



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**ESTUDIO DEL SISTEMA DE CONSERVACIÓN POST COSECHA
DE LA PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DEL HONGO COMESTIBLE
Pleurotus ostreatus A PARTIR DEL APROVECHAMIENTO DE
RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: JOCELYNE MAITE GRANIZO SARMIENTO

DIRECTOR: Dr. EDGAR IVAN RAMOS SEVILLA Msc.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, **Jocelyne Maite Granizo Sarmiento**

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

Yo, JOCELYNE MAITE GRANIZO SARMIENTO, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular 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 Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 10 de mayo de 2022



Jocelyne Maite Granizo Sarmiento

C.I. 1600662975

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación. **ESTUDIO DEL SISTEMA DE CONSERVACIÓN POST COSECHA DE LA PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DEL HONGO COMESTIBLE *Pleurotus ostreatus* A PARTIR DEL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS**, realizado por la señorita **JOCELYNE MAITE GRANIZO SARMIENTO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

| | FIRMA | FECHA |
|---|--|------------|
| Ing. Mariela Mabel Parada Rivera Msc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL |  | 2022-05-27 |
| Dr. Edgar Ivan Ramos Sevilla Msc. DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR |  | 2022-05-27 |
| Ing. Mabel Mariela Parada Rivera Msc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL |  | 2022-05-27 |

DEDICATORIA

Principalmente a Dios, por ser mi fuerza e inspiración para escalar sin derrumbarme; a mis padres Jorge Granizo y Nube Sarmiento, a mis tíos Mario Granizo y Cecilia Pumahualli, a mis hermanos, abuelitos, tíos, primos, novio y amigos quienes me acompañaron en el camino educativo brindándome siempre su amparo absoluto con amor, trabajo, confianza, sacrificio, consejos y apoyo incondicional durante cada peldaño alcanzado u obstaculizado en mi vida, siendo mis fundamentales conductores para alcanzar este anhelo deseado.

Jocelyne

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitirme tener la oportunidad de educarme como profesional, en particular, a la carrera de Ingeniería Química y a todos los docentes que supieron extenderme los conocimientos, saberes y experiencias durante mi formación universitaria.

Agradezco enormemente al Dr. Iván Ramos y a la Ing. Mabel Parada quienes, con su vocación de enseñanza, orientación, conocimiento y experiencia supieron guiarme excelentemente en el desarrollo del presente Trabajo de Integración Curricular.

Jocelyne

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|-------------------------|------|
| ÍNDICE DE TABLAS..... | vi |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | viii |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS..... | ix |
| ÍNDICE DE ANEXOS..... | x |
| ABREVIATURAS..... | xi |
| RESUMEN..... | xii |
| SUMMARY..... | xiii |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |

CAPÍTULO I

| | |
|--|----------|
| 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL..... | 4 |
| 1.1. Antecedentes..... | 4 |
| 1.2. Marco conceptual..... | 5 |
| 1.2.1. <i>Actividad agroindustrial</i> | 5 |
| 1.2.1.1. <i>Residuos agroindustriales</i> | 5 |
| 1.2.1.2. <i>Composición química de los residuos agroindustriales</i> | 6 |
| 1.2.1.3. <i>Uso de los residuos agroindustriales</i> | 6 |
| 1.2.1.4. <i>Tipos de residuos agroindustriales</i> | 7 |
| 1.2.2. <i>Hongos</i> | 11 |
| 1.2.2.1. <i>Hongos Macroscópicos (Macromycetes)</i> | 11 |
| 1.2.2.2. <i>Hongos Macromycetes de tipo Basidiomycetes</i> | 12 |
| 1.2.2.3. <i>Pleurotus Ostreatus</i> | 12 |
| 1.2.3. <i>Conservación</i> | 20 |
| 1.2.3.1. <i>Secado natural</i> | 22 |
| 1.2.3.2. <i>Deshidratación</i> | 22 |

CAPÍTULO II

| | |
|---|-----------|
| 2. METODOLOGÍA..... | 24 |
| 2.1. Tipo de Investigación..... | 24 |
| 2.2. Enfoque de la Investigación..... | 24 |
| 2.3. Identificación de variables..... | 24 |
| 2.4. Operacionalización de variables..... | 24 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 2.4.1. | <i>Operacionalización de variables</i> | 24 |
| 2.4.2. | <i>Matriz de Consistencia</i> | 26 |
| 2.5. | Hipótesis | 28 |
| 2.5.1. | <i>Hipótesis Alterna</i> | 28 |
| 2.5.2. | <i>Hipótesis Nula</i> | 28 |
| 2.6. | Unidad de Análisis | 28 |
| 2.7. | Población de Estudio | 28 |
| 2.8. | Tamaño de Muestra | 28 |
| 2.9. | Selección de muestra | 28 |
| 2.10. | Diseño experimental | 28 |
| 2.11. | Ubicación de la investigación | 30 |
| 2.12. | Marco metodológico | 31 |
| 2.12.1. | <i>Instrumentos para la obtención de Pleurotus ostreatus</i> | 31 |
| 2.12.2. | <i>Proceso de inoculación, cultivo y conservación</i> | 32 |
| 2.12.2.1. | <i>Preparación del inóculo de Pleurotus ostreatus</i> | 32 |
| 2.12.2.2. | <i>Caracterización bromatológica de los sustratos</i> | 33 |
| 2.12.2.3. | <i>Producción de hongo Pleurotus ostreatus</i> | 33 |
| 2.12.2.4. | <i>Conservación de hongos Pleurotus ostreatus</i> | 36 |
| 2.12.2.5. | <i>Resumen de las etapas del proceso productivo de Pleurotus ostreatus</i> | 38 |

CAPÍTULO III

| | | |
|---------|---|----|
| 3. | MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 39 |
| 3.1. | Análisis, interpretación y discusión de resultados | 39 |
| 3.1.1. | <i>Determinación de la lignina, celulosa y hemicelulosa</i> | 39 |
| 3.1.2. | <i>Características macroscópicas de la cepa</i> | 40 |
| 3.1.3. | <i>Obtención de la semilla</i> | 40 |
| 3.1.4. | <i>Análisis del crecimiento de Pleurotus ostreatus en cada uno de los tratamientos</i> . | 41 |
| 3.1.5. | <i>Análisis del proceso de fructificación de Pleurotus ostreatus en los sustratos</i> | 42 |
| 3.1.6. | <i>Análisis del rendimiento</i> | 46 |
| 3.1.7. | <i>Análisis de la eficiencia biológica</i> | 47 |
| 3.1.8. | <i>Análisis proximal de la biomasa obtenida en los tres tratamientos</i> | 48 |
| 3.1.9. | <i>Análisis de varianza de la proteína</i> | 49 |
| 3.1.10. | <i>Evaluación organoléptica de los hongos comestibles Pleurotus ostreatus</i> | 51 |
| 3.2. | Comprobación de hipótesis | 52 |
| 3.2.1. | <i>Comprobación de la hipótesis en base a la producción</i> | 52 |
| 3.2.2. | <i>Comprobación de la hipótesis en base a la eficiencia biológica</i> | 54 |

| | | |
|---------------|---|-----------|
| 3.2.3. | <i>Comprobación de la hipótesis en base al rendimiento</i> | 55 |
| | CONCLUSIONES | 58 |
| | RECOMENDACIONES | 59 |
| | GLOSARIO | |
| | BIBLIOGRAFÍA | |
| | ANEXOS | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|--------------------|--|----|
| Tabla 1-1: | Clasificación taxonómicamente de <i>Theobroma cacao</i> | 8 |
| Tabla 2-1: | Porcentaje de compuestos lignocelulósicos en la mazorca de cacao..... | 9 |
| Tabla 3-1: | Clasificación taxonómicamente de <i>Chenopodium quinoa</i> | 9 |
| Tabla 4-1: | Porcentaje de compuestos lignocelulósicos en el rastrojo de la quinua | 10 |
| Tabla 5-1: | Clasificación taxonómicamente de <i>Inga edulis</i> | 10 |
| Tabla 6-1: | Porcentaje de compuestos lignocelulósicos en la cáscara de guaba | 11 |
| Tabla 7-1: | Clasificación taxonómicamente de <i>Pleurotus ostreatus</i> | 14 |
| Tabla 8-1: | Composición nutricional de <i>Pleurotus ostreatus</i> | 15 |
| Tabla 9-1: | Condiciones en las diferentes etapas del cultivo | 20 |
| Tabla 1-2: | Identificación de variables..... | 24 |
| Tabla 2-2: | Operacionalización de variables..... | 25 |
| Tabla 3-2: | Matriz de consistencia | 26 |
| Tabla 4-2: | Descripción del diseño del experimento..... | 29 |
| Tabla 5-2: | Diseño experimental..... | 30 |
| Tabla 6-2: | Instrumentos para la obtención de <i>Pleurotus ostreatus</i> | 31 |
| Tabla 7-2: | Cantidad de humedad luego de escurrido en cada combinación | 34 |
| Tabla 1-3: | Determinación de composición lignocelulósica | 39 |
| Tabla 2-3: | Características macroscópicas de la cepa | 40 |
| Tabla 3-3: | Inoculación en granos de trigo..... | 40 |
| Tabla 4-3: | Tiempo de colonización | 41 |
| Tabla 5-3: | Precocidad | 42 |
| Tabla 6-3: | Análisis de las características físicas de los hongos recolectados | 42 |
| Tabla 7-3: | Valores de producción del tratamiento T1 | 43 |
| Tabla 8-3: | Valores de producción del tratamiento T2 | 44 |
| Tabla 9-3: | Valores de producción del tratamiento T3 | 45 |
| Tabla 10-3: | Tiempo en días requerido en la producción del <i>Pleurotus ostreatus</i> | 45 |
| Tabla 11-3: | Cálculo del rendimiento | 46 |
| Tabla 12-3: | Cálculo de la eficiencia biológica..... | 47 |
| Tabla 13-3: | Características bromatológicas de los cuerpos fructíferos..... | 48 |
| Tabla 14-3: | Análisis de las características bromatológicas..... | 49 |
| Tabla 15-3: | Datos de análisis de proteína | 49 |
| Tabla 16-3: | Resumen de análisis según la producción | 50 |
| Tabla 17-3: | Análisis de varianza de la proteína | 50 |
| Tabla 18-3: | Prueba de Tukey para analizar la proteína..... | 50 |

| | | |
|--------------------|---|----|
| Tabla 19-3: | Características organolépticas de los cuerpos fructíferos conservados | 51 |
| Tabla 20-3: | Producción..... | 52 |
| Tabla 21-3: | Resumen de análisis según la producción | 53 |
| Tabla 22-3: | Análisis de varianza de la producción | 53 |
| Tabla 23-3: | Prueba de Tukey para analizar la producción..... | 53 |
| Tabla 24-3: | Comprobación de hipótesis en base a la producción..... | 54 |
| Tabla 25-3: | Eficiencia biológica en todas las unidades experimentales | 54 |
| Tabla 26-3: | Resumen de análisis según la eficiencia..... | 54 |
| Tabla 27-3: | Análisis de varianza de la eficiencia..... | 54 |
| Tabla 28-3: | Prueba de Tukey para analizar la eficiencia | 55 |
| Tabla 29-3: | Comprobación de hipótesis en base a la eficiencia | 55 |
| Tabla 30-3: | Rendimiento en todas las unidades experimentales | 55 |
| Tabla 31-3: | Resumen de análisis según el rendimiento | 56 |
| Tabla 32-3: | Análisis de varianza del rendimiento..... | 56 |
| Tabla 33-3: | Prueba de Tukey para analizar el rendimiento | 56 |
| Tabla 34-3: | Comprobación de hipótesis en base al rendimiento | 57 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|--------------------|---|----|
| Figura 1-1: | <i>Pleurotus ostreatus</i> | 12 |
| Figura 2-1: | Morfología de una seta..... | 13 |
| Figura 3-1: | Ciclo reproductivo de <i>Pleurotus</i> | 16 |
| Figura 4-1: | Clasificación de las metodologías de conservación | 21 |
| Figura 1-2: | Localización de aislamiento, elaboración de inóculo y sistema de secado | 30 |
| Figura 2-2: | Localización de la etapa de cultivo y fructificación | 31 |
| Figura 3-2: | Propagación de <i>Pleurotus ostreatus</i> en cajas Petri | 32 |
| Figura 4-2: | Invasión del micelio en granos de trigo. | 33 |
| Figura 5-2: | Cosecha de un carpóforo de <i>Pleurotus ostreatus</i> | 35 |
| Figura 6-2: | Secado natural de un carpóforo de <i>Pleurotus ostreatus</i> | 36 |
| Figura 7-2: | Deshidratado de carpóforos de <i>Pleurotus ostreatus</i> | 37 |
| Figura 1-3: | Inoculación en granos de trigo | 41 |
| Figura 2-3: | Secado natural de un racimo de cuerpos fructíferos | 51 |
| Figura 3-3: | Deshidratado de un carpóforo..... | 51 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | | |
|---------------------|--|----|
| Gráfico 1-2: | Diagrama de bloques del proceso de producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> | 38 |
| Gráfico 2-3: | Producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> del T1..... | 43 |
| Gráfico 3-3: | Producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> del T2..... | 44 |
| Gráfico 4-3: | Producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> en T3..... | 45 |
| Gráfico 5-3: | Tiempo total de producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> | 46 |
| Gráfico 6-3: | Rendimiento de producción en los tres tratamientos..... | 47 |
| Gráfico 7-3: | Eficiencia biológica del <i>Pleurotus ostreatus</i> en los tres tratamientos | 48 |

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: DATOS TOMADOS EN LA INCUBACIÓN

ANEXO B: DATOS TOMADOS EN LA FRUCTIFICACIÓN

ANEXO C: CARACTERÍSTICAS DE HONGOS RECOLECTADOS TRATAMIENTO 1

ANEXO D: CARACTERÍSTICAS DE HONGOS RECOLECTADOS TRATAMIENTO 2

ANEXO E: CARACTERÍSTICAS DE HONGOS RECOLECTADOS TRATAMIENTO 3

ANEXO F: PRUEBA BROMATOLÓGICA DEL HONGO OBTENIDO EN EL T1

ANEXO G: PRUEBA BROMATOLÓGICA DEL HONGO OBTENIDO EN EL T2

ANEXO H: PRUEBA BROMATOLÓGICA DEL HONGO OBTENIDO EN EL T3

ANEXO I: PREPARACIÓN DEL INÓCULO DE *Pleurotus ostreatus*

ANEXO J: INOCULACIÓN DE *Pleurotus ostreatus* EN GRANOS DE TRIGO

ANEXO K: PREPARACIÓN DE LOS SUSTRATOS PARA EL CULTIVO

ANEXO L: CULTIVO Y COSECHA DE *Pleurotus ostreatus*

ANEXO M: CONSERVACIÓN DE *Pleurotus ostreatus*

ANEXO N: CERTIFICADO DE BIBLIOTECA

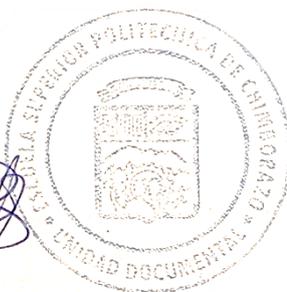
ÍNDICE DE ABREVIATURAS

| | |
|------------|--|
| C | Combinación o tratamiento del sustrato |
| DCA | Diseño completamente al azar |
| F | Media armónica |
| %H | Porcentaje de humedad |
| HSD | Diferencia honestamente significativa |
| MSE | Cuadrado del error medio |
| n | Tamaño de muestra de cada grupo |
| O | Oleada |
| P | Probabilidad |
| Pi | Peso inicial o peso seco del sustrato |
| Pf | Peso final o peso húmedo del sustrato |
| S | Siembra |

