obtenidos por otros autores, los valores presentados en la tabla 6-3 son superiores a los reportados por Romero et al., (2010) en residuos de maíz 0.99% y pajilla de frijol 0.70% en su trabajo que lleva por nombre “Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa paradisiaca* L., cv. Roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas”. En el mismo estudio se valora la tasa de producción en residuos de cebada 1.77% y hojas de plátano 1.71% con valores similares a los alcanzado en los tres tratamientos.

Sin embargo, los valores mostrados en el presente trabajo son inferiores a los obtenidos en paja de trigo 2.14% por Romero et al., (2010) y a los citados por Ruilova et al., (2020) con tratamientos mixtos de paja de cebada, cáscara de gandul, bagazo de caña de azúcar y salvado de quinua, logrando una TP de 3.33% (paja de cebada 50%) y 2.00% (bagazo 50%).



**Ilustración 4-3:** Tasa de producción promedio según tratamiento

Realizado por: Pinta, M., 2023.

### 3.4. Análisis del contenido nutricional de *Pleurotus ostreatus*

La tabla 7-3 se muestra los resultados del análisis bromatológico efectuado a los cuerpos fructíferos cosechados en comparación a los reportado por otros autores. Puesto que el contenido nutricional es un factor importante que determina la calidad de un producto destinado a la alimentación humana

**Tabla 7-3:** Análisis bromatológico del hongo en base húmeda

<b>Parámetro</b>	<b>Seta cultivada</b>	<b>Amable et al., 2017</b>	<b>Nieto, Cuzcano y Reyes, 2019</b>
<b>Humedad (%)</b>	92.18	82.86	87.37
<b>Grasas (%)</b>	0.38	1.08	0.09
<b>Proteína (%)</b>	3.01	1.29	3.61
<b>Ceniza (%)</b>	0.81	1.15	1.02
<b>Carbohidratos (%)</b>	2.61	--	7.92
<b>Fibra (%)</b>	1.01	2.15	--
<b>Calorías (kcal/100g)</b>	25.9	--	46.93

Realizado por: Pinta, M., 2023.

El análisis proximal demostró que el hongo posee un alto contenido de humedad 92.18%; los valores más bajos se registraron en el porcentaje de grasas y cenizas con 0.30% y 0.81% respectivamente; mientras que el porcentaje de calorías fue de 25.9 kcal/100g, estos valores son inferiores respecto a los presentados por Nieto, Cuzcano y Reyes (2019) en su trabajo “Estudio preliminar de la composición nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en pulpa de café”, además en el trabajo se menciona que el contenido calorífico en hongos frescos es menor a 50 kcal/100g .

Referente al contenido de proteínas su valore es de 3.01%, mismo que se encuentra dentro del rango de 2 a 4 % del contenido proteico determinado para hongos en base húmeda, citada por Amable et al., (2017, p.12) en el estudio titulado “Calidad alimenticia del hongo *Pleurotus ostreatus*, fresco y deshidratado, cultivado en tres residuos agrícolas” Por su parte el aporte de fibra y carbohidratos de las setas cultivadas son ligeramente inferiores en comparación a los obtenidos por otros autores, los valores se aprecian en la tabla 7-3.

En base a los valores presentes en la tabla 7.3 principalmente el contenido de proteína, se evidencia el alto valor nutricional del hongo ostra para la alimentación humana, según Roncero (2015) la FAO lo ha catalogado como mejor que la mayoría de los vegetales tradicionales, llegando a ser comparable con la proteína de origen animal.

### 3.5. Análisis estadístico

#### 3.5.1. Producción

**H0:** La concentración del sustrato no influye en la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*.

**H1:** La concentración del sustrato influye en la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*.

Análisis de la varianza						
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV		
Produccion (g)	18	0,26	0,16	15,29		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	11380,78	2	5690,39	2,61	0,1063	
Tratamiento	11380,78	2	5690,39	2,61	0,1063	
Error	32672,33	15	2178,16			
Total	44053,11	17				
Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=57,43264						
Error: 2178,1556 gl: 15						
Tratamiento	Medias	n	E.E.			
T3	273,50	6	19,05	A		
T1	307,17	6	19,05	A	B	
T2	335,00	6	19,05	B		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)						

**Ilustración 5-3:** Análisis ANOVA respecto a la producción

Realizado por: Pinta, M., 2023.

En base a los resultados obtenidos en el programa InfoStat tras la realización del análisis ANOVA con un intervalo de confianza del 95%, se procede a aceptar la hipótesis nula (H0); debido a que el valor de p respecto al tratamiento indica que no existe una diferencia estadística significativa en la producción de *Pleurotus ostreatus* al comparar un tratamiento con otro. Se considera que la diferencia no es significativa, ya que el valor obtenido es mayor a 0,05.

A pesar de que el análisis ANOVA no muestra diferencias significativas, en la tabla 2 del gráfico 5-3 se muestran los tratamientos, así como las medias respecto a la producción del hongo; en donde se observa que tras la aplicación del método LSD, se ha agrupado a los tratamientos por categoría, representadas por las letras A y B respectivamente. Además, T1 forma parte de las dos

categorías, mientras que T2 y T3 tienen su propia categoría cada uno.

### 3.5.2. Rendimiento

**H0:** La concentración del sustrato no influye en el rendimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*.

**H1:** La concentración del sustrato influye en el rendimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
R (%)	18	0,26	0,16	15,29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	113,81	2	56,90	2,61	0,1063
Tratamiento	113,81	2	56,90	2,61	0,1063
Error	326,72	15	21,78		
Total	440,53	17			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=5,74326  
 Error: 21,7816 gl: 15

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T3	27,35	6	1,91 A
T1	30,72	6	1,91 A B
T2	33,50	6	1,91 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Ilustración 6-3:** Análisis ANOVA respecto al rendimiento

Realizado por: Pinta, M., 2023.