RESUMEN

El proyecto de investigación tuvo como objetivo evaluar el sistema de conservación post cosecha para la producción industrial del hongo *Pleurotus ostreatus* a partir de residuos lignocelulósicos como son de cacao (*Theobroma cacao*), guaba (*Inga edulis*) y rastrojo de quinua (*Chenopodium quinoa*). La evaluación se basó en cinco fases que son la preparación de la cepa, inoculación en semillas de trigo, preparación del sustrato, cultivo y conservación. Además se realizaron análisis de las características lignocelulósicas de los sustratos y bromatológicas de los cuerpos fructíferos. Se diseñaron tres mezclas aplicando un diseño experimental DCA para evaluar la producción que implica la precocidad, peso fresco del hongo, rendimiento de producción, eficiencia biológica y análisis de las características bromatológicas de los hongos en cada tratamiento; y además de valorar el mejor sistema de conservación por procesos térmicos. Estas variables fueron valoradas por un estudio de varianza de un solo factor (ANOVA) y la comprobación de hipótesis nula de acuerdo con los criterios de razonamiento y nivel de confiabilidad del 95%. En base a esto se obtuvo que el mejor tratamiento fue T2 (Cáscara de cacao 60%, cáscara de guaba 25%, rastrojo de quinua 15%), presentando un peso de hongos promedio de 380.69g, eficiencia biológica del 38,07%, rendimiento del 70,08% pero el contenido de proteína y aparición de primordios fue más relevante del tratamiento T1 (Cáscara de cacao 40%, cáscara de guaba 30%, rastrojo de quinua 30%) siendo 16,80% y 10 días respectivamente. Con respecto al mejor sistema de conservación, fue el secado en el mismo sustrato. Partiendo de estos datos se estimó que con el tratamiento T2, se producirá una mayor rentabilidad a nivel industrial del cultivo de hongos *Pleurotus ostreatus*. Además, se recomienda realizar investigaciones incorporando otros residuos lignocelulósicos de la zona para obtener buenos rendimientos.

Palabras clave: <*Pleurotus ostreatus*>, <MAZORCA DE CACAO>, <CÁSCARA DE GUABA>, <RASTROJO DE QUINUA>, <RENDIMIENTO DE PRODUCCIÓN>, <EFICIENCIA BIOLÓGICA>, <SECADO NATURAL>, <DESHIDRATACIÓN>.



1053-DBRA-UTP-2022

SUMMARY

The research project aimed to evaluate the post-harvest conservation system for the industrial production of the fungus *Pleurotus ostreatus* from lignocellulosic residues such as cocoa (*Theobroma cacao*), guava (*Inga edulis*) and quinoa stubble (*chenopodium quinoa*). The evaluation was based on 5 phases that are the preparation of the strain, inoculation in wheat seeds, preparation of the substrate, cultivation and conservation. In addition, analyzes of the lignocellulosic characteristics of the substrates and the bromatological characteristics of the fruiting bodies were carried out. Three mixtures were designed applying a DCA experimental design to evaluate the production that implies earliness, fresh weight of the fungus, production yield, biological science and analysis of the bromatological characteristics of the fungi in each treatment; and in addition to assessing the best conservation system by thermal processes. These variables were assessed by a single-factor variance study (ANOVA) and null hypothesis testing, according to the reasoning criteria and 95% reliability level. Based on this, it was obtained that the best treatment was T2 (60% cocoa husk, 25% guava husk, 15% quinoa stubble), presenting an average fungal weight of 380,69 grams, biological efficiency of 38,07%, yield of 70,08% but the protein content and appearance of primordia was more relevant in the T1 treatment (40% cocoa husk, 30% guava husk, 30% quinoa stubble) being 16,80% and 10 days respectively. Regarding the best conservation system, it was drying on the same substrate. Based on these data, it is estimated that with the T2 treatment, there will be a greater profitability at the industrial level of the cultivation of *Pleurotus ostreatus* mushrooms. In addition, it is recommended to carry out research incorporating other lignocellulosic residues from the area to obtain good yields.

Keywords: <*Pleurotus ostreatus*>, <COCOA COB>, <GUAVA HUSK>, <QUINOA STUBBLE>, <PRODUCTION YIELD>, <BIOLOGICAL EFFICIENCY>, <NATURAL DRYING>, <DEHYDRATION>.



Ing. Nancy Margarita Inca Chunata Msc.
C.I. 0602926719

INTRODUCCIÓN

Identificación del Problema

Dentro de los últimos años, la actividad agroindustrial ha incrementado grandemente en la región por la explotación de la riqueza natural de cultivos que pueden ser transformados para satisfacer al ser humano pero al mismo tiempo generan un gran impacto en el medio ambiente por el alto porcentaje de residuos o subproductos que se originan del consumo directo de materia prima o de la extracción de esta, los mismos que se los considera sin utilidad y a su vez, no poseen un correcto tratamiento más bien son generalmente quemados, arrojados en los ríos o abandonados en el sitio de producción donde sufren putrefacción ocasionando malos olores y provocando un medio para la proliferación de microorganismos, insectos o ratas, convirtiéndose así en una problemática ambiental.

Ante esta realidad mundial, se ha buscado darle una alternativa de aprovechamiento como la producción de un alimento proteico como el hongo alimenticio *Pleurotus ostreatus* que contiene en sus cuerpos fructíferos, el doble de proteínas en relación con el contenido normal de los vegetales, tienen disponibles los nueve aminoácidos esenciales, entre los que destacan la leucina y lisina, que se encuentran ausentes en la mayoría de los cereales, poseen una elevada proporción de minerales, son bajos en calorías y carbohidratos, tienen vitaminas del complejo B que regulan la producción de energía en el organismo y participan en la transmisión de impulsos nerviosos, colaboran en el proceso productivo de hormonas, glóbulos rojos, en el metabolismo y es también una importante fuente de calcio y fósforo (Quizhpilema, 2013, p.1); además se ha reportado que tienen características medicinales como el retardar el crecimiento de tumores, disminuir el nivel de colesterol en la sangre y la presencia de elementos antioxidantes (Cueva 2018, p.1).

Por tal razón, los grandes volúmenes de subproductos de cacao, guaba y de rastrojo de la quinua que se generan en la agroindustria, son considerados buenos sustratos para el cultivo de hongos comestibles antes mencionado ya que poseen excelentes características fisicoquímicas siendo esta una gran alternativa, viable y de bajo costo para contribuir con el desarrollo sostenible al aprovechar estos residuos impactantes para el cultivo de hongos y su respectivo sistema de conservación post cosecha.

Justificación de la Investigación

En Ecuador, la gran cantidad de subproductos de actividades agroindustriales se consideran una problemática ambiental puesto que, generan impacto a los ecosistemas por no tener ningún sistema de gestión de estos. Por tal razón, se busca la producción industrial y el sistema de conservación post cosecha de un producto alimenticio viable como es el hongo comestible *Pleurotus ostreatus* que se desarrolla en sustratos como son los residuos de cacao, guaba y quinua aprovechando su cantidad, facilidad de hallarlos y excelentes características lignocelulósicas que nos permite transformar un subproducto en un alimento del que se obtiene beneficios desde el punto de vista ambiental, social y económico contribuyendo así a la sostenibilidad de la actividad agroindustrial.

En este sentido, se pretende utilizar los sustratos de la zona para el cultivo, considerando parámetros de producción, calidad, condiciones ambientales óptimas que requiere el cultivo; valorar el sistema de conservación post cosecha del *Pleurotus ostreatus*; caracterizar la composición bromatológica del hongo; y analizar la eficiencia biológica y el rendimiento de este para conocer si el proyecto es factible para una futura implementación.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el sistema de conservación post cosecha para la producción industrial del hongo *Pleurotus ostreatus* a partir de residuos lignocelulósicos.

Objetivos Específicos

- Determinar las características fisicoquímicas de los sustratos utilizados en el cultivo del *Pleurotus ostreatus*.
- Realizar el cultivo del hongo en los desechos del rastrojo de *chenopodium quinoa* (quinua), *theobroma cacao* (cacao) e *inga edulis* (guaba).
- Analizar la eficiencia biológica y el rendimiento en la producción del hongo cultivado en los sustratos de quinua, cacao y guaba.
- Valorar el sistema de secado natural y deshidratación para la conservación post cosecha del hongo.
- Realizar el análisis bromatológico de la producción del hongo comestible.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

En los últimos tiempos, se ha incrementado mundialmente el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* debido a que se le considera un recurso importante para reemplazar el consumo de la ganadería industrial por su alta calidad nutricional, su excelente sabor agradable, olor, tonalidades y versatilidad como aditamento culinario pero principalmente, porque su desarrollo se puede dar en las distintas variedades de sustratos a base de residuos agroindustriales que posean características lignocelulósicas convirtiéndolo en económico.

Desde años antiguos se comenzó el cultivo de *Pleurotus ostreatus* según varias hipótesis. Hernández y López (2010: p.10), en su redacción bibliográfica redactan que Zadrazil afirmó el cultivo de este hongo desde 1900 en distintos lugares de Europa. Aunque García (1987, p.4), menciona que no se cultivaba en el continente europeo *Pleurotus ostreatus* pero se cosechaba para el consumo. Los primeros cultivos se iniciaron después de 1960 en Francia, Italia, Hungría y Checoslovaquia, en troncos y por zanjas para la incubación, que al someterlos a riegos se lograba los cuerpos fructíferos. De tal manera, se consideró que a inicio de los 90, *Pleurotus ostreatus* era el segundo hongo comestible más cultivado a nivel mundial.

Miles y Chang (1997: p.103), exponen que, en la última década del siglo XX, la producción en total de *Pleurotus sp.* fue mayor a 250 000 toneladas.

Después de varios años, una de las investigaciones del cultivo se empezó con la producción a base de residuos agroindustriales, misma que fue desarrollada por Romero et al. (2010: pp.81-90), quienes estudiaron el cultivo de la gírgola en sustratos de hoja de plátano comparando con la paja de trigo, paja de cebada, pajilla de frijol y rastrojo de maíz que se generaban en el Municipio de Tetela de Ocampo-Puebla, determinando que el mejor crecimiento es en las hojas de plátano mientras que la mejor eficiencia biológica se registró en la paja de trigo.

Vargas et al. (2012: pp.136-145), evaluaron el desarrollo de *Pleurotus ostreatus* en la hojarasca de roble en arboles relicto mezclada con el bagazo de caña y 5 sustratos adicionales, de lo cual se obtuvo eficiencias biológicas del 221,1%, 44,35%, 52,78%, 90,30% y 109,12%.

Rivera et al. (2013: pp.89-100), analizaron la producción de la seta ostra en residuos agrícolas de Cauca por medio de un diseño DCA y la prueba de Duncan, para lo cual se ejecutó cuatro tratamientos de tal manera que, indicó que los mejores tratamientos fueron de bagazo de caña, cáscara de plátano, salvado de maíz y cal agrícola en distintas proporciones.

Díaz y Carvajal (2014: pp.63-70), valoraron la producción de *Pleurotus ostreatus* utilizando la fibra de palma de aceite en combinación con salvado en diferentes concentraciones como sustratos de lo

cual, los resultados determinaron que no existen diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a tamaño, número de carpóforos y se obtuvieron eficiencias biológicas de 29% y 28% respectivamente pero resultó idóneo para la alimentación del ganado el último tratamiento.

Hurtado et al. (2016: pp.63-75), examinaron la producción del hongo ostra en mazorcas de cacao donde obtuvieron una producción del 31,22% de eficiencia biológica y 28,30% de rendimiento. En base a los resultados obtenidos de los varios estudios expuestos, se demuestra la validez del desarrollo de este trabajo por la verificación de la facilidad de producir *Pleurotus ostreatus*.

1.2. Marco conceptual

1.2.1. Actividad agroindustrial

Durante muchos años, la actividad agroindustrial ha representado el propulsor no petrolero de la economía ecuatoriana y al mismo tiempo, una gran demandante de mano de obra (Banquero y Lucio, 2010, p.45).

Uno de los conceptos de agroindustria más apropiado es enunciado por Saval (2012, p.15), quien la delimita como un proceso productivo agrícola combinado con el proceso industrial para obtener materias primas semiacabadas o productos alimenticios que generan una actividad económica.

La actividad agroindustrial es idónea para impulsar el desarrollo económico, social y ambiental siempre que se conserve la armonía de la protección ambiental con la actividad desarrollada desde el empleo de la materia prima hasta el sistema de gestión de los subproductos obtenidos los mismos que representan grandes volúmenes y se los considera un problema ambiental al no ser tratados (Restrepo et al., 2011, p.47).

1.2.1.1. Residuos agroindustriales

A nivel mundial, los subproductos que generan las actividades agroindustriales son en abundancia y comúnmente están compuestos por tallos, hojas, rastrojos y otras estructuras que están conformadas por lignina y celulosa, las mismas que son difíciles de degradar lo que origina un desequilibrio en el ciclo natural de los recursos vegetales y al mismo tiempo, por ser abandonados, provocan contaminación en el ecosistema (Sinergia, 2003, párr.5).

Un residuo agroindustrial es aquel elemento o componente que se considera sin utilidad después de ser producido, consumido o aprovechado a nivel agroindustrial y frecuentemente se desecha sin tratamiento alguno provocando un grave impacto ambiental (Quizhpilema, 2013, p.14).

El cultivo de *Pleurotus ostreatus* es reconocido como un gran aporte para transformar los desechos agrícolas en nutrientes como abono orgánico, o también, para sustituir la alimentación ganadera por un producto comestible con los mismos nutrientes (Típan 2016, p.7).

1.2.1.2. Composición química de los residuos agroindustriales

En el cultivo de hongos ostra se emplea subproductos constituidos de componentes lignocelulolíticos siendo la hemicelulosa y celulosa enlazadas por medio de lignina, un polímero aromático altamente oxigenado, con un esqueleto de fenilpropano que se repite.

- Celulosa

Un material lignocelulolítico de las plantas está compuesta de celulosa siendo el polímero más simple y abundante en la biosfera, constituido por un polímero de residuos de α -glucosa unidos por enlaces β -1,4 y los enlaces de celulosa se encuentran unidas por puentes de hidrógeno intermoleculares integrando agregados (microfibrillas) (Martín, 1981, pp.47-61).

La función de esta molécula es brindar estructura y sostén a la planta, ser impermeable al agua y resistente a la hidrólisis por la composición de un cristal empaquetado (Quizhpilema, 2013, p.14).

- Hemicelulosa

Es un polímero heterogéneo conformada por cadenas pequeñas que comprende hexosas (azúcares de 6 carbonos como manosa, galactosa y glucosa) y pentosas (azúcares de 5 carbonos como arabinosa y xilosa) los cuales se agrupan con ácidos urónicos dependiendo del tipo de planta de tal manera que, conforman estructuras poliméricas variadas que pueden estar vinculadas con la celulosa y lignina. Se consideran como polímeros principales a los mananos, xilanos y arabinogalactanos (Quizhpilema, 2013, p.15).

- Lignina

Es un polímero de composición compleja tridimensional, insoluble, globular y de gran peso molecular, constituido por unidades de fenilpropano cuyos enlaces son sencillos de hidrolizar. Dentro del reino vegetal, la lignina está químicamente unida a la hemicelulosa y contorneando las fibras conformadas por celulosa. Su función es brindar rigidez a las plantas y responsables de los mecanismos de resistencia al estrés y a ataques microbianos (Quizhpilema, 2013, p.15).

1.2.1.3. Uso de los residuos agroindustriales

La recuperación de los subproductos agroindustriales es una excelente opción para propulsar el crecimiento de tecnologías basadas en la transformación sostenible de la riqueza natural puesto a su composición muy diversa que presentan (Ramírez, 2012, p.6).

Las tecnologías más importantes que implementan el uso de residuos agroindustriales se dividen en tres grupos esenciales:

- *Obtención de combustibles*

Los bioenergéticos son combustibles renovables que se categorizan como agrocombustibles, combustibles de madera y subproductos de origen municipal puesto que son originados a base de residuos como carbón vegetal, biogás, bioalcohol, biohidrógeno, leña, biomasa microbiana, abono animal, desechos forestales y agrícolas, entre otros. A este tipo de aprovechamiento se le considera como un manejo energético más sostenible en comparación a la incineración de combustibles fósiles puesto que estos generan cambio climático con la difusión de gases (Vargas y Pérez, 2018, p.63).

- *Valorización térmica*

Utiliza procesos de pirólisis e incineración para la regeneración de energía por medio de sólidos, líquidos y gases generados, de tal manera que se reduzca los grandes volúmenes de subproductos (Yepes et al., 2008, p.4427).

- *Valoración biológica y química*

Emplea procesos biológicos como el compostaje o la lombricultura para obtener sólidos, líquidos o gases comercializables; también pueden ser la obtención de aceites esenciales, enzimas, pectinas, carotenoides, flavonoides, alimento para animales y hongos comestibles que es el uso en el que esta investigación es enfocada (Vargas y Pérez, 2018, p.60).

1.2.1.4. Tipos de residuos agroindustriales

Cada actividad agroindustrial origina subproductos específicos que generalmente no son de beneficio en la cadena productiva pero sí se pueden emplear como una posibilidad de tratamiento o restablecimiento de algún recurso contaminado o para conseguir un producto con valor ambiental, social y económico (Rosas et al., 2016, p.19).

En su mayoría, los residuos agroindustriales más utilizados para estos fines es en base a la composición química y biológica que poseen pero pueden diversos como el bagazo de agave de la producción de tequila; cachaza, carbonilla, bagazo, paja y cogollo de la agroindustria de la caña de azúcar; desechos cítricos, cáscara del plátano, cascarilla de arroz, zuro de maíz; residuos de material verde (cáscaras, hojas, tallos, bagazo de frutas), pastas proteicas, suero, lodos,

salvado, vinaza, mostos, y una infinidad de subproductos pero que en su mayoría son de composición lignocelulósica los mismos que se les considera como buenos sustratos para el cultivo de hongos comestibles (Vargas y Pérez, 2018, pp.60-61). Por tal razón se considera al cacao, guaba y quinua dentro de esta investigación.

- *Cacao*

El cacao, científicamente denominado *Theobroma cacao*, es una planta oriunda de regiones tropicales y subtropicales de América. El fonema *cacao* proviene de idiomas de la familia mixe-zoque verbalizada por los olmecas. Literariamente se especula que se fue transformando hasta convertirse en *cacao* (Baudilio y Campos, 2005: p.113).

Tabla 1-1: Clasificación taxonómicamente de *Theobroma cacao*

| | |
|--------------------------|------------------------|
| Nombre científico | <i>Theobroma cacao</i> |
| Reino | <i>Plantae</i> |
| Subreino | <i>Tracheobionta</i> |
| División | <i>Magnoliophyta</i> |
| Familia | <i>Malvaceae</i> |
| Género | <i>Theobroma</i> |
| Especie | T. cacao L. |

Fuente: (Baudilio y Campos, 2005: pp.113-134).

Realizado por: Granizo, J, 2022.

El cacao es una planta perenne baja alcanzando alrededor de seis metros con ramas desperdigadas pero con un evidente dimorfismo. Las hojas son de 15-30 centímetros de largo en forma elípticas, oblongas, pecioladas, redondas y obtusas en la base. Las flores son pentámeras, actinomáficas y hermafroditas que se van exhibiendo sobre la corteza vieja. Los frutos mencionados como mazorcas se califican por ser una drupa de gran tamaño (Tuchan, 2004, p.25).

La producción de cacao ocasiona una infinidad de desperdicios desde la fase de procesamiento hasta la cosecha, siendo alrededor de 10 toneladas de desechos en vinculación con una tonelada de semillas secas sembradas (Ardila y Carreño, 2011: p.20).

La mazorca del cacao es considerada un desecho de la fase productiva, no obstante, un fragmento de este residuo se emplea como abono orgánico espontáneamente para el mismo cultivo, también como fuente alimenticia del ganado, antecesor para producir sales de potasio que son empleadas en el jabón y sustrato que contribuye con el desarrollo de hongos comestibles como el *Pleurotus ostreatus* (Ardila y Carreño, 2011: p.18).

Tabla 2-1: Porcentaje de compuestos lignocelulósicos en la mazorca de cacao

| Composición química | Porcentaje |
|----------------------------|-------------------|
| Lignina | 32.4 |
| Celulosa | 17.39 |
| Hemicelulosa | 6.38 |

Fuente: (Marina y García, 2012: p.52).

Realizado por: Granizo, J, 2022.

- *Quinoa*

La quinoa, científicamente denominada *Chenopodium quinoa*, es un cereal de la familia *Chenopodiaceae* que se engendra en los Andes de Bolivia, Colombia, Argentina, Chile, Perú y Ecuador, se desarrolla a partir del nivel del mar en Perú y Chile hasta los 4000 metros en los Andes, pero naturalmente crece desde los 2500 metros (Toledo, 2008, p.46).

Tabla 3-1: Clasificación taxonómicamente de *Chenopodium quinoa*

| | |
|--------------------------|---------------------------|
| Nombre científico | <i>Chenopodium quinoa</i> |
| Reino | <i>Plantae</i> |
| División | <i>Magnoliophyta</i> |
| Orden | <i>Caryophyllales</i> |
| Familia | <i>Amaranthaceae</i> |
| Género | <i>Chenopodium</i> |
| Especie | <i>C. quinoa</i> |

Fuente: (Toledo, 2008, p.46).

Realizado por: Granizo, J, 2022.

La quinoa es un alimento ancestral andino con un gran valor nutritivo que supera a otras especies y se le puede asemejar con alimentos de procedencia animal (Toledo, 2008, p.47).

Esta planta herbácea es persistente a extremadas condiciones ambientales, se desarrolla en alturas mayores a 3000 m. La raíz es pivotante, consta de una principal con ramificaciones laterales. Las hojas son muy variadas por el peciolo y la lámina. Las flores pueden ser hermafroditas y pistiladas asociadas en glomérulos y son pediceladas, misma que establece el número y tamaño de frutos. Los frutos son aquenios con un diámetro de 1.5-3 m, de forma lenticular, cónico, esferoidal o elipsoidal. El tallo es herbáceo y de forma cilíndrica cuando es cerca a la raíz y angulosa en la injertación de las ramas y hojas (Toledo, 2008, p.47).

La producción de quinua en la provincia de Chimborazo se valora que se realiza en una superficie mayor a 3500 hectáreas incluyendo la cosecha y luego de la trilla, el rastrojo y la paja que por lo general, se lo calcina provocando contaminación (García et al., 2021: p.1364).

Los subproductos que genera la actividad agroindustrial de este cereal son los tallos y hojas los cuales poseen un gran valor ambiental y económico (Rodríguez, 2019, p.23).

Tabla 4-1: Porcentaje de compuestos lignocelulósicos en el rastrojo de la quinua

| Composición química | Porcentaje |
|---------------------|------------|
| Nitrógeno | 1.1 |
| Celulosa | 49.4-50.9 |
| Hemicelulosa | 37.6 |

Fuente: (Cañas, 1998, pp.18-30).

Realizado por: Granizo, J, 2022.

- *Guaba*

La guaba, guama, aguatope, cuajiniquil o jinicuile, denominada científicamente como *Inga edulis*, es un árbol leguminoso americano que se presenta desde México a toda Latinoamérica que en un inicio fue cultivado con el fin de dar cobertura a los árboles cafetales y cacaoteros, pero prontamente se reveló el deleitoso sabor que poseía su fruto, el cual es muy resistente a caídas y variaciones en el entorno (Flores y Henao, 2013: p.13).

Es una planta que se puede encontrar en los países de escasos recursos o como en llanuras de inundación que son alrededor de 2-3 meses en el año (Gutiérrez, 2012, p.5).

Tabla 5-1: Clasificación taxonómicamente de *Inga edulis*

| | |
|--------------------------|----------------------|
| Nombre científico | <i>Inga edulis</i> |
| Reino | <i>Plantae</i> |
| División | <i>Magnoliophyta</i> |
| Orden | <i>Fabales</i> |
| Familia | <i>Fabaceae</i> |
| Género | <i>Inga</i> |
| Especie | <i>Inga edulis</i> |

Fuente: (Flores y Henao, 2013: p.6).

Realizado por: Granizo, J, 2022.

Las hojas por lo general son persistentes, alternas, caedizas naturalmente compuestas y con estípulas; además se presencia espinas por la variación del raquis de las hojas, estípulas o tallo.

Las raíces son con frecuencia profundas y generalmente se manifiestan nódulos poblados de bacterias *Rhizobium* que digieren el nitrógeno atmosférico. Las flores pueden ser pequeñas o grandes con particularidades actinomorfas en el caso de las mimosoideas, asimismo pueden ser leves o intensamente cigomorfas como sucede en las papilionóideas y mayoritariamente de las cesalpinióideas. El fruto se origina de un ovario combinado por un solo carpelo el cual se destapa a lo largo en dos valvas cuando llega a la madurez lo que muestra que su dehiscencia sucede por la unión carpelar y la nervadura media. La guaba tiene un sabor dulce, textura similar al de algodón de azúcar y blanquecino que cubre a la semilla de color negra por lo regular. Las semillas son carecientes de endosperma por lo que aglomera almidón y proteínas en los cotiledones y en ocasiones aceites (Gutiérrez, 2012, pp.8-13).

Tabla 6-1: Porcentaje de compuestos lignocelulósicos en la cáscara de guaba

| Composición química | Porcentaje |
|----------------------------|-------------------|
| Lignina | 67.16 |
| Celulosa | 5.85 |
| Hemicelulosa | 3.94 |

Fuente: (Marina y García, 2022: p.52).

Realizado por: Granizo, J, 2022.

Los subproductos que genera el cultivo de esta especie son las cáscaras y semillas del fruto los mismos que poseen un gran valor como sustrato para la producción de hongos comestibles.

1.2.2. Hongos

Son organismos unicelulares, pluricelulares o dimórficos sin clorofila, por lo mismo que son heterótrofos al generar sus alimentos por absorción, siendo la quitina el compuesto principal de sus células. La parte vegetativa de los hongos filamentosos es constituida por filamentos finos denominados hifas con un crecimiento apical y en conjunto forman el micelio. Los hongos pueden ser macroscópicos o microscópicos (Hernández y López, 2010: p.3).

1.2.2.1. Hongos Macroscópicos (*Macromycetes*)

Son aquellos estructurados por hifas ramificadas y alargadas que al adherirse forman cordones y cuerpos de reproducción visibles. Son de tipo saprófitos ya que se desarrollan en materia en descomposición mediante la absorción de la parte orgánica; su distribución es diversa ya que pueden crecer en distintos climas y residuos. Pueden ser comestibles, venenosos e incluso de efectos psicoactivos y se subdividen en *Ascomycetes* y *Basidiomycetes* (Cueva, 2018, p.7).

1.2.2.2. Hongos *Macromycetes* de tipo *Basidiomycetes*

Son denominados así por las esporas llamadas basidiosporas que se originan exógenamente en órganos específicos, denominados basidios. En los *Basidiomycetes* superiores se producen cuatro basidiosporas, los basidios forman líneas irregulares en los grandes basiocarpos carnosos. Estos son capaces de descomponer madera, papel y otros (Stamets, 2003, p. 7).

1.2.2.3. *Pleurotus Ostreatus*

Es un hongo pluricelular macroscópico de tamaño grande, comestible, perteneciente al grupo de los *Basidiomycota* y conocido como saprofítico. Algunos de sus nombres son champiñón ostra, orellana, gírgola, seta de ostra, pleuroto en forma de ostra, etc. Pero la denominación científica del género *Pleurotus*, procede del griego “pleuro” que significa en latín “pie desplazado”, hace alusión a la forma en que crece el pie en posición lateral y *ostreatus*, procede del latín, que significa “forma del sombrero similar a la de una ostra” (Stamets, 2003, p.11).

Se caracteriza por ser descomponedor de materia orgánica; posee enzimas lignocelulolíticas de tal manera que forma parte de la podredumbre blanca creciendo de forma natural en árboles que se localizan en los valles de los ríos, especialmente en zonas húmedas. Este tipo de hongos es del grupo de los *macromycetes* los mismos que poseen la característica de desarrollarse como un cuerpo fructífero, aéreo o carpófago identificado como “hongo” (Stamets, 2000, p.6).



Figura 1-1: *Pleurotus ostreatus*

Fuente: (Sarmiento, 2018, párr.3)

- *Morfología*

▪ *Píleo o sombrero*

El hongo *Pleurotus ostreatus* consta de un sombrero aplanado, irregular y similar a una concha de bivalvo u ostra. En la parte inferior del sombrero se presencia unas laminillas dispuestas radialmente que va desde el pie que lo sostiene hasta el borde, estas son disparejas, decurrentes (se unen en la base del sombrero), finas, delgadas y de color pálido, blanquizco. Los bordes se modifican con el tiempo ya que en etapas juveniles el borde presenta enrollamiento y en adultas está abierto y desenrollado. El sombrero se caracteriza por el diámetro entre 5 a 20 cm con superficie lisa, brillante, cuya viscosidad disminuye cuando está húmedo (Perdomo, 2019, párr.5).

▪ *Estipe, pedúnculo o pie*

El *Pleurotus ostreatus* posee un pie que no se encuentra centrado en correspondencia al sombrero, sino más bien se presenta desplazado lateralmente o excéntrico considerablemente espaciadas y las esporas cuando se encuentran en masa son de color blancas o gris blanquecino ligeramente duro, con el principio de las laminillas en la parte de arriba y vellosidades en la base (Ardón 2004, p.19; Aguinaga 2012, p.2). Es de forma gruesa pero muy corto de 0.5 a 3.0 cm de longitud y 0.5 a 2.0 cm de espesor o hasta prácticamente inexistente (Perdomo, 2019, párr.8).