Según los resultados mostrados en el gráfico 6-3 se acepta la hipótesis nula (H0), puesto que el valor 0,1063 indica que no existe diferencias significativas estadísticamente al comparar el rendimiento obtenido en cada tratamiento. Se dice que este valor no es significativo, debido a que la significancia observada (p) ni siquiera se aproxima a 0,05 que es el valor utilizado con mayor frecuencia para considerar como significativas a las diferencias.

Las medias de producción estadísticamente no son diferentes; sin embargo, según la prueba LSD Fisher los tratamientos son agrupados en dos categorías A y B, esto se puede observar en la tabla baja del gráfico 5-3; el tratamiento T3 se ubica en la categoría A, mientras que T2 en la B y T1 es clasificado en ambas categorías. Esto se debería a que el método LSD tiene una potencia importante, por lo que en ocasiones declara significativas aun pequeñas diferencias.

### 3.5.3. Eficiencia biológica

**H0:** La concentración del sustrato no influye en la eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus*.

**H1:** La concentración del sustrato influye en la eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus*.

Análisis de la varianza					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
EB (%)	18	0,40	0,32	16,55	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1263,42	2	631,71	4,93	0,0226
Tratamiento	1263,42	2	631,71	4,93	0,0226
Error	1920,42	15	128,03		
Total	3183,84	17			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=13,92408  
Error: 128,0279 gl: 15

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T3	56,96	6	4,62	A
T1	71,38	6	4,62	B
T2	76,82	6	4,62	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Ilustración 7-3:** Análisis ANOVA respecto a la eficiencia biológica

Realizado por: Pinta, M., 2023.

Según los valores mostrados en el gráfico 7-3, se procede a rechazar la hipótesis nula (H0), debido a que el valor de p correspondiente al tratamiento es de 0,0226 lo que indica la existencia de diferencias significativas entre las eficiencias biológicas de los tres tratamientos. La diferencia es significativa ya que la significancia observada (p) es menor a 0,05 que es el valor utilizado frecuentemente para considerar como significativa una diferencia.

En este caso se procede a aceptar la hipótesis alternativa H1, la cual nos dice que las medias de los tratamientos son diferentes. Por lo que tras la aplicación del método LSD Fisher los tratamientos se clasifican en categorías, en donde T1 y T2 pertenecen a la categoría B es decir no presentan diferencias altamente significativas entre sus medias, pero T3 se ubica en la categoría A; observando así que T2 presenta la mejor eficiencia biológica.

### 3.5.4. Tasa de producción

**H0:** La concentración del sustrato no influye en la tasa de producción del hongo *Pleurotus ostreatus*.

**H1:** La concentración del sustrato no influye en la tasa de producción del hongo *Pleurotus ostreatus*.

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
TP	18	0,22	0,12	22,89

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,58	2	0,29	2,13	0,1530
Tratamiento	0,58	2	0,29	2,13	0,1530
Error	2,03	15	0,14		
Total	2,61	17			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,45311  
Error: 0,1356 gl: 15

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T3	1,37	6	0,15 A
T1	1,65	6	0,15 A
T2	1,80	6	0,15 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Ilustración 8-3:** Análisis ANOVA respecto a la tasa de producción

Realizado por: Pinta, M., 2023.

De acuerdo con los resultados obtenidos con el programa InfoStat se acepta la hipótesis nula, debido a que el valor de p muestra que la tasa de producción no tiene diferencias significativas al comparar un tratamiento con otro. Se dice que este valor no es significativo, ya que presentó una probabilidad superior a 0,05 valor utilizado con mayor frecuencia para considerar como significativas a las diferencias.

Al contrastar los diferentes tratamientos no se encontró grandes diferencias respecto a su tasa de producción. Por lo que en la tabla final del gráfico 8-3 se puede observar que los tres tratamientos fueron agrupados en la misma categoría, representado por la letra A; aunque los valores de sus medias sean diferentes estas no son estadísticamente significativas ni aplicando el método LSD.



## CONCLUSIONES

- El análisis bromatológico de los residuos vegetales permite concluir que estos constituyen sustratos adecuados para la producción de hongos comestibles; siendo los residuos de mora los de mayor rendimiento, debido a que su contenido de lignina (24.551 %) y celulosa (49.501 %) es dos veces más que en los residuos de tomate, por ende, el aporte nutricional para el desarrollo de biomasa fúngica será mayor.
- Se llevó a cabo el de cultivo de *Pleurotus ostreatus*, empleando el método de fermentación en estado sólido; la obtención del micelio y preparación de unidades experimentales se realizó en un laboratorio, las unidades experimentales se incubaron dentro de un armario y la etapa de fructificación se efectuó en un cuarto, colocando las fundas sobre una mesa y rociando agua cuatro veces al día.
- La determinación de los indicadores de rendimiento mostró que el tratamiento con mejores resultados fue T2, conformado por 25% quinua, 50% mora y 25% tomate, alcanzando un rendimiento de 33.50%, eficiencia biológica de 76.82% y una tasa de productividad de 1.80%; estos valores son cercanos a los de T1 y T3, esto se debería a que los tres tratamientos resultan de la combinación de los sustratos empleados en diferente proporción.
- Mediante el análisis bromatológico de las setas cultivadas se establece que el contenido de proteína es del 3.01%, con bajo contenido de grasas 0.30% y carbohidratos 2.61%, concluyendo así que es un producto apto para ser incluido como alimento en la dieta diaria de una persona.

## **RECOMEDACIONES**

- Combinar los residuos valorados en la presente investigación con sustratos que hayan mostrado mejores resultados, como la caña de azúcar, paja de cebada, pulpa de café entre otros, para obtener mejores resultados.
- Evaluar el uso de los residuos remanentes del proceso como fertilizante orgánico para cultivos de la zona, a fin de disminuir el uso de fertilizantes químicos.
- Dar a conocer los resultados obtenidos a organizaciones y agricultores a fin de incentivar el uso de este tipo de residuos para la producción de hongos comestibles, obteniendo con esto beneficios económicos, ambientales y sociales.

## BIBLIOGRAFÍA

**AGUILAR, F., HUAMÁN, H. y HOLGADO, M.** “Characterization of *Pleurotus sp.* isolated from Korimani native community, kiteni-echarate town center, la convencion, Cusco, Peru”. *Ecología Aplicada* [en línea], 2019, (Perú) 18 (1), pp. 45-50. [Consulta: 5 diciembre 2021]. ISSN 1726-2216. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162019000100005&script=sci\\_abstract&tlng=en](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162019000100005&script=sci_abstract&tlng=en).

**AGUILAR, J.** Aprovechamiento de Residuos de Chocho como Sustrato para la obtención de Hongos comestibles [en línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2020. pp.10-58. [Consulta: 5 diciembre 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14267/1/236T0493.pdf>.

**ALEMÁN, R.D., DOMÍNGUEZ, J., RODRÍGUEZ, Y. & SORIA RE, S.** “Indicadores morfológicos y productivos del cultivo del tomate en Invernadero con manejo agroecológico en las condiciones de la Amazonía Ecuatoriana”. *Centro Agrícola* [en línea], 2016, (Ecuador) 43 (1), pp. 71-76. [Consulta: 12 diciembre 2021]. ISSN 2072-2001. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v43n1/cag10116.pdf>.

**AMABLE, C., TORRES, V., OCAMPO, R., RODRÍGUEZ, W., VERA CHANG, J., SALAZAR, T. & MORA, A.** “Calidad alimenticia del Hongo *Pleurotus ostreatus*, fresco y deshidratado, cultivado en tres residuos agrícolas”. *Espamciencia* [en línea], 2017 (Ecuador) 8 (1), pp. 51-59. [Consulta: 20 febrero 2023]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/325985655\\_CALIDAD\\_ALIMENTICIA\\_DEL\\_HONGO\\_Pleurotus\\_ostreatus\\_FRESCO\\_Y\\_DESHIDRATADO\\_CULTIVADO\\_EN\\_TRES\\_RESIDUOS\\_AGRICOLAS/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/325985655_CALIDAD_ALIMENTICIA_DEL_HONGO_Pleurotus_ostreatus_FRESCO_Y_DESHIDRATADO_CULTIVADO_EN_TRES_RESIDUOS_AGRICOLAS/citation/download). L

**ARANA, Y., BURROLA, C., GARIBAY, R. & FRANCO, S.** “Obtaining strains and spawn production from five species of alpine wild edible mushrooms in the Center of Mexico.” *Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* [en línea], 2014, (México) 20 (3), pp. 213-226. [Consulta: 30 abril 2022]. ISSN 20074018. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v20n3/v20n3a6.pdf>.

**ARDÓN, C.E.** La producción de los hongos comestibles [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 2007. pp 87-108 [Consulta: 1 enero 2023]. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/07/07\\_1932.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/07/07_1932.pdf).

**ARMAS, A., MATA, G., HERNÁNDEZ, L.V. & MONTIEL, A.M.** “Estructuras tipo toxocistos en *Pleurotus ostreatus* y *P. pulmonarius*”. *Scientia Fungorum* [en línea], 2019, (México) 49 (1), pp. 1-5. [Consulta: 5 diciembre 2021]. ISSN 2594-1321. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/sf/v49/2594-1321-sf-49-e1250.pdf>.

**ASGHAR, U., IRFAN, M., NADEEM, M., NELOFER, R. & SYED, Q.** “Effect of KOH Pretreatment on Lignocellulosic Waste to be used as substrate for Ethanol Production.” *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science* [en línea], 2017, (Pakistan) 41 (3), pp. 659-663. [Consulta: 24 enero 2022]. ISSN 2364-1819. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40995-017-0284-z>.

**BASANTES, A.** Diagnóstico de la Producción y Comercialización del cultivo de mora [en línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi. La Maná-Ecuador. 2015. pp.1-69. [Consulta: 12 diciembre 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3550/1/T-UTC-00827.pdf>.

**BETZABET, C., VÁSQUEZ, B., DAVID, J., SÁNCHEZ, C., ALBERTO, C., TORRES, L., LIZBETH, E. & HUACACOLQUI, J.** “Enriquecimiento proteico de los principales residuos lignocelulósicos agroindustriales de la Región La Libertad con la asociación mixta de *Trichoderma reesei*, *Chaetomium cellulolyticum* y *Candida utilis* para alimentación animal”. *Arnaldoa* [en línea], 2020, (Perú) 27 (1), pp. 99-114. [Consulta: 9 agosto 2022]. ISSN 2413-3299. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2413-32992020000100099](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992020000100099).

**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. Puno-Perú. 2017. pp. 1-84. [Consulta: 3 marzo 2023]. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/10587>

**CACOANGO, M.** Estudio de la adaptación y rendimiento de 10 variedades de tomate riñón (*Solanum lycopersicum l*) bajo invernadero, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo [en línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador 2018. pp.11-32 [Consulta: 12 diciembre 2021]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/10347/1/13T0863.pdf>.

**CALDERÓN, M., ANDRADE, F., LIZARZABURU, L. & MASACHE, M.** *Valoración económica de los cobeneficios del aprovechamiento energético de los residuos agrícolas en el Ecuador* [en línea]. Unión Europea: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2017. [Consulta: 20 diciembre 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/318634717\\_Valoracion\\_economica\\_de\\_los\\_cobeneficios\\_del\\_aprovechamiento\\_de\\_los\\_residuos\\_agricolas\\_del\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/318634717_Valoracion_economica_de_los_cobeneficios_del_aprovechamiento_de_los_residuos_agricolas_del_Ecuador).