▪ *Tejido constitutivo o carne*

La carne del hongo *Pleurotus ostreatus* posee un color blanco, de forma compacta y con firmeza; con relación a los hongos que ya se encuentran en etapa de madurez, se presencia carne un poco dura. Además, se manifiesta un intenso olor (similar a anís) y sabor que son muy agradables para los seres vivos (Perdomo, 2019, párr.9).

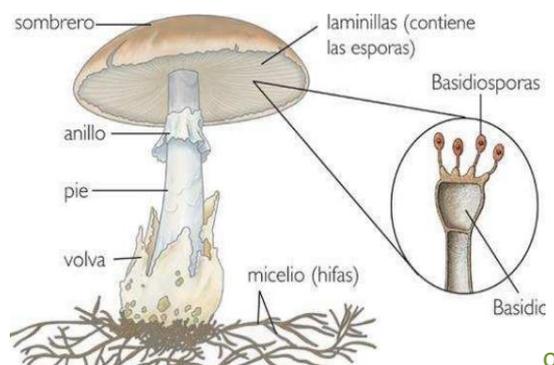


Figura 2-1: Morfología de una seta

Fuente: (Aguinaga, 2012, p.1)

- *Taxonomía*

La clasificación biológica del hongo ostra se encuentra detallada en la Tabla 7-1.

Tabla 7-1: Clasificación taxonómicamente de *Pleurotus ostreatus*

| | |
|--------------------------|----------------------------|
| Nombre científico | <i>Pleurotus ostreatus</i> |
| Reino | Fungi |
| División | Basidiomycota |
| Clase | Himenomycetes |
| Orden | Agaricales |
| Familia | Tricholomataceae |
| Género | Pleurotus |
| Especie | Ostreatus |

Fuente: (Aguinaga, 2012, p.2)

Realizado por: Granizo, J, 2022.

Pleurotus ostreatus posee características típicas del género de hongo agarical y que por lo general su base se encuentra cubierta por una capa micelial (Hernández y López, 2010: p.15).

- *Composición nutricional*

El valor alimenticio del *Pleurotus ostreatus* es eminente, por estar compuesto de macronutrientes de carbohidratos, grasas, vitaminas, fibra y proteínas que son en mayor cantidad a la que constituyen los vegetales, siendo de alta calidad por la buena distribución de aminoácidos no esenciales y esenciales que poseen, tales como fenilalanina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptófano, valina, entre otros que son necesarios para el buen funcionamiento del organismo de tal manera que por sus excelentes características organolépticas y valor proteico, se le considera muy apetecible (Hotchkiss y Potter, 1999: pp.29-52).

Con relación al contenido de vitaminas, en el *Pleurotus ostreatus* se distingue el complejo B, estando la vitamina B1 (tiamina), vitamina B2 (riboflavina), vitamina B3 (niacina), vitamina B12 e igualmente se evidencian altos contenidos de vitamina C (ácido ascórbico), así como ergosterol que constituye una fuente de vitamina D (Ceballos, 2007, p.4; Gaitán et al., 2006: p.5).

Referente a la presencia de micronutrientes (minerales), se encuentra en el cuerpo fructífero, un contenido muy bajo en sodio y en grasa, pero la presencia de otros minerales como el fósforo, magnesio, calcio, hierro, manganeso, zinc, cobre y además de una concentración alta de potasio,

contribuye a situaciones de hipertensión, enfermedades cardiovasculares y a contrarrestar la obesidad (Hotchkiss y Potter, 1999: pp.67-69).

Adicionalmente, se entiende que consta de algunas propiedades medicinales como antiviral, anticancerígenas, antibacterial, antitumoral, reduce el nivel de colesterol y fortalece el sistema cardiovascular (Baena, 2005, p.2; Rodríguez, 2005, pp.12-14).

En la tabla 8-1. se muestra la composición nutricional de *Pleurotus ostreatus*.

Tabla 8-1: Composición nutricional de *Pleurotus ostreatus*

| Parámetro | Porcentaje |
|------------------|-------------------|
| Agua | 92.2 |
| Materia Seca | 7.8 |
| Ceniza | 9.5 |
| Grasa | 1 |
| Proteína bruta | 39 |
| Fibra | 7.50 |
| N total | 2.40 |
| Ca | 33mg/100g |
| P | 1.34 mg/100g |
| K | 3793 mg/100g |
| Fe | 15.20 mg/100g |
| Ácido ascórbico | 90-144 mg/100g |
| Tiamina | 1.16-4.80 mg/100g |
| Niacina | 46-108.7 mg/100g |
| Ácido fólico | 65 mg/100g |

Fuente: (Cueva, 2018, p.12)

Realizado por: Granizo, J, 2022.

- *Ciclo de crecimiento*

Las fases del ciclo de vida de los hongos se dividen en dos: el crecimiento vegetativo (esporas y micelio) y el crecimiento reproductivo o cuerpo fructífero (Song, 2005, p.2).

▪ *Crecimiento vegetativo*

Se presenta las esporas que son estructuras reproductoras con función análoga y propagativa ya que germinan y forman hifas que en conjunto se les conoce como micelio (Silva, 2005, p.3; Song, 2005, p.2) *el cual es una estructura filamentososa de apariencia similar a la de una telaraña, la*

misma que se forma a partir de una espora germinada componiendo un micelio primario y luego, por plasmogamia (fusión de hifas), el micelio secundario. Su función es disolver componentes complejos del sustrato en moléculas sencillas absorbiéndolas como nutrientes, de lo cual crece corpulento colonizando el sustrato (Aguinaga 2012, p.3; Song 2005, p.2).

- *Crecimiento reproductivo*

Las setas son cuerpos fructíferos, los cuales, se engendran cuando el micelio cesa su crecimiento vegetativo. Las setas son primordios en un inicio y luego se convierten en cuerpos fructíferos que expulsan esporas para originar otra generación (Aguinaga 2012, p.3; Song 2005, p.2).



Figura 3-1: Ciclo reproductivo de *Pleurotus*

Fuente: (Invernaderos GreenHouse, 2010, párr.16).

- *Etapas del cultivo*

El cultivo de *Pleurotus ostreatus* se desarrolla idénticamente como los hongos comestibles ya que germinan en bloques estériles pero discrepan en los periodos de fructificación e incubación.

- *Obtención del micelio*

De modo natural, el ciclo reproductivo de los hongos empieza con las esporas; no obstante, en una elaboración mercantil, los productores de hongos emplean el micelio como semilla, desarrollado en granos de cereales (cebada, trigo, mijo, sorgo, etc.), para eludir posibles mutaciones o alteraciones (Rodríguez y Gómez, 2001: pp.1-8).

Esta etapa es considerada la más susceptible del proceso. Lo ideal es realizar en un laboratorio con todas las normas de salubridad para evadir la conducción de bacterias indeseables. La obtención de micelio se cimienta en que los hongos puedan propagarse de forma asexual desde un trozo del carpóforo y con esto volver a regenerar el ciclo del hongo, consolidando las

características productivas y fenotípicas del prototipo de tal forma que se obtiene el micelio al colocar un fragmento del carpóforo en tubos de ensayo con agares nutritivos (Ardón, 2004, p.22). El micelio debe ser fresco, activo, blanco y denso en el momento de la siembra con la finalidad de que invada rápidamente el sustrato elegido (Quizhpilema, 2013, p.8).

▪ *Preparación del inóculo*

El inóculo o semilla lo compone un sustrato intermedio que incluye el micelio secundario del hongo, el mismo que posee excelentes características para su multiplicación. La semilla madre se obtiene colocando fragmentos del cultivo puro de la cepa lograda en la etapa anterior, encima el sustrato intermedio y así, se adquirirá adecuada cantidad de sustrato intermedio infiltrado con el micelio para propagar cantidades equitativamente mayores del mismo (Ardón, 2004, p.24). Según Stamets (2000, p.24), el inóculo consiste en la dilatación de masa de micelio que trata de estimular metabólicamente al hongo con el objeto de que se halle en excelentes condiciones para que desarrolle efectivamente en los sustratos. Por tal razón, se prepara la semilla en condiciones de asepsia, empleando granos de cereales que se hidratan mediante calor hasta una humedad del 45%, así se obtiene el hongo crecido en agar y se traspasa al cereal con las respectivas condiciones de incubación (Hernández y López, 2010: p.12).

▪ *Preparación del sustrato*

El sustrato es el componente que emplean las setas para su alimentación y fructificación. Los tipos de sustratos a utilizar dependen de la selectividad del hongo pero usualmente es mejor utilizar sustratos con menos nutrientes en sitios de riesgo de contaminación (Ardón, 2004, p.27).

Se destaca que esta especie es la única capaz de disolver, absorber y transformar la celulosa en un comestible (Song, 2005, p.3; Aguinaga, 2012, p.11).

Las materias primas consideradas como posibles sustratos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* son alrededor de 200 especies constituidas de 45-60% de celulosa, 15-20 % hemicelulosa y 10-30 % lignina (Ardón, 2004, p.17). Se las puede clasificar en tres grupos: El primer grupo forman las pajas de cereales, otro grupo corresponde a los tallos, hojas o resto de cultivo de plantas destinadas a un uso industrial y el tercer grupo de materiales constituyen varios derivados de algunas agroindustrias (Stamets, 2003, p.23; Miles y Chang, 1997: p.28; Hernández y López, 2010: p.19).

Se considera que el hongo ostra posee el vínculo Carbono/Nitrógeno de 30/1 a 300/1 siendo muy versátil aunque la relación óptima del sustrato depende de la etapa en la que se encuentra el hongo ya que si es una alta vinculación C/N favorece el crecimiento micelial por lo contrario, beneficia el crecimiento de cuerpos fructíferos (Aguinaga, 2012, p.7).

El desarrollo del hongo *Pleurotus ostreatus* es igualmente repercutido por el potencial hidrógeno (pH) del sustrato variando como óptimo entre 8 (Song 2005, p.3) por lo mismo que requieren normalmente de un tratamiento previo con calcita, carbonato de calcio puro o hidróxido de calcio del 1-2% con el fin de lograr este pH (Aguinaga, 2012, p.8).

El desarrollo de preparación del sustrato radica en humectarlos y pasteurizarlos con la finalidad de eliminar micro y macroorganismos que puedan rivalizar con el crecimiento del hongo y a la vez, de ofrecer condiciones de humedad que beneficien el desarrollo (Ardón, 2004, p.27).

▪ *Inoculación*

Inocular es lo que ordinariamente se comprende como “siembra”, y reside en añadir la semilla del hongo al sustrato preparado. El sustrato inoculado se prepara en contenedores que pueden ser bolsas o bandejas, donde se desarrollará el micelio y surgirán los carpóforos, para ello, la porción de inóculo a emplear depende de la clase que se desea producir, pero se suele calcular de acuerdo con el peso húmedo del sustrato aprovechado. Comúnmente, la cantidad de inóculo fluctúa entre 2 y 10% de su peso húmedo (Ardón, 2004, p.30).

Esta fase se lleva a cabo en un área cerrada encima de un mesón ya desinfectado, para evadir la contaminación en el momento de la instalación micelial (Hernández y López, 2010: p.38).

▪ *Incubación*

El propósito de esta fase es lograr que el micelio invada el sustrato completamente mediante la optimización de las condiciones ambientales por lo mismo que el área debe caracterizarse por ser de escasa iluminación (oscura), cerrada y ventilada para conservar la humedad relativa entre 70-80% y simultáneamente es necesario que la temperatura oscile alrededor de 20 a 28 °C de modo que rinda en un tiempo de 22-30 días tomando en cuenta que las particularidades pueden alterar en base a la clase de hongo (Hernández y López, 2010: p.39).

Es importante monitorear la invasión del micelio y en caso de presentar bolsas con coloraciones u olores extraños, desocupar al instante de la zona de incubación (Ardón, 2004, p.51).

▪ *Fructificación*

Esta etapa inicia una vez que el micelio invadió todo el sustrato y se observan pequeños corpúsculos llamados primordios, los que desarrollarán el cuerpo fructífero (Hernández y López, 2010, p.12). Para esta fase es imprescindible variar las condiciones incrementando la luminosidad, la humedad relativa de 80% a un 93% y la temperatura entre 16 °C y 18 °C semejante a la de un hábitat natural con el objeto de incitar la formación de los hongos (Hernández y López, 2010: p.40).

- *Cosecha*

Esta etapa consiste en la recolección de los cuerpos fructíferos la cual inicia después de unas dos o tres semanas de haber aparecido la primera seta. Se toma en cuenta que los sombreros se dan en menos días cuanto más alta es la temperatura pero mientras menos días, son frágiles. Naturalmente se realiza la cosecha manual por torsión en la base del estipe pero lo más aceptable es con una cuchilla estéril para evitar contaminación en el sustrato (García, 1987, p.13).

La producción suele ocurrir en oleadas o tandas, es decir, brotan en gran cantidad a lo largo de tres a ocho días, luego hay un ciclo de diez a veinte días y vuelven a proliferar otra semana, y así consecutivamente. Por tal razón, la cosecha se divide en tres ciclos de recolección: el primero es del 50%, segundo del 30% y tercero del 20% de la producción. Normalmente, no se realiza más de tres ya que la productividad es muy decadente (Hernández y López, 2010: p.40).

- *Condiciones ambientales del cultivo*

Lo más fundamental para el crecimiento de los hongos es poseer un ambiente oportuno, ya que los hongos si no carecen de piel están aptos a la agresión de plagas y enfermedades. Para llegar a la etapa de desarrollo del cuerpo fructífero, existen parámetros ambientales que influye en su desarrollo como son la temperatura, humedad, ventilación e iluminación (Song, 2005, p.4).

- *Temperatura*

La muerte de los microorganismos es producida por las altas temperaturas, sin embargo las temperaturas bajas obstruyen el desarrollo de aquellos (Toledo, 2008, p.14).

La temperatura óptima ambiental oscila dependiendo la fase del ciclo del cultivo. En desarrollo vegetativo, se presencia una temperatura ambiental de 16 a 30 °C; en tanto que, en la fase reproductiva, la temperatura debe conservarse entre 10 y 20 °C (Baena, 2005, p.26; Song, 2005, p.4).

- *Humedad*

En el crecimiento de los hongos ostra, la humedad relativa media oscila entre el 75% y 78.4 % y la humedad del sustrato debe fluctuar entre 60% y 75% mientras que, en los cuerpos fructíferos ya culminados, el contenido de humedad es del 80% al 95%, de modo que es indispensable conservar de forma constante la humedad en el ambiente (Díaz y Carvajal, 2014: p.63).

El control apropiado de humedad es dominante para que el cultivo sea persistente a la contaminación y precaver deterioros en el sustrato y cuerpos fructíferos. Se aconseja verter agua en el aire y los pisos para incrementar la humedad relativa (Aguinaga, 2012, p.9).

- *Ventilación*

La concentración de oxígeno incrementa con los niveles bajos de CO₂ que se permite con la ventilación y además interviene en la evaporización de la humedad asistente en la superficie de los hongos que están prosperando. Según investigaciones, los hongos ostra son microorganismos aerobios por lo que requieren de aire fresco para su desarrollo y reclaman mucho más, en la fructificación. Se debe tomar en cuenta que una ventilación excesiva provocaría dureza del sustrato (Aguinaga, 2012, p.9).

- *Iluminación*

La importancia de la luz en la fructificación, específicamente de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad, tiene un vínculo con el color que adquiere el hongo (Aguinaga, 2012, 9).

Los hongos requieren de iluminación indirecta y no necesariamente natural, sino artificialmente con tubos fluorescentes de 200 a 500 lux dentro del área de cultivo (Aguinaga, 2012, 9).

Las condiciones ambientales óptimas del hongo ostra se resume en la Tabla 9-1.

Tabla 9-1: Condiciones en las diferentes etapas del cultivo

| Etapas | Parámetro | Valor |
|----------------|-----------------------|--------------|
| Pasteurización | Temperatura | 90°C |
| | Duración | 1/2 -1 hora |
| Sustrato | Contenido de humedad | 70-75% |
| | Temperatura | 20-25°C |
| Colonización | Humedad ambiental | 70-80% |
| | Duración | 20-30 días |
| Inducción | Temperatura ambiental | 10-27 °C |
| | Humedad ambiental | 95-100% |
| Producción | Temperatura ambiental | 18-24 °C |
| | Humedad ambiental | 80-90% |
| | Duración | 3-5 días |

Fuente: (Aguinaga, 2012, p.10)

Realizado por: Granizo, J, 2022.

1.2.3. Conservación

Posterior a su cosecha, se clasifica según su tamaño y calidad. Durante la poscosecha, los hongos se comportan similar a las hortalizas y al escasear de película protectora son sensibles a

alteraciones físicas, mecánicas, de turgencia y degradación que impactan la vida media en el almacenamiento (Gowen et al., 2006: pp.177-183; Jayakumar et al., 2006: pp.1989-1996).

Los sistemas de conservación de setas son técnicas que se emplean a los carpóforos para conservar sus propiedades en el tiempo (Rodríguez et al., 2006: p.4).

La industrialización y comercialización de setas incluye varias metodologías de las cuales se pueden clasificar en tres categorías: físicos (irradiación, envasado, ultrasonidos y campo eléctrico pulsado), químicos (películas, revestimientos comestibles y soluciones de lavado) y procesos térmicos (secado, congelación) (Marcal et al., 2021: p.419).

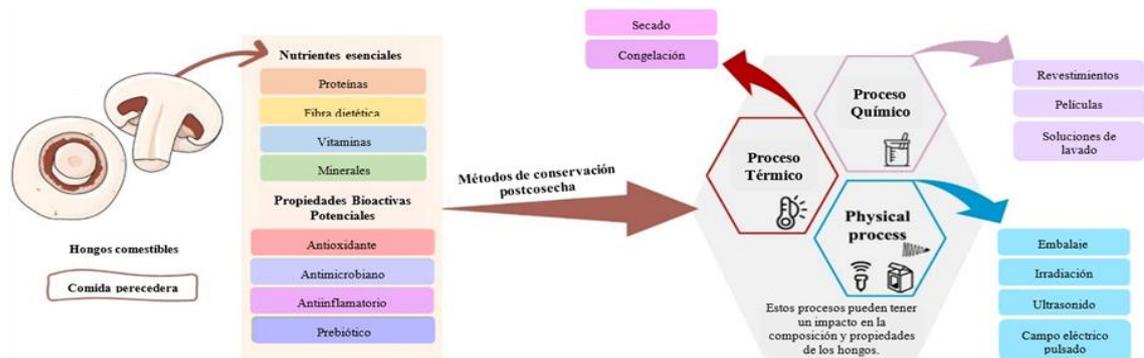


Figura 4-1: Clasificación de las metodologías de conservación

Fuente: (Marcal et al., 2021: pp.418-431).

Una de las técnicas de conservación de mayor antigüedad y eficiencia de la industria alimentaria es el secado y deshidratación ya que es fácil de operar y de mínimo costo (Dong et al., 2017: p.123).

El secado y deshidratación son una técnica usual en las setas que tiene como función minorar el contenido de humedad hasta alrededor del 13% con lo que se puede evitar reacciones enzimáticas o no enzimáticas; desarrollo microbiano; y pérdidas morfológicas y fisiológicas (Piskov et al., 2020: p.161; Shishir et al., 2019: pp.2134-2135; Xu et al., 2019: p.406).

Comúnmente la calidad de las setas secas o deshidratadas se valora por diversos factores como la textura, sabor, color, tasa de rehidratación, valor nutricional y principalmente en referencia con el contenido de proteína y azúcar total. Además poseen un sabor más concentrado en similitud con los frescos, no obstante, se pueden modificar sencillamente los compuestos bioactivos y sus nutrientes durante el secado o deshidratado (Xu et al. 2019: p.406).

Existen varias técnicas para secar de hongos comestibles siendo el secado solar, secado al aire natural, secado con aire caliente, secado al vacío, secado en capa fina, secado por microondas, secado por congelación o una composición de varias técnicas para perfeccionar la eficacia del secado y así, la calidad del producto (Hu et al. 2020: p.109428; Zhang et al., 2018: p.72).

1.2.3.1. Secado natural

El secado consiste en eliminar el agua de un producto por medio de un tratamiento en condiciones ambientales como el sol, viento, frío, etc. sin haber cosechado el cuerpo fructífero, es decir, el secado se lo realiza cuando el cuerpo fructífero se encuentre listo para cosecharlo y se le provoca un shock térmico para evitar el desarrollo de este (Michelis y Rajchenberg, 2002: p.55). Se considera que el secado a radiación solar directa, además de obtener un secado rápido, se presencia un oscurecimiento mayor puesto que se debe al pardeamiento no enzimático facilitado por los rayos ultravioleta presentes (Mendieta y Medina, 1995: p.97).

1.2.3.2. Deshidratación

La deshidratación es eliminar agua por un tratamiento por calor artificial al producto ya sea por superficies calientes, aire previamente calentado, etc. (Michelis y Rajchenberg, 2002: p.55).

La deshidratación de hongos comestibles debe ejecutarse a temperaturas mesuradas, puesto que las temperaturas elevadas alteran sus propiedades fisicoquímicas, corrompen las proteínas y ocasionan pérdidas de micronutrientes como las vitaminas (Salas et al., 2003: p.58).

Una vez disminuido el contenido de humedad, se acrecienta la concentración de nutrientes en la seta deshidratada, lo que conlleva a que se encuentren en proporción superior los niveles de carbohidratos, grasas, minerales y proteínas (Salas et al., 2003: p.58).

Las operaciones para seguir en este sistema de secado son:

- *Selección:* Después de la recolección de hongos íntegros, se seleccionan aquellos que poseen un diámetro del sombrero entre 5 a 10 cm.
- *Limpieza:* Se lo realiza con el uso de un cepillo de cerdas finas con el fin de quitar partículas extrañas.
- *Lavado:* Se ejecuta un lavado varias veces en agua potable para remover tierra y otros.
- *Desinfección:* Se introduce las setas lavadas en agua clorada con una concentración de 5 PPM o también en metabisulfito de sodio, etc.
- *Trozado:* Los hongos son laminados considerando un espesor que fluctúe entre 2.0 a 3.0 mm con el fin de facilitar la deshidratación.
- *Blanqueado o escaldado:* Este paso se efectúa con el fin de inactivar las enzimas que varíen el color y sabor para lo cual, se plantearon tres ensayos:
 - *Tratamiento térmico:* Las setas fueron ajustadas térmicamente con agua a 8°C por 30 segundos.
 - *Tratamiento químico:* Las setas fueron tratadas con solución de ácido ascórbico por inmersión o con ácido cítrico en solución (3% peso).

- *Tratamiento químico + térmico:* Las setas ya sumergidas en solución de ácido ascórbico, se tratan a 80 °C por 30 segundos.
- *Ecurrido y oreo:* Se realiza colocando las láminas de hongos sobre paños esterilizados.
- *Secado:* Se ejecutó en una estufa a una temperatura que oscila entre 45-55 °C (temperatura de bulbo seco), alcanzando una humedad final del 9%.
- *Molienda:* Inmediatamente se realiza la molienda en un tamiz de malla 210 μm .
- *Empaque:* Se efectúa en bolsas de polietileno impermeables y de alta densidad que puede ser de 0.94 a 0.90 g/mL y el espesor de 0.085 mm.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de Investigación

El presente trabajo investigativo es un estudio de tipo exploratorio, descriptivo y explicativo con un diseño experimental ya que nos posibilita ensayar los determinantes de correlación eficiencia de crecimiento con la conexión de 3 residuos agroindustriales (cacao, guaba y quinua); además nos permitirá valorar el sistema de secado natural y forzado para la conservación post cosecha del hongo y de comprobar la calidad del producto mediante los análisis bromatológicos.

2.2. Enfoque de la Investigación

La investigación tiene un enfoque cualitativo, puesto que se observará características organolépticas de los cuerpos fructíferos luego del sistema de conservación y; cuantitativo, pues se obtendrán valores acordes de cuerpos fructíferos a partir de una determinada cantidad de sustrato; además, se cuantificará el peso de cada seta y el diámetro de los sombreros.

2.3. Identificación de variables

Tabla 1-2: Identificación de variables

| Etapas del proceso | Variables independientes | Variables dependientes |
|--------------------|---|---|
| Cultivo | Los residuos de: <ul style="list-style-type: none">• Cacao• Quinoa• Guaba | <ul style="list-style-type: none">• Tiempo de desarrollo del micelio• Temperatura• Rendimiento de producción• Eficiencia biológica• Tamaño de los carpóforos• Peso fresco y seco total |
| Sistema de secado | Los cuerpos fructíferos | <ul style="list-style-type: none">• Temperatura• Humedad relativa ambiente• Humedad inicial• Tamaño de los carpóforos |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

2.4. Operacionalización de variables

2.4.1. Operacionalización de variables

En la Tabla 2-2 se observa la operacionalización de variables del trabajo de investigación.

Tabla 2-2: Operacionalización de variables

| Variable | Tipo de variable | Definición operacional | Categorización | Indicadores | Instrumento de medición | Valor | |
|-----------------------------------|---|--|-----------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------------|---|
| Residuos de cacao, quinua y guaba | Independiente, cualitativa | Es el subproducto del procesamiento industrial. | | Composición química | Análisis bromatológico | - | |
| | | | | Tamaño de partícula | Calibrador | 1-2 cm | |
| Tiempo de desarrollo del micelio | Dependiente, cuantitativa, multidimensional | Es el tiempo necesario que se requiere para el crecimiento del micelio. | | Crecimiento micelial | Biomasa | - | |
| Rendimiento | Dependiente | Es la relación en unidades de porcentaje entre el peso fresco del hongo y el peso del sustrato húmedo. | | Biomasa | Balanza gravimétrica | - | |
| Eficiencia biológica | Dependiente | Es el vínculo en porcentaje del peso fresco del hongo y el peso del sustrato seco. | | Biomasa | Balanza gravimétrica | - | |
| Cuerpos fructíferos | Independiente, cualitativa, unidimensional | Es el producto cosechado. | | Composición bromatológica | Análisis bromatológico | - | |
| | | | | Tamaño | Calibrador | - | |
| | | | | Peso total | Húmedo | Balanza analítica | - |
| | | | | | Seco | Balanza analítica | - |

| | | | | | | |
|-------------|--|--|---------------------------|----------------|-----------------|---------|
| Temperatura | Dependiente, cuantitativa, unidimensional | Es una magnitud física que mide el nivel térmico de un cuerpo. | Temperatura del cultivo | Grados Celcius | Termohigrómetro | 18-20°C |
| | | | Temperatura de secado | Grados Celcius | Termohigrómetro | 80°C |
| Humedad | Independiente, cuantitativa, unidimensional, continua | Es la cantidad de agua que está presente en un cuerpo o aire. | Humedad relativa ambiente | % humedad | Termohigrómetro | 88-99% |
| | | | Humedad inicial | % humedad | Termohigrómetro | - |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

2.4.2. Matriz de Consistencia

Tabla 3-2: Matriz de consistencia

| Aspectos generales | | |
|--|---|--|
| Problema general | Objetivo general | Hipótesis general |
| Un gran problema mundial es el gran impacto ambiental de residuos que genera la actividad agroindustrial por lo mismo que se ha buscado la producción de un alimento proteico como el hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> que contiene en sus cuerpos fructíferos, altas propiedades nutritivas y hasta características medicinales, mismo producto que se cultiva en sustratos de la actividad agroindustrial, como son los subproductos de cacao, guaba y quinua, los cuales poseen excelentes características lignocelulolíticas que les dispone como buenos sustratos para el cultivo de hongos comestibles antes mencionado. | Evaluar el sistema de conservación post cosecha para la producción industrial del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> a partir de residuos lignocelulósicos. | Se espera que la producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> tenga un buen rendimiento con los tres sustratos evaluados y el sistema de conservación post cosecha permita preservar por mayor tiempo. |

| Aspectos específicos | | | |
|---|---|--|---|
| Problemas específicos | Objetivos específicos | Variables | Técnicas de recolección de datos |
| ¿Cuáles son las características fisicoquímicas de los sustratos utilizados en el cultivo del <i>Pleurotus ostreatus</i> ? | Determinar las características fisicoquímicas de los sustratos utilizados en el cultivo del <i>Pleurotus ostreatus</i> . | Residuos de cacao, guaba y quinua. Cantidad de muestra. | Pruebas bromatológicas, medición de tamaño, medición del peso en balanza gravimétrica. |
| ¿Cuál es la cantidad de biomasa que se obtiene en los sustratos de quinua, cacao y guaba? | Analizar la eficiencia biológica y el rendimiento en la producción del hongo cultivado en los sustratos de quinua, cacao y guaba. | Peso total del hongo fresco. Peso del sustrato seco. Peso del sustrato húmedo. | Medición de peso en la balanza gravimétrica. Relación en porcentaje de peso de hongo y sustrato. |
| ¿Cuál es el sistema de conservación post cosecha del hongo? | Valorar el sistema de secado natural y deshidratación para la conservación post cosecha del hongo. | Hongos cosechados. Humedad de las setas. Peso fresco. Tamaño de las setas. | Medición de peso con balanza gravimétrica, de humedad con el termohigrómetro, control manual. |
| ¿Cuál es el análisis bromatológico de la producción del hongo comestible? | Realizar el análisis bromatológico de la producción del hongo comestible. | Hongos cosechados frescos y secos. | Análisis bromatológicos. |

Realizado por: Granizo, J. 2022.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis Alterna

El uso de la cáscara de cacao, guaba y rastrojo de quinua como sustratos para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* influye en la producción, eficiencia biológica y rendimiento.

2.5.2. Hipótesis Nula

El uso de la cáscara de cacao, guaba y rastrojo de quinua, como sustratos para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus*, no influye en la producción, eficiencia biológica y rendimiento.

2.6. Unidad de Análisis

La unidad experimental está constituida por los residuos en una cantidad de 1kg.

2.7. Población de Estudio

En la presente investigación, la población de estudio está representada por 3 ciclos de cada combinación de sustrato y 6 repeticiones, resultando un total de 54 unidades experimentales.

2.8. Tamaño de Muestra

El tamaño de la muestra está constituido por la población de estudio.

2.9. Selección de muestra

Para seleccionar la muestra, se realiza mediante un muestreo aleatorio simple de industrias agrícolas, siendo los subproductos de cacao de Finca agroindustrial y turística Saquifracia, residuos de guaba de la parroquia 10 de Agosto y el rastrojo de quinua del cantón Colta de la provincia de Chimborazo.