**CALERO, V.** Estudio de prefactibilidad para la producción de mora (*Rubus lanciniatus*) [en línea]. (Trabajo de titulación). (Pregrado). San Francisco de Quito. Quito-Ecuador 2015. pp.12-20 [Consulta: 30 noviembre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/952/1/95097.pdf>.

**CAMACHO, R.L., GERARDO, J.L., GUILLÉN, K. & SÁNCHEZ, J.E.** “Producción de enzimas ligninolíticas durante la degradación del herbicida paraquat por hongos de la pudrición blanca”. *Revista Argentina de Microbiología* [en línea], 2017, (Argentina) 49 (2), pp. 189-196. [Consulta: 20 diciembre 2021]. ISSN 0325-7541. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0325754117300135>.

**CHANG, C.-F., WANG, C.-H., LEE, T.-H. & LIU, S.-M.** “Bioactive compounds from the bark of *Broussonetia papyrifera* after solid fermentation with a white rot fungus *Perenniporia tephropora*.” *Journal of Wood Chemistry and Technology* [en línea], 2020, (Taiwán) 40 (5), pp. 317-330. [Consulta: 20 enero 2022]. ISSN 0277-3813. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/02773813.2020.1809676>.

**CÓRDOVA, M.** Productividad del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en sustrato de café y determinación del valor nutricional [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima- Perú. 2021. pp 10-30 [Consulta: 2 enero 2023]. Disponible en: [https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/9066/Productividad\\_CordovaAlberca\\_Mercy.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/9066/Productividad_CordovaAlberca_Mercy.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**CORTES, W.G.** “Applicable to Treatment Materials for Obtaining Lignocellulosic Ethanol and Chemicals.” *Journal of Technology*, vol. 13, n° 1 (2014), (Colombia) pp. 39-44.

**CRUZ, D.** “Producción y valor proteico de *Pleurotus ostreatus* en la región sur de Ecuador”. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, vol. 12, no. 2, (2021) (Ecuador) pp 34-41.

**CUEVA, C.** Aprovechamiento de residuos de plátano, cacao y maíz como sustrato para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. San Francisco de Orellana – Ecuador. 2018. pp 39-49 [Consulta: 19 enero 2023]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/10172/1/236T0370.PDF>.

**DE LEÓN, W.** Evaluación Ambiental la Producción del Cultivo de Tomate [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona- España. 2009. pp 10-40 [Consulta: 25 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5814/welc1de1.pdf?sequence=3.xml>.

**DÍAZ, K., CASANOVA GUAJARDO, M., LEÓN TORRES, A.C., GIL RAMÍREZ, L.A., BARDALES VÁSQUEZ, C. & CABOS SÁNCHEZ, J.** “Producción de *Pleurotus ostreatus* (*Pleurotaceae*) ICFC 153/99 cultivado sobre diferentes residuos lignocelulósicos”. *Arnaldoa* [en línea], 2019, (Perú) 26 (3), pp. 1177-1184. [Consulta: 1 enero 2023]. ISSN 2413-3299. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2413-32992019000300022#:~:text=Este%20hongo%20crece%20en%20ambientes,S%C3%A1nchez%20%26%20Royle%2C%202001](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992019000300022#:~:text=Este%20hongo%20crece%20en%20ambientes,S%C3%A1nchez%20%26%20Royle%2C%202001)).

**DR. GONZÁLEZ, R.** *Manual Completo para el Cultivo del Hongo Ostra o Gírgolas* [en línea]. S.l: CONICET, 2007. [Consulta: 1 enero 2023]. Disponible en: <http://cfpanexoup4.com.ar/material-de-los-cursos/Manual%20Completo%20PLEUROTUS.pdf>.

**FONSECA, G., HARO, J., INCA, A. & ABDO, P.** “Cadena Agroproductiva del Cultivo de Mora en la Parroquia El Altar, Chimborazo-Ecuador”. *KnE Engineering*, vol. 20, n° 1, (2020), (Ecuador) pp. 576-596.

**GAD RIOBAMBA.** *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Riobamba* [en línea]. Riobamba: Gobierno Municipal del Cantón Riobamba, 2020. [Consulta: 1 enero 2022]. Disponible en: [https://app.sni.gov.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/0660823340001\\_PDYOT%20DIAGNOSTICO\\_30-10-2015\\_09-43-12.pdf](https://app.sni.gov.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0660823340001_PDYOT%20DIAGNOSTICO_30-10-2015_09-43-12.pdf).

**GAITÁN, R., SALMONES, D., PÉREZ, R. & MATA, G.** *Manual práctico del cultivo de setas. Aislamiento, siembra y producción* [en línea]. Veracruz-México: Instituto de Ecología, A.C., 2006. [Consulta: 30 abril 2022]. Disponible en:

<http://www.biomicel.com/Interes/Tecnologia/28.pdf>.

**GALARZA, D., GARCÉS, S., VELÁSQUEZ, J., SÁNCHEZ, V. & ZAMBRANO, J.** *El cultivo de la mora en Ecuador* [en línea]. Quito-Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), 2016. [Consulta: 30 noviembre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4878/1/iniapsc355.pdf>.

**GALVIS, J.A.** “Residuos sólidos problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución”. *Gestión & Región* [en línea], 2016, (Colombia) 22 (1), pp. 7-28. [Consulta: 7 noviembre 2022]. Disponible en: <https://revistas.ucp.edu.co › article › download>.

**GUANHUA, L., YING, F., WENXIAN, D., RUIPING, H. & HUITING, X.** “The effects of aqueous ammonia-pretreated rice straw as solid substrate on laccase production by solid-state fermentation.” *Bioprocess and Biosystems Engineering* [en línea], 2019, (China) 42 (4), pp. 567-574. [Consulta: 11 diciembre 2021]. ISSN 16157605. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00449-018-02060-y>.