2.10. Diseño experimental

Se generan tres tratamientos experimentales entre los tres residuos: cáscara de cacao, guaba y rastrojo de quinua en diferentes combinaciones con 6 repeticiones y en base a los resultados se calcula los parámetros de producción y el análisis estadístico con un estudio de varianza de un

solo factor (ANOVA) para decidir las diferencias significativas y para la separación de medias se aplica la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 95%.

Tabla 4-2: Descripción del diseño del experimento

| Parámetros | Cantidad |
|------------------------------|-----------------|
| Factor de estudio | 1 |
| Tratamientos o combinaciones | 3 |
| Repeticiones | 3 |
| Oleadas | 3 |
| Unidades experimentales | 18 |
| Peso unidad experimental | 1 kg |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

2.10.1.1. Tipo de diseño

El tipo de diseño implementado es DCA (Diseño completamente al azar) por medio del cual se relacionaron las variables en estudio: peso y tamaño de los carpóforos, producción, rendimiento, eficiencia biológica.

2.10.1.2. Nomenclatura del diseño

El factor de estudio compete a combinaciones de sustratos y los tratamientos con tres sustratos basados en desechos agroindustriales que se identifican con el código "C".

❖ *Combinación=Sustrato*

T1= Cáscara de cacao 40%, cáscara de guaba 30%, rastrojo de quinua 30%

T2= Cáscara de cacao 60%, cáscara de guaba 25%, rastrojo de quinua 15%

T3= Cáscara de cacao 30%, cáscara de guaba 45%, rastrojo de quinua 25%

❖ *Repetición=Siembra*

S1= Siembra 1

S2= Siembra 2

S3= Siembra 3

S4= Siembra 4

S5= Siembra 5

S6= Siembra 6

Tabla 5-2: Diseño experimental

| Residuo | T1 | | T2 | | T3 | |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | (%) | Kg | (%) | Kg | (%) | Kg |
| Cacao | 40 | 1.6 | 60 | 2.4 | 30 | 1.2 |
| Guaba | 30 | 1.2 | 25 | 1 | 45 | 1.8 |
| Quinua | 30 | 1.2 | 15 | 0.6 | 25 | 1 |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

2.11. Ubicación de la investigación

La presente investigación se realizó en dos lugares, las etapas de preparación, inoculación y sistema de conservación se ejecutó en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, ubicada en la Panamericana Sur, Km 1 ½ Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo; y el cultivo y fructificación del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* se realizó en Puyo, provincia de Pastaza, cabecera cantonal y capital de la Provincia de Pastaza que se localiza al centro-occidente de la región amazónica del Ecuador, a una altitud de 930 metros sobre el nivel del mar con una temperatura media de 15-32 °C, humedad media de 80-96%, y una presión atmosférica de 761 mm Hg.



Figura 1-2: Localización de la etapa de aislamiento, elaboración de inóculo y sistema de secado

Fuente: (Coronel, 2021, p.32).

Realizado por: Granizo, J, 2022.

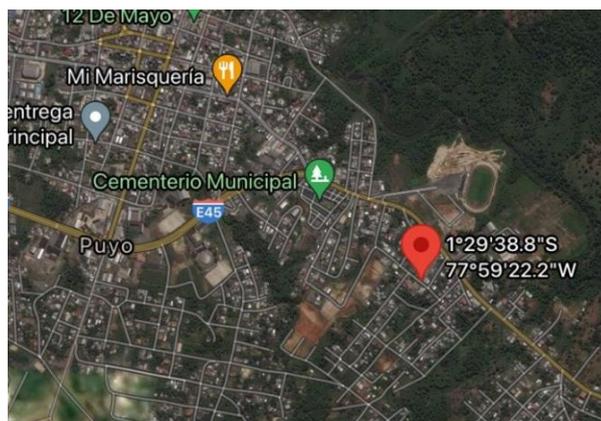


Figura 2-2: Localización de la etapa de cultivo y fructificación del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*

Fuente: Google Earth, 2021.

Realizado por: Granizo, J, 2022.

2.12. Marco metodológico

2.12.1. Instrumentos para la obtención de *Pleurotus ostreatus*

Tabla 6-2: Instrumentos para la obtención de *Pleurotus ostreatus*

| Materiales | Reactivos | Equipos | Materia prima |
|-------------------|---------------------|----------------------------|----------------------|
| Mecheros | Agua destilada | Agitador magnético | Carpóforo de |
| Papel Aluminio | Alcohol antiséptico | Balanza analítica | <i>Pleurotus</i> |
| Bisturí | 70% | Mechero bunsen | <i>ostreatus</i> |
| Pinzas | Alcohol antiséptico | Cámara de flujo laminar | Cáscara de cacao |
| Frascos de vidrio | 90% | Cámara de refrigeración | Cáscara de |
| Asa de incubación | Agar glucosa | Incubadora | guaba |
| Fundas polifan | Sabouraud | Autoclave | Rastrojo de |
| 10x16 in. | | Termohigrómetro | quinua |
| Ligas de caucho | | Secador | Granos de trigo |
| Cajas Petri | | Tanque de acero inoxidable | |
| Erlenmeyer | | Quemador industrial | |
| | | Estufa | |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

2.12.2. *Proceso de inoculación, cultivo y conservación*

2.12.2.1. *Preparación del inóculo de hongo Pleurotus ostreatus*

- *Preparación del inóculo*

Se prepara el medio de cultivo en donde se va a inocular el *Pleurotus ostreatus*, siendo 9.75mg Sabouraud dextrose agar en 150ml agua destilada en un matraz y se disuelve sobre un reverbero para que la mezcla sea homogénea. Luego se introduce en una autoclave por 20 minutos a una temperatura de 121°C.

Posteriormente, se siembra dentro de la cámara de flujo laminar y con lámparas de alcohol desinfectando el ambiente a cada momento con alcohol. Se coloca la preparación de Sabouraud dextrose agar en 10 cajas Petri y luego, con la ayuda de pinzas se corta una parte del cuerpo fructífero de la unión del tallo y el sombrero y se coloca un pedacito sobre cada caja Petri y se sella para evitar contaminación.

Finalmente se embala cada 5 cajas y se coloca en un área oscura a una temperatura de 25-28°C y humedad relativa de 80%, este proceso duró 12 días.



Figura 3-2: Propagación de *Pleurotus ostreatus* en cajas Petri

Realizado por: Granizo, J, 2022.

- *Inoculación en semillas de trigo*

Se elige los granos de trigo que se encuentren en buen estado, a los cuales se los separa y limpia para desechar macro y micro impurezas que puedan ejercer como contaminantes. Luego se los limpia con agua para eliminar totalmente partículas sobrantes.

Posteriormente, se sumergen las semillas en abundante agua fría con el fin de que adquieran una humedad de 80% en un tiempo de 24 horas y se elimina el sobrante de agua, después se colocan

los granos humedecidos hasta las $\frac{3}{4}$ partes de frascos de vidrio que posean una boca ancha y se esteriliza en la autoclave a 121 °C por 45 minutos y se los enfría a temperatura ambiente.

Seguidamente, se inoculan los frascos ya esterilizados con el micelio de *Pleurotus ostreatus* dentro de una cabina de flujo laminar agregando 5 fragmentos de micelio, luego se cubren con papel aluminio y finalmente se introducen en la incubadora a una temperatura de 28-30 °C hasta el momento de la invasión del micelio en el grano de trigo.



Figura 4-2: Invasión del micelio en granos de trigo

Realizado por: Granizo, J, 2022.

2.12.2.2. Caracterización bromatológica de los sustratos

Los análisis bromatológicos del sustrato conformado por cacao y quinua fueron hallados en fuentes bibliográficas y con respecto al sustrato de guaba se realizó en el laboratorio de Instrumental de la Facultad de Ciencias de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO en base a las normas establecidas para conocer el pH, humedad, lignina, celulosa y hemicelulosa obteniendo la certificación en el Anexo VIII.

2.12.2.3. Producción de hongo *Pleurotus ostreatus*

Se receipta la materia prima de industrias agrícolas, siendo los subproductos de cacao de Finca agroindustrial y turística Saquifracia, residuos de guaba de la parroquia 10 de Agosto y el rastrojo de quinua del cantón Colta de la provincia de Chimborazo, la misma que es verificada detenidamente para evitar cualquier tipo de impurezas o mal estado que pueda alterar más adelante en el proceso dejando solamente los subproductos aptos para ser utilizados como sustratos, luego se lleva a cabo la reducción de tamaño de los residuos previamente lavados con abundante agua hasta un tamaño adecuado de 1 a 2 cm con la ayuda de una tijera de podar y machetes.

Posteriormente, se deja secar a una temperatura de 15 a 32°C para que se elimine toda la cantidad de agua que contiene y evitar la proliferación de microorganismos y putrefacción. Después del secado, se realiza el proceso de pasteurización a una temperatura que oscila alrededor de 70°C durante 1 hora puesto que si se excede la temperatura estipulada se puede eliminar las propiedades de los residuos lignocelulolíticos que se utilizan y si es menor a la indicada, no se eliminaría a los agentes patógenos que puedan dañar en la producción. El método que se utiliza es el de introducir los residuos por separado en bolsas absorbentes dentro de un tanque de acero con el afán de que el agua introduzca a los desechos utilizados.

Posterior a ello, se deja escurrir por un tiempo mínimo de 6 horas para que la humedad no sea excesiva y perjudique el proceso.

Una vez llegada a la humedad idónea que oscila un 50% a 65%, se pesa cada residuo para determinar cada combinación de sustrato que se requiere analizar siendo de 4kg de combinación de cada tratamiento y se mezcla homogéneamente en un ambiente de asepsia.

Tabla 7-2: Cantidad de humedad luego de escurrido en cada combinación

| Tratamiento | Humedad (%) | Pi (Kg) | Pf (Kg) |
|--------------------|--------------------|----------------|----------------|
| T1 | 56.25 | 4 | 6.25 |
| T2 | 50.00 | 4 | 6.00 |
| T3 | 65.00 | 4 | 6.60 |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

Por consiguiente, cada bolsa experimental es inoculada con el hongo *Pleurotus ostreatus* en un área completamente cerrada, sobre un mesón desinfectado para evitar contaminación, en esta fase se toma el inóculo con una cuchara desinfectada y se siembra en un ambiente esterilizado hasta espolvorear 100g de semilla para posteriormente ser almacenado en una cámara oscura en condiciones de asepsia.

Después de espolvorear la semilla, se procede a colocar cada combinación en fundas de polifan 10x16 pulgadas completamente esterilizadas y en condiciones de asepsia, siendo cada una de 1kg que resulta 6 fundas de cada tratamiento. Se considera que estas bolsas no deben estar lleno más allá de las $\frac{3}{4}$ partes de la funda y amarrada con ligas de caucho. Se cierra las bolsas cuidadosamente evitando contaminar y se etiqueta.

Seguidamente, sucede la incubación alrededor de 25 días en un ambiente cerrado para evitar la presencia de plagas y totalmente oscuro pero con ventilación para conservar la humedad relativa de 70 a 78% y con una temperatura alrededor de 24 a 28 °C. A los tres o cinco días se observa presencia de gotas de agua en la bolsa por lo que se perfora con algunos agujeros con el fin de que transpire.

Se considera que es importante monitorear la invasión del micelio para verificar que no existan bolsas con coloraciones o particularidades diferentes.

Luego que el micelio invade el sustrato en su totalidad, se pasa a un invernadero para que adquiera luminosidad, oxígeno por lo cual se abren las bolsas sin descuidar el control de humedad, aireación y plagas.

En esta fase la humedad debe incrementar por lo cual se le riega 3 veces al día a cada bolsa y la temperatura se mantiene en 20 a 25°C. Al transcurrir 10 días aproximadamente, aparecen los primordios y a partir de ello, transcurre alrededor de 4 días para que se conviertan en hongos adultos.

Finalmente, se recolectan los cuerpos fructíferos al ver que estos poseen sombreros hacia abajo o en tendencia planos, esta fase se realiza de modo manual mediante un movimiento de torsión en la base del estipe con el fin de que se haga un movimiento brusco para que la especie considere que debe fructificar otro carpóforo. La producción cosechada se realiza en 3 oleadas.



Figura 5-2: Cosecha de un carpóforo de *Pleurotus ostreatus*

Realizado por: Granizo, J, 2022.

- *Peso fresco de Pleurotus ostreatus*

Se determina el peso en fresco de los cuerpos fructíferos en gramos (g) a partir de las tres recolecciones dadas en el cultivo mediante una balanza analítica, en la cual se pesaron todos los carpóforos frescos y se realizó un promedio del peso de carpóforos de cada combinación.

- *Tamaño de los cuerpos fructíferos*

Se determinó el largo y ancho del sombrero de todos los carpóforos producidos en centímetros (cm) con la ayuda de una regla y se realizó un promedio de estos datos.

- *Porcentaje de rendimiento en la producción*

Se determinó el porcentaje de rendimiento en la producción (%RP) con la relación del peso fresco de carpóforos en gramos sobre el peso húmedo de sustrato en gramos de cada combinación, por cien, como se describe la ecuación (Ec.1).

$$\%RP_x = \frac{\text{Peso fresco de carpóforo}}{\text{Peso húmedo de sustrato}} \times 100\% \quad (\text{Ec.1})$$

- *Porcentaje de eficiencia biológica*

Se determinó el porcentaje de eficiencia biológica (%EB) con la relación del peso fresco de carpóforos en gramos sobre el peso seco de sustrato en gramos de cada combinación, por cien, como se describe la ecuación (Ec.2).

$$\%EB_x = \frac{\text{Peso fresco de carpóforo}}{\text{Peso seco de sustrato}} \times 100\% \quad (\text{Ec.2})$$

2.12.2.4. *Conservación de hongos Pleurotus ostreatus*

- *Secado natural de hongos Pleurotus ostreatus*

Una vez que se ha obtenido la fructificación del hongo, se procedió a valorar el sistema de conservación mediante el proceso de secado de los hongos en el mismo sustrato utilizado para el cultivo sometido a un ambiente frío.



Figura 6-2: Secado natural de un carpóforo de *Pleurotus ostreatus*

Realizado por: Granizo, J, 2022.

- *Deshidratación de hongos Pleurotus ostreatus*

Después de la recolección de hongos íntegros, se seleccionan aquellos que poseen un diámetro del sombrero entre 5 a 10 cm, se realiza la limpieza con el uso de un cepillo de cerdas finas con el fin de quitar partículas extrañas, se ejecuta un lavado varias veces en agua potable para remover tierra y otros y se escurre sobre paños esterilizados.

Posteriormente, se lleva al secado en un horno de bandejas a una temperatura de 50 °C (temperatura de bulbo seco) en un tiempo de 5 horas, hasta alcanzar una humedad final del 9%. Finalmente se tritura y se lo almacena en bolsas plásticas.



Figura 7-2: Deshidratado de carpóforos de *Pleurotus ostreatus*

Realizado por: Granizo, J, 2022.