**GUERRERO, A.** *Manual de cultivo de Hongos Ostra (Pleurotus ostreatus)* [blog] 2 mayo, 2021 [Consulta: 6 diciembre 2021]. Disponible en: [https://issuu.com/andresg99/docs/manual\\_de\\_cultivo\\_de\\_hongos\\_ostra\\_\\_pleurotus\\_ostre](https://issuu.com/andresg99/docs/manual_de_cultivo_de_hongos_ostra__pleurotus_ostre).

**GUPTA, A. & JANA, A.K.** “Production of laccase by repeated batch semi-solid fermentation using wheat straw as substrate and support for fungal growth.” *Bioprocess and Biosystems Engineering* [en línea], 2019, (India) 42 (3), pp. 499-512. [Consulta: 16 diciembre 2021]. ISSN 1615-7605. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00449-018-2053-6>.

**HA THI, H., CHUN LI, W. & CHONG HO, W.** “The effects of different substrates on the growth, yield, and nutritional composition of two oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*).” *Mycobiology* [en línea], 2018, (Japón) 43 (4), pp. 423-434. [Consulta: 6 diciembre 2021]. ISSN 20929323. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26839502/>

**HEREDIA, R. & PALOMO, Á.** Producción Comercial del Hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en empaque de cartón en la Molina. [en línea]. Lima, 2020. [Consulta: 5 diciembre 2021]. Disponible en: [https://eventos.iica.int/sites/default/files/2020-10/Art.\\_cientifico\\_Ronald\\_Axel\\_Heredia\\_Vásquez.pdf](https://eventos.iica.int/sites/default/files/2020-10/Art._cientifico_Ronald_Axel_Heredia_Vásquez.pdf).

**HERNÁNDEZ, R.A. & LÓPEZ, C.L.** Evaluación del Crecimiento y Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos Agroindustriales del departamento de Cundinamarca [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá-Colombia. 2006. pp 10-40 [Consulta: 3 enero 2023]. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8275/tesis257.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**INDESOL.** *Manual de producción de Hongo seta* [en línea]. México: Instituto Nacional de Desarrollo Social, 2017. [Consulta: 6 diciembre 2021]. Disponible en: [http://indesol.gob.mx/cedoc/pdf/III. Desarrollo Social/Cultivo de Hongos/Manual de Producción de Hongo Seta.pdf](http://indesol.gob.mx/cedoc/pdf/III.Desarrollo%20Social/Cultivo%20de%20Hongos/Manual%20de%20Producci3n%20de%20Hongo%20Seta.pdf).

**IZE, I.** La quema de residuos agrícolas: fuente de dioxinas. [en línea]. Canadá: Comisión para la Cooperación Ambiental, 2014. [Consulta: 30 noviembre 2021]. Disponible en: <http://www3.cec.org/islandora/en/item/11405-la-quema-de-residuos-agr-colas-es-una-fuente-de-dioxinas-es.pdf>.

**JÁCOME, R., AYÁLA, G., MARTÍNEZ, A., VITERI, P., VÁSQUEZ, W. & SOTOMAYOR, A.** *Caracterización del sistema de producción, zonas de producción y tipificación de productores del Ecuador. El cultivo de la mora en Ecuador* [en línea]. Quito-Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), 2016. pp. 27-36. [Consulta: 12 diciembre 2021]. ISBN 978-9942-22-039-4. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4878/1/iniapsc355.pdf>.

**JARAMILLO, J.F.** Evaluación agronómica del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo tres diferentes coberturas plásticas [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) San Francisco de Quito. Quito-Ecuador. 2015. pp. 7-20 [Consulta: 30 noviembre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/5339/1/122917.pdf>.

**LAUREANO, C.M., GONZÁLEZ, M.E., PÉREZ, A.A., CRUZ, L.E. & ROBLEDO, J.R.** "Plasma-enhanced modification of polysaccharides for wastewater treatment: A review". *Carbohydrate Polymers* [en línea], 2021 (México) 252 (1), pp. 1-12. [Consulta: 26 agosto 2022]. ISSN 01448617. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33183635/>.



**LEON REVELO, G.G.** Diseño del proceso de fermentación sólida a escala piloto para la producción de celulasas con residuos agroindustriales [en línea] (Trabajo de titulación). (Doctorado) Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz". La Habana-Cuba. 2017. pp 1-30 [Consulta: 12 enero 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/91306>.

**LIMA, J., LÓPEZ, M., VINIEGRA, G. & LOERA, O.** "Solid-state fermentation of *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* HD-73 maintains higher biomass and spore yields as compared to submerged fermentation using the same media". *Bioprocess and Biosystems Engineering* [en línea], 2019 (México) 42 (9), pp. 1527-1535. [Consulta: 11 diciembre 2021]. ISSN 16157605. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00449-019-02150-5>.

**MAE.** *Código Orgánico del Ambiente* [en línea]. Ecuador: Ministerio del Ambiente, 2018. [Consulta: 1 enero 2022]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Codigo-Organico-del-Ambiente.pdf>.

**MARTÍNEZ, A.** Aprovechamiento de los residuos de la cáscara de haba (*vicia faba*) mediante el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2017. pp 7-21 [Consulta: 5 diciembre 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7035/1/236T0282.PDF>.

**MAYA.** *Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales* [en línea]. Quito-Ecuador: Ministerio del Ambiente y Agua, 2020. [Consulta: 20 diciembre 2021]. Disponible en: [www.ambiente.gob.ec](http://www.ambiente.gob.ec).

**MICOSECHA.** *Inmersión alcalina: Método efectivo para la desinfección de pajas usando cal* [blog]. Micosecha, 2021 [Consulta: 6 diciembre 2021]. Disponible en: <https://www.micosecha.cl/post/inmersi%C3%B3n-alcalina-m%C3%A9todo-efectivo-para-la-desinfecci%C3%B3n-de-pajas-usando-cal#:~:text=%C2%BFC%C3%B3mo%20funciona%20la%20cal%3F,dando%20al%20micelio%20la%20ventaja>.