2.12.2.5. Resumen de las etapas del proceso productivo de *Pleurotus ostreatus*

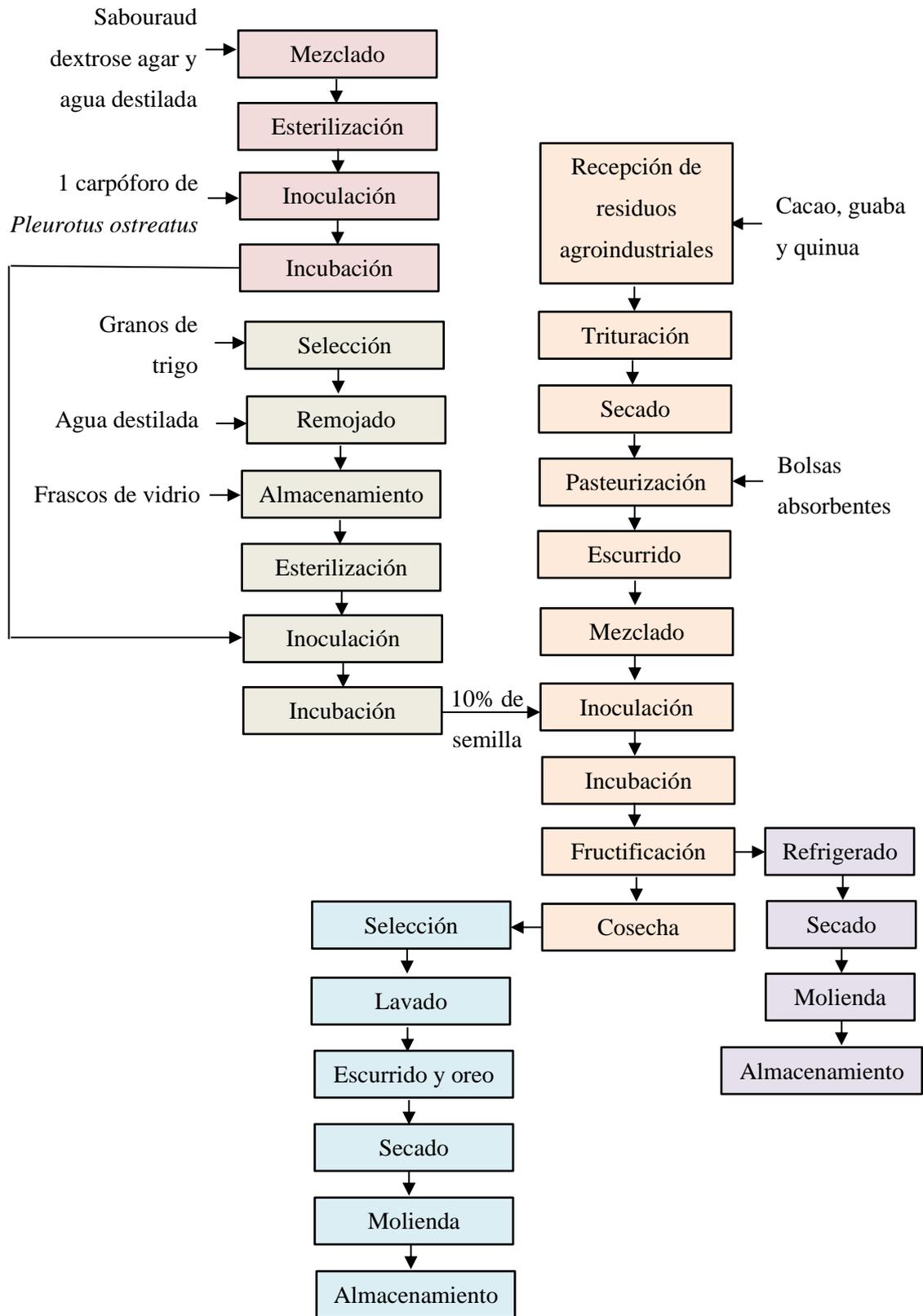


Gráfico 1-2: Diagrama de bloques del proceso de producción de *Pleurotus ostreatus*

Realizado por: Granizo, J, 2022.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados

Con el objetivo de llevar una secuencia lógica en el análisis de resultados, se describe el procedimiento a continuación.

3.1.1. Determinación de la lignina, celulosa y hemicelulosa

Los sustratos lignocelulósicos utilizados en la investigación (mazorca de cacao, bagazo de guaba y rastrojo de quinua) fueron sometidos a un análisis y los datos obtenidos del mismo se observan en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3: Determinación de composición lignocelulósica

| Sustratos | Lignina | Celulosa | Hemicelulosa |
|-----------|---------|----------|--------------|
| CACAO | 32,40 | 17,39 | 6,38 |
| QUINUA | 37,00 | 50,15 | 37,60 |
| GUABA | 67,16 | 5,85 | 3,94 |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

Como se observa en la Tabla 1-3, los valores de lignina de la mazorca de cacao y rastrojo de quinua se encuentran similares a los reportados por (Rojas, et al. 2011 p.31) quien en su investigación titulada “Producción de azúcares fermentables a partir de fibra prensada de palma de aceite pretratada biológicamente por *Pleurotus ostreatus* y *Phanerochaete chrysosporium*” utiliza sustrato de fibra prensada de palma el cual tiene un valor de lignina de 30,1%.

Con referencia al contenido de celulosa se puede evidenciar de la Tabla 1-3 que el residual de quinua contiene el mayor porcentaje siendo este de 50,15%, valor que se encuentra dentro de los rangos reportados por (Ardón 2007, p.3) quien manifiesta que el rango es de 45 a 60% para obtener un buen rendimiento de producción de hongos comestibles.

Con relación al contenido de hemicelulosa se puede establecer que la mazorca de cacao tiene un bajo contenido siendo de 6,38% y el rastrojo de quinua muy alto siendo de 37,60%.

Los datos obtenidos de las características lignocelulósicas de la guaba no se han podido hacer relación con otras investigaciones por cuanto este estudio es pionero en utilizar como materia prima para el cultivo de los hongos.

3.1.2. Características macroscópicas de la cepa

De las observaciones realizadas en el proceso del crecimiento micelial en el medio de cultivo, se determina que el hongo cubrió la caja Petri en 13 días a una temperatura promedio de 25°C, y las características macroscópicas se describen en la Tabla 2-3.

Tabla 2-3: Características macroscópicas de la cepa

| Características | Resultados |
|------------------------|-------------------|
| Color | Blanco |
| Textura | Algodonosa |
| Densidad | Regular |
| Micelio | Aéreo |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

De la Tabla 2-3 se puede observar que las cepas presentan características muy similares a las reportadas por (Pérez 2006, p.29) en la investigación titulada “Descripción de las características macroscópicas, de cultivo in vitro de cepas de *Pleurotus* aisladas en Guatemala”.

3.1.3. Obtención de la semilla

En la Tabla 3-3 se presenta los resultados del proceso de inoculación para obtener el inóculo o la semilla.

Tabla 3-3: Inoculación en granos de trigo

| Características | Resultados |
|------------------------|-------------------|
| Temperatura | 24°C |
| Humedad | 85% |
| Duración | 12 días |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

De la Figura 1-3 se determina que la obtención de la semilla del *Pleurotus ostreatus* fue realizado en base a las sugerencias desarrolladas por Bazán et al. (2004, p.27) lo que permitió obtener un adecuado desarrollo micelial.



Figura 1-3: Inoculación en granos de trigo

Realizado por: Granizo, J, 2022.

3.1.4. Análisis del desarrollo del crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los tratamientos

En la Tabla 4-3 se presenta el tiempo de colonización con su respectivo porcentaje colonizado.

Tabla 4-3: Tiempo de colonización

| Tiempo (días) | Tratamiento | Humedad (%) | Temperatura (°C) | Colonización (%) |
|---------------|-------------|-------------|------------------|------------------|
| 5 | T1 | 70 | 25.5 | 33,33 |
| | T2 | | | 20,83 |
| | T3 | | | 29,41 |
| 10 | T1 | 75 | 25.5 | 66,66 |
| | T2 | | | 41,66 |
| | T3 | | | 58,82 |
| 15 | T1 | 79 | 29 | 100,00 |
| | T2 | | | 62,50 |
| | T3 | | | 88,24 |
| 17 | T2 | 76 | 23.5 | 70,83 |
| | T3 | | | 100,00 |
| 24 | T2 | 73 | 25 | 100,00 |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

Según el análisis en base al tiempo de colonización total de acuerdo con la Tabla 4-3, se puede observar que la colonización al 100% en el T1 fue a los 15 días, en el T2 a los 24 días y en el T3 a los 17 días, tiempos que se encuentran similares a los expuestos por (Gaitán et al. 2006, p.24) quien afirma que la incubación se desarrolla alrededor de 2 a 3 semanas y Vargas, et al. (2012,

p.141) quien reporta que a los 16 días, el tratamiento compuesto solo de bagazo de caña llegó a su 91,33%. De esta manera, se puede apreciar que el T1 es el que colonizó mucho más rápido en comparación que el T3 y T2.

3.1.5. Análisis del proceso de fructificación de *Pleurotus ostreatus* en los sustratos

Tabla 5-3: Precocidad

| Tratamiento | Cantidad de primordios | Tiempo de salida de primordios | Porcentaje de primordio |
|-------------|------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| T1 | 35 | 10 | 71,42 |
| T2 | 40 | 15 | 77,50 |
| T3 | 30 | 12 | 66,66 |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

De acuerdo al análisis de precocidad de *Pleurotus ostreatus* indicado en la Tabla 5-3, se establece que en el tratamiento T2, se presentan mayor cantidad de primordios en un tiempo de 15 días, valor similar al expuesto por otros autores como es el caso de Fernández (2014, p.44) quien manifiesta en su investigación que la precocidad obtuvo a los 15 días, al igual que Cueva (2018, p.45) que describe en su trabajo la aparición de primordios en mazorcas de cacao en 19 días, mientras que Romero, et al. (2010, p.56) reporta obtener sus primordios a los 22 días después de incubación, por su parte Garzón y Cuervo (2008, p.132) afirma que el tiempo de aparición de primordios puede ser hasta 34 días en sustratos de café con o sin aserrín junto con el bagazo de la caña de azúcar y el tallo de maíz.

Tabla 6-3: Análisis de las características físicas de los hongos recolectados

| Tratamiento | Número de hongos recolectados | Dimensión del Tallo | Diámetro del sombrero |
|-------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------|
| T1 | 88 | 5,8 | 11,3 |
| T2 | 104 | 6,0 | 15,5 |
| T3 | 80 | 5,5 | 14,5 |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

De acuerdo con la Tabla 6-3 se establece que el tratamiento T2 presenta el mayor número de hongos recolectados, así como el tamaño del sombrero, valores que concuerdan con García (1982, p.2) y Vargas (2020, p.26) quienes describen que diámetro de la oreja oscila de 2 a 20cm. Sin embargo, el diámetro del sombrero no es un parámetro relevante puesto que lo primordial de un

sustrato es el rendimiento y la eficiencia con relación al peso fresco de los hongos que pueda producir. (Aguinaga, 2012, p.53).

En el Anexo C, D y E se encuentran los datos de las características físicas de los hongos recolectados.

Tabla 7-3: Valores de producción del tratamiento T1

| Unidad experimental | T1 (g) | | | Peso (g) |
|---------------------|--------|--------|-------|----------|
| | O1 | O2 | O3 | |
| 1 | 201,86 | 106,11 | 43,22 | 351,19 |
| 2 | 207,98 | 98,18 | 40,26 | 346,42 |
| 3 | 215,24 | 104,67 | 37,22 | 357,13 |
| 4 | 223,32 | 121,88 | 50,98 | 396,18 |
| 5 | 217,82 | 119,62 | 48,48 | 385,92 |
| 6 | 208,76 | 111,22 | 44,08 | 364,06 |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

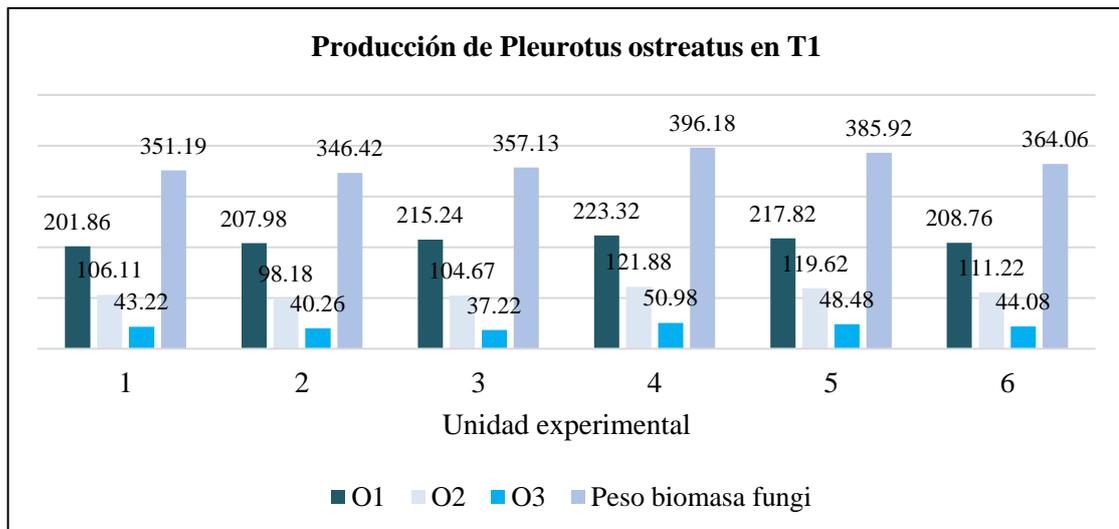


Gráfico 2-3: Producción de *Pleurotus ostreatus* del T1

Realizado por: Granizo, J, 2022.

Como se puede establecer en los valores de la Tabla 7-3 y descrito claramente en el Gráfico 2-3, el mayor peso en gramos obtenido se establece en la unidad experimental 4 siendo 396,18g, este valor se relaciona con el reportado por Vargas, et al. (2012, p.141), quienes en su investigación obtienen 391,00g en el tratamiento con roble y bagazo de caña; al igual que el expuesto por Coronel (2021, p.53) siendo un valor de 391,56g en uno de sus tratamientos.