**MINISTERIO DE AGROINDUSTRIA DE LA REPÚBLICA ARGENTINA.** *Mercado externo del tomate* [en línea]. Argentina: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación Argentina, 2017. [Consulta: 12 diciembre 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/122341>.

**MINISTERIO DEL AMBIENTE, UNCCD y ECOPAR**, 2015. Sinergias entre Degradación de la Tierra y Cambio Climático en los Paisajes Agrarios del Ecuador. [en línea]. Quito: Mecanismo Mundial de la Convención de Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación, 2015. [Consulta: 7 noviembre 2022]. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/57189.pdf>.

**MUNGUÍA, D.** Deslignificación de la penca de Agave tequilana F.A.C. Weber empleando peróxido de hidrógeno alcalino como pretratamiento para la producción de biohidrógeno. [en línea] (Trabajo de titulación). (Posgrado) Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. San Luis Potosí-México. 2016. pp 1-15 [Consulta: 26 agosto 2022]. Disponible en: <https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/573/3/TMIPICYTM8D42016.pdf>.

**NIETO, J.I., CUZCANO, Á.D. & REYES, W.A.** “Estudio preliminar de la composición nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en pulpa de café”. *Sociedad Química del Perú* [en línea], 2019 (Perú) 85 (2), pp. 422-431. [Consulta: 20 febrero 2023]. ISSN 1810-634X. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2019000400422&script=sci\\_arttext#:~:text=La%20composici%C3%B3n%20en%20micronutrientes%20\(minerales,manganeso%20y%20cobre5%2C6](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2019000400422&script=sci_arttext#:~:text=La%20composici%C3%B3n%20en%20micronutrientes%20(minerales,manganeso%20y%20cobre5%2C6).

**PARADA, R.** *Hemicelulosa: clasificación, estructura, biosíntesis, funciones* [blog]. Lifeder. 2019 [Consulta: 12 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/hemicelulosa/>.

**PILATAXI, L. y ESPÍN, J.** Producción y conservación de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* utilizando como sustrato los residuos agroindustriales del cultivo de quinua, cacao y el bagazo de malta [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2022. pp 10-60 [Consulta: 27 febrero 2023]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/17620/1/236T0619.pdf>.

**PINEDA, J.A., RAMOS, L. & SOTO, C.** “Producción de *Pleurotus ostreatus* por fermentación en estado sólido: una revisión”. *Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)* [en línea], 2014 (Cuba) 48 (2), pp. 13-23. [Consulta: 15 diciembre 2021]. ISSN 0138-6204. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223131465002>.

**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: 10 enero 2022]. 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. Riobamba-Ecuador. 2019. pp 12-52 [Consulta: 19 enero 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14068/1/236T0481.pdf>.

**RODRÍGUEZ, G.E., MARTÍNEZ, D.A., BUGLIONE, M.B., FILIPPI, M.V. & AGÜERO, M.S.** “Cultivation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq: Fr.) Kummer on pear pomace: Evaluation of productivity and chemical composition of the biodegraded substrate.” *Anales de Biología* [en línea], 2018 (Argentina) 40(3), pp. 21-30. [Consulta: 11 diciembre 2021]. ISSN 1138-3399. Disponible en: [https://www.um.es/analesdebiologia/numeros/40/PDF/40\\_2018\\_03.pdf](https://www.um.es/analesdebiologia/numeros/40/PDF/40_2018_03.pdf).

**RODRÍGUEZ, N., ARAQUE, M. & PERDOMO, F.** Producción de Semilla Comercial de Hongos Comestibles y Medicinales. [en línea] Colombia: Asociación de productores de hongos comestibles de Colombia, 2006. [Consulta: 30 abril 2022]. Disponible en: [http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/854/1/Hongos\\_comestibles\\_medicinales\\_Producción\\_semilla.pdf](http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/854/1/Hongos_comestibles_medicinales_Producción_semilla.pdf).

**ROMERO, O., HUERTA, M., DAMIÁN, M.A., MACÍAS, A., TAPIA, A.M., PARRAGUIRRE, J. & JAIME, J.** “Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*musa paradisiaca* L., cv. roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas”. *Agronomía Costarricense* [en línea], 2010 (México) 1 (3), pp. 53-63. [Consulta: 20 enero 2023]. ISSN :0377-9424. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v34n1/a05v34n1.pdf>.

**RONCERO, I.** Propiedades nutricionales y saludables de los hongos. [en línea]. España: Centro Tecnológico de Investigación del Champiñón de La Rioja (CTICH), 2015. [Consulta: 20 febrero 2023]. Disponible en: [https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/informe\\_sobre\\_propiedades\\_nutricion](https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/informe_sobre_propiedades_nutricion).

**RUILOVA, María, GALARZA, F., OVIEDO, M. & MAZACÓN, B.** *Hongos Comestibles y Medicinales* [en línea]. Babahoyo-Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo, 2020. [Consulta: 5 diciembre 2021]. Disponible en: <http://libros.utb.edu.ec/index.php/utb/catalog/view/53/32/142-1>.

**RUILOVA, María, MARTÍNEZ, E., REYES, W. & COBOS, F.** “Evaluación de la productividad del *Hongo Pleurotus ostreatus* cultivado por fermentación sólida, en residuos agrícolas típicos de la provincia Bolívar – Ecuador”. *Science and Research* [en línea], 2020 (Ecuador) 5 (2), pp. 254-267. [Consulta: 2 enero 2023]. ISSN 2528-8083. Disponible en: <https://zenodo.org/record/4428966#.Y7THtXbMLIU>.

**RUILOVA, M.B. & HERNANDEZ, A.** Evaluación de mezclas de residuos lignocelulósicos estandarizadas para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* y su empleo en un producto cárnico [en línea] (Trabajo de titulación). (Doctorado) Universidad de La Habana. La Haba-Cuba. 2015. pp 7-17 [Consulta: 11 diciembre 2021]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/espoch/titulos/90614>.

**SÁNCHEZ, J.E. & ROYSE, D.** *La biología y el cultivo de Pleurotus spp* [en línea]. México: El Colegio de la Frontera Sur, 2001 [Consulta: 19 enero 2023]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/256526787\\_Book\\_La\\_biologia\\_y\\_el\\_cultivo\\_de\\_Pleurotus\\_spp](https://www.researchgate.net/publication/256526787_Book_La_biologia_y_el_cultivo_de_Pleurotus_spp).

**SÁNCHEZ, José., VILLARES, Marlon., NIÑO, Zulay. & MARIA, B.** “*Rubus glaucus benth* en la región interandina del Ecuador”. *Idesia* [en línea], 2018 (Chile) 36 (2), pp. 209-215. [Consulta: 12 diciembre 2021]. DOI <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018005000702>. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v36n2/0718-3429-idesia-00702.pdf>.

**SANTILLÁN, M. & MOROCHO, V.** Evaluación de sustratos lignocelulósicos para la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), en la parroquia Tarqui. [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Estatal Amazónica. Pastaza-Ecuador. 2018. pp 17-30 [Consulta: 5 diciembre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/359/T.AGROP.B.UEA.1098.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**SHARMA, K. & GARG, V.K.** “Recycling of lignocellulosic waste as vermicompost using earthworm *Eisenia fetida*.” *Environmental Science and Pollution Research* [en línea], 2019 (India) 26 (14), pp. 14024-14035. [Consulta: 24 enero 2022]. ISSN 1614-7499. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04639-8>.

**SINGH, R.K., PANDEY, S.K., SINGH, D. & MASURKAR, P.** “First report of edible mushroom *Pleurotus ostreatus* from India with potential to kill plant parasitic nematodes.” *Indian Phytopathology* [en línea], 2019 (India) 72 (1), pp. 173-176. [Consulta: 16 diciembre 2021]. ISSN

2248-9800. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42360-018-0093-0>.

**TARANTO, F.** Producción del *Pleurotus ostreatus* a partir de Residuos de Hortalizas generados en el Mercado Central del Cantón Quevedo [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 2017. pp 12-55 [Consulta: 5 diciembre 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/1997/1/T-UTEQ-0026.pdf>.

**VALDEZ, R.** *El ciclo del Carbono- Parte II: La lignina, el carbono recalitrante* [blog] Vida en suelo, 2015 [Consulta: 12 septiembre 2022]. Disponible en: <http://vidaensuelo.blogspot.com/2015/07/el-ciclo-del-carbono-parte-ii-la.html>.

**VAN DER VELDEN, R., DA FONSECA-ZANG, W., ZANG, J., CLYDE-SMITH, D., LEANDRO, W.M., PARIKH, P., BORRION, A. & CAMPOS, L.C.** “Closed-loop organic waste management systems for family farmers in Brazil.” *Environmental Technology (United Kingdom)* [en línea], 2021 (Brasil) 10 (4), pp. 1-18. [Consulta: 30 noviembre 2021]. ISSN 1479487X. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09593330.2021.1871660>.

**VARGAS, Y. & PÉREZ, L.** “Aprovechamiento de residuos Agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del Ambiente”. *Facultad de Ciencias Básicas* [en línea], 2018 (Colombia) 14 (1), pp. 59-72. [Consulta: 7 noviembre 2022]. ISSN 1900-4699. Disponible en: <https://revistas.unimilitar.edu.co › rfc › download>.

**VITERI, P., VÁSQUEZ, W., VIERA, W., SOTOMAYOR, A. & MEJÍA, P.** *Ecología para el desarrollo y crecimiento de la mora. El cultivo de la mora en Ecuador* [en línea]. Quito: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), 2016, pp. 19-24. [Consulta: 12 diciembre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4878/1/iniapsc355.pdf>.

**WAN, C., SHEN, G.Q. & CHOI, S.** *Waste Management Strategies for Sustainable Development BT - Encyclopedia of Sustainability in Higher Education. En: W. LEAL FILHO (ed.)* [en línea]. Cham: Springer International Publishing, 2019, pp. 2020-2028. [Consulta: 16 diciembre 2021]. Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-11352-0\\_194](https://doi.org/10.1007/978-3-030-11352-0_194).

**XIAO JIE, L., BAO MIN, F., SHAO FEI, C., DAN, Z., GANG, C., HAI FENG, W. & YUE HU, P.** “Three new amino acid derivatives from edible mushroom *Pleurotus ostreatus*.” *Journal of Asian Natural Products Research* [en línea], 2017 (China) 19 (12), pp. 1160-1171. [Consulta: 5 diciembre 2021]. ISSN 14772213. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/10286020.2017.1311870>.

**ZHANG, W.R., LIU, S.R., KUANG, Y.B. & ZHENG, S.Z.** “Development of a Novel Spawn (Block Spawn) of an Edible Mushroom, *Pleurotus ostreatus*, in Liquid Culture and its Cultivation Evaluation.” *Mycobiology* [en línea], 2019 (China) 47 (1), pp. 97-104. [Consulta: 5 diciembre 2021]. ISSN 20929323. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/12298093.2018.1552648>.



1226-DBRA-UPT-2023

## ANEXOS

### ANEXO A: PROBLEMAS DE CONTAMINACIÓN OCASIONADOS POR LOS RESIDUOS DE MORA Y TOMATE



a)



b)



c)

<b>DESCRIPCIÓN:</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b>	<b>ANEXO A: PROBLEMAS DE CONTAMINACIÓN OCASIONADOS POR LOS RESIDUOS DE MORA Y TOMATE</b>		
<p>a. Acumulación de residuos de mora</p> <p>b. Residuos de tomate arrojados en la rivera de un rio.</p> <p>c. Quema de residuos vegetales de mora podados.</p>		<p>ELABORADO POR:</p> <p>Pinta Mirian</p>	<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>
		1	1:1	2023/02/15

**ANEXO B: AISLAMIENTO, PURIFICACIÓN, OBTENCIÓN DE SPAWN DE *Pleurotus ostreatus***



a)



b)



c)

<b>DESCRIPCIÓN:</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b>	<b>ANEXO B: AISLAMIENTO, PURIFICACIÓN, OBTENCIÓN DE SPAWN DE <i>Pleurotus ostreatus</i></b>		
a. Reactivación de cepa <i>Pleurotus ostreatus</i> en cajas Petri.		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
b. Cepa purificada una semana después de la siembra en cajas.		2	1:1	2023/02/15
c. Desarrollo de micelar de <i>Pleurotus ostreatus</i> un mes después de la siembra en trigo (spawn).	ELABORADO POR:  Pinta Mirian			



**ANEXO C: OBTENCIÓN DE SUSTRATOS UTILIZADOS**



<b>DESCRIPCIÓN:</b>  a. Recolección de los residuos vegetales podados.  b. Residuos de mora secos y triturados.  c. Residuos de tomate secos y triturados.	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b>  ELABORADO POR:  Pinta Mirian	<b>ANEXO C: OBTENCIÓN DE SUSTRATOS UTILIZADOS</b>		
		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
		3	1:1	2023/02/15

**ANEXO D: PREPARACIÓN DE SUSTRATO E INOCULACIÓN**



a)



b)



c)

**DESCRIPCIÓN:**

- a. Enfriamiento de sustrato tras la esterilización.
- b. Sustrato inoculado con spawn.
- c. Bolsas preparadas en etapa de incubación.

**ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DE  
CHIMBORAZO**

**ELABORADO POR:**

Pinta Mirian

**ANEXO D: OBTENCIÓN DE  
SUSTRATOS UTILIZADOS**

**LÁMINA**

**ESCALA**

**FECHA**

4

1:1

2023/02/15

**ANEXO E: BOLSAS EN LA ETAPA DE FRUCTIFICACIÓN**



a)



b)



c)

<b>DESCRIPCIÓN:</b>  a. Sustrato colonizado completamente por el micelio.  b. Aparición de primordios.  c. Roció de agua para favorecer el desarrollo de cuerpos fructíferos.	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b>  ELABORADO POR:  Pinta Mirian	<b>ANEXO E: OBTENCIÓN DE SUSTRATOS UTILIZADOS</b>		
		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
		5	1:1	2023/02/15

**ANEXO F: COSECHA DE LOS CUERPOS FRUCTÍFEROS DE *Pleurotus ostreatus***



a)



b)



c)

<b>DESCRIPCIÓN:</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b>  ELABORADO POR:  Pinta Mirian	<b>ANEXO E: OBTENCIÓN DE SUSTRATOS UTILIZADOS</b>		
a. Cuerpos fructíferos tras 10 días de la aparición de primordios.  b. Cosecha de hongos removiendo todo el pie o estipe				
c. Apariencia de hongos cultivados.		5	1:1	2023/02/15

## ANEXO G: ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE HONGOS CULTIVADOS



### INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.64543a

#### DATOS DEL CLIENTE

<b>Cliente:</b>	PINTA CHAFLA MIRIAN
<b>Dirección:</b>	SAN ANTONIO KMS VÍA MACAS
<b>Teléfono:</b>	0967514490

#### DATOS DE LA MUESTRA

<b>Descripción:</b>	Hongos Pleurotus ostreatus		
<b>Lote:</b>	---	<b>Contenido Declarado:</b>	100g
<b>Fecha de Elaboración:</b>	---	<b>Fecha de Vencimiento:</b>	---
<b>Fecha de Recepción:</b>	2023-01-13	<b>Hora de Recepción:</b>	15:14:45
<b>Fecha de Análisis:</b>	2023-01-16	<b>Fecha de Emisión:</b>	2023-01-20
<b>Material de Envase:</b>	FUNDA PLÁSTICA		
<b>Toma de Muestra realizada por:</b>	EL CLIENTE		
<b>Observaciones:</b>	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

#### CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

<b>Color:</b>	Característico.	<b>Olor:</b>	Característico.
<b>Estado:</b>	Sólido.	<b>Conservación:</b>	Al Ambiente
<b>Temperatura de la muestra:</b>	AMBIENTE		

#### RESULTADOS FÍSICOQUÍMICO

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD	METODO DE ANALISIS INTERNO	METODO DE ANALISIS DE REFERENCIA
HUMEDAD	92.18	%	MFQ-04	AOAC 925.10/ Gravimetría, Horno de aire
PROTEINA	3.01	(F: 6.25) %	MFQ-01	AOAC 2001.11/ Volumetría, Kjeldahl
GRASA	0.38	%	MFQ-02	AOAC 2003.06/ Gravimetría, Soxhlet
CENIZA	0.81	%	MFQ-03	AOAC 923.03/ Gravimetría, directo
FIBRA BRUTA	1.01	%	MFQ-06	NTE INEN 522:2013/ Gravimetría
CARBOHIDRATOS	2.61	%	MFQ-11	FAO Tabla composición alimentos/ Cálculo
CALORIAS	25.90	kcal/100g	MFQ-12	NTE INEN 1334-2:2011/ Cálculo



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:** 11 / 07 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Mirian Esperanza Pinta Chafla
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería en Biotecnología Ambiental
<b>Título a optar:</b> Ingeniera en Biotecnología Ambiental
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

1226-DBRA-UPT-2023