Tabla 8-3: Valores de producción del tratamiento T2

| Unidad experimental | T2 (g) | | | Peso (g) |
|---------------------|--------|--------|-------|----------|
| | O1 | O2 | O3 | |
| 1 | 217,08 | 128,50 | 49,70 | 395,28 |
| 2 | 198,68 | 109,96 | 51,28 | 359,92 |
| 3 | 223,84 | 128,01 | 53,94 | 405,79 |
| 4 | 204,75 | 116,92 | 51,96 | 373,63 |
| 5 | 202,30 | 112,08 | 46,68 | 361,06 |
| 6 | 206,92 | 126,08 | 55,48 | 388,48 |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

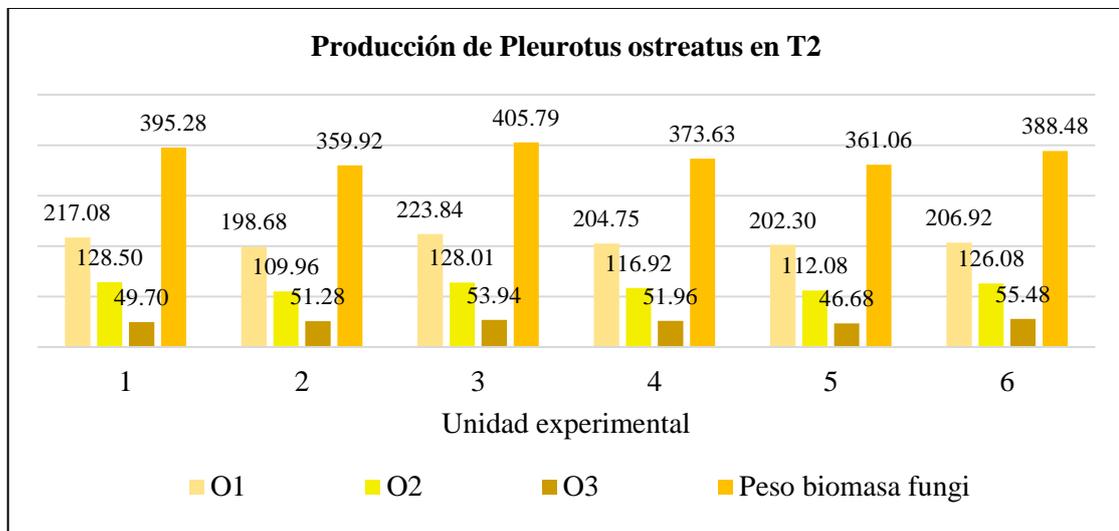


Gráfico 3-3: Producción de *Pleurotus ostreatus* del T2

Realizado por: Granizo, J, 2022.

Como se puede observar el Gráfico 3-3 realizado en base los valores de la Tabla 8-3, el mayor peso se establece en la unidad experimental 3 siendo 405,79g con respecto a las demás pero que son similares a los expuestos por Vargas, et al. (2012, p.141) puesto que logran 424,00g en el tratamiento con roble y por Quizpilema (2013, p.49) quien obtiene una masa total de 457,28g en el sustrato a base de trigo.

Tabla 9-3: Valores de producción del tratamiento T3

| Unidad experimental | T3 (g) | | | Peso (g) |
|---------------------|--------|--------|-------|----------|
| | O1 | O2 | O3 | |
| 1 | 214,06 | 94,24 | 43,44 | 351,74 |
| 2 | 216,84 | 101,72 | 52,21 | 370,77 |
| 3 | 191,74 | 85,21 | 34,22 | 311,17 |
| 4 | 208,74 | 100,84 | 54,28 | 363,86 |
| 5 | 195,92 | 90,34 | 36,08 | 322,34 |
| 6 | 202,94 | 85,35 | 46,98 | 335,27 |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

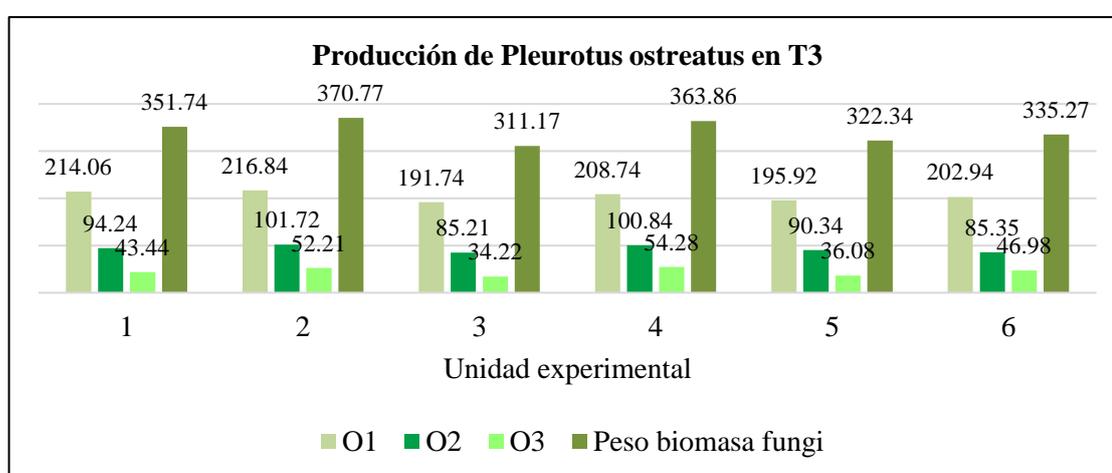


Gráfico 4-3: Producción de *Pleurotus ostreatus* en T3

Realizado por: Granizo, J, 2022.

Como se puede denotar en el Gráfico 4-3 desarrollado en base a la Tabla 9-3, el mayor peso se establece en la unidad experimental 2 siendo 370,77g, un valor mayor al expuesto por Mendoza, et al. (2016, p. 69) que reportan en uno de sus tratamientos un peso promedio de 283,00g; por su parte se asemeja a la producción de Vargas, et al. (2012, p.141), quienes obtienen 384,01g en el tratamiento compuesto de 25% de roble y 75% de bagazo de caña.

Tabla 10-3: Tiempo en días requerido en la producción del *Pleurotus ostreatus*

| Tratamiento | Preparación de la semilla | Inoculación en granos de trigo | Inoculación en el sustrato | Fructificación | Tiempo de producción total |
|-------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------|----------------------------|
| T1 | 13 | 12 | 15 | 13 | 53 |
| T2 | 13 | 12 | 24 | 22 | 71 |
| T3 | 13 | 12 | 17 | 17 | 59 |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

Se puede establecer de acuerdo a la Tabla 10-3 que el tiempo en días requerido en la producción de *Pleurotus ostreatus* desde la preparación de la semilla hasta la fructificación u obtención del cuerpo fructífero es variable en los tres tratamientos pero se puede determinar que el tratamiento T1 tiene una duración de 53 días como se puede observar en el Gráfico 5-3, tiempos que se relacionan con los reportados por Hernández y López (2010, p.78) ya que obtuvieron un tiempo de producción de hongos de 52 días desarrollados en el sustrato de tuza de mazorca; y con respecto al tratamiento T2, que se desarrolló en 71 días, se puede relacionar con los resultados de Mendoza, et al. (2016,p.67) que mencionan en su investigación un rango de tiempo de producción total entre 60 y 77 días al igual que Jaramillo y Albertó (2019, p.4), quienes indican un tiempo total entre 66 y 81 días.

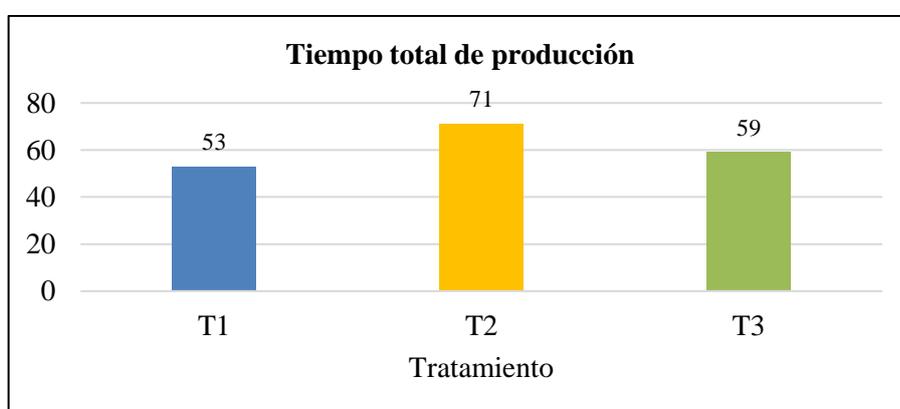


Gráfico 5-3: Tiempo total de producción de *Pleurotus ostreatus*

Realizado por: Granizo, J, 2022.

3.1.6. Análisis del rendimiento

El rendimiento es importante para determinar el porcentaje de producción (hongos frescos) que se obtiene de una cantidad determinada de materia prima minimizando el desperdicio y a su vez, generar una revalorización de este.

En la Tabla 11-3 se evidencia los valores de rendimiento de los tres tratamientos.

Tabla 11-3: Cálculo del rendimiento

| Variable analizada | T1 | T2 | T3 |
|--------------------------|---------|---------|---------|
| Peso del hongo fresco | 366,82 | 380,69 | 342,53 |
| Peso del sustrato húmedo | 1000,00 | 1000,00 | 1000,00 |
| Rendimiento | 36,68 | 38,07 | 34,25 |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

Del Gráfico 6-3 se evidencia que el tratamiento con mayor rendimiento en el T2 como se denota en la Tabla 11-3 siendo de 38,07% valor idéntico al expuesto por Toledo (2008, p.56) quien obtiene un rendimiento de 37,035% utilizando como sustrato mazorcas de cacao y superior a los valores reportados por Mendoza, et al. (2016, p.69) que es 28,30% en uno de sus tratamientos y por Cueva (2018, p.43) quien reporta un rendimiento en sustrato de cacao de 23,89%.

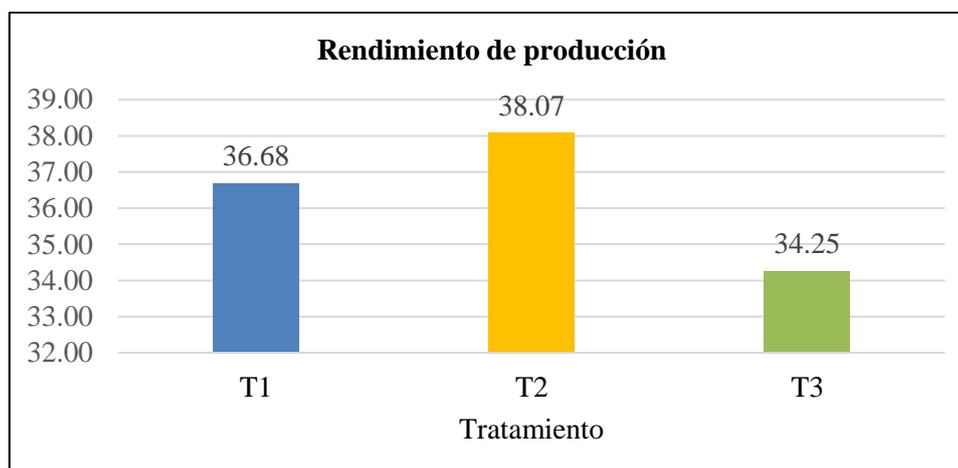


Gráfico 6-3: Rendimiento de producción del *Pleurotus ostreatus* en los tres tratamientos

Realizado por: Granizo, J, 2022.

3.1.7. Análisis de la eficiencia biológica

La eficiencia biológica determina la calidad de sustrato a utilizar para la producción de hongos, la misma que se aprecia como permisible a partir de las eficiencias biológicas del 50% según Acevedo (2017, p.20).

En la Tabla 12-3 se evidencia los valores de eficiencia biológica.

Tabla 12-3: Cálculo de la eficiencia biológica

| Variable analizada | T1 | T2 | T3 |
|------------------------|--------|--------|--------|
| Peso del hongo fresco | 366,82 | 380,69 | 342,53 |
| Peso del sustrato seco | 571,77 | 543,22 | 565,36 |
| Eficiencia biológica | 64,16 | 70,08 | 60,58 |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

En base al Gráfico 7-3, se determina que la eficiencia biológica es mayor en el tratamiento T2 siendo de 70,08%, el cual es similar al reportado por Tuchán (2004, p.39) quien obtiene una eficiencia de 70,08% en una mezcla de sustrato de cáscara de cacao con la madera de bambú y por Jaramillo y Albertó (2012, p.4) puesto que obtienen una eficiencia biológica de 71,07% en su investigación, pero es un dato mayor al expuesto por Aguinaga (2012, p.55) por lo que obtiene una eficiencia de 40,5% en bagazo de caña y al de Gaitán, et al. (2006, p.67) quienes reportan una eficiencia de 51,40% en uno de sus tratamientos con paja de cebada fermentada.

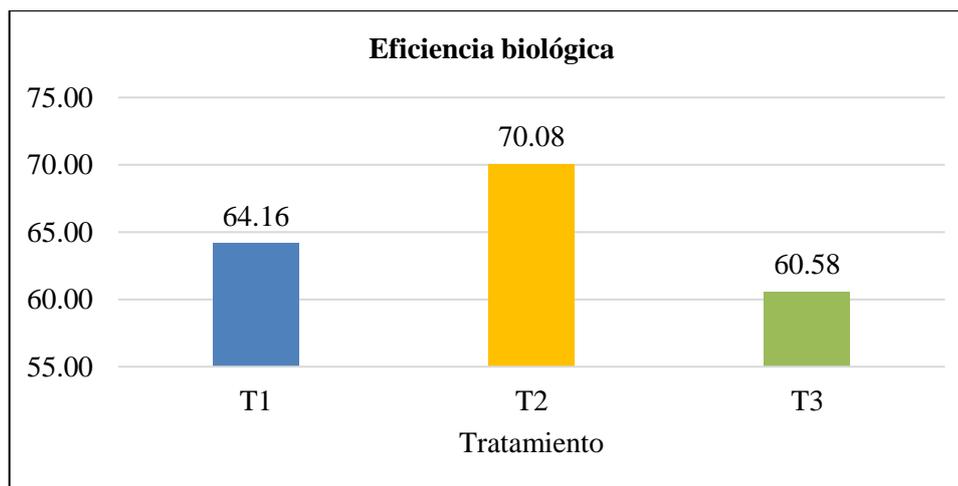


Gráfico 7-3: Eficiencia biológica del *Pleurotus ostreatus* en los tres tratamientos

Realizado por: Granizo, J, 2022.

3.1.8. Análisis proximal de la biomasa obtenida en los tres tratamientos

Las características bromatológicas de los cuerpos fructíferos se expresan en la Tabla 13-3.

Tabla 13-3: Características bromatológicas de los cuerpos fructíferos

| Combinación | Humedad | Materia seca | Cenizas | Fibra | Proteína | Grasa |
|-------------|---------|--------------|---------|-------|----------|-------|
| T1 | 85,56 | 14,44 | 0,901 | 13,80 | 16,80 | 0,88 |
| T2 | 84,58 | 15,42 | 1,16 | 17,87 | 15,19 | 0,82 |
| T3 | 85,08 | 14,92 | 0,99 | 17,89 | 12,71 | 0,79 |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

En referencia a las características bromatológicas de los cuerpos fructíferos de la Tabla 13-3, se establece que la humedad en T1 presenta un valor de 85,56% mayor al resto; con respecto a la materia seca, el tratamiento T2 presenta un valor de 15,42% siendo este más alto que el resto; las cenizas en el tratamiento T2 tienen un mayor valor de 1,16% con respecto a los demás; en fibra el tratamiento T3 tienen un valor de 17,89%; la grasa presente en el tratamiento T1 tiene

un valor de 0,88% superior a la de los otros tratamientos y por último las proteínas en el tratamiento T1 determina valores más altos que el resto siendo de 16,80% que es un valor similar al de García, et al. (2014, p.44) quien afirma en su investigación valores de 18,10 y 23,90% de proteína en un hongo fresco, al igual que Ramos (2019, p.40) que expone valores de proteína de 17,26% en una de sus mezclas y Jin, et al. (2018, p.28) quien reporta obtener valores entre 18,35 y 25,68% en mazorcas de maíz suplementadas con residuos de hierbas. Según Koutrotsios, et al. (2014, p.133) expone que el contenido de proteína cruda presente en *Pleurotus ostreatus* es variable de 14,64 a 31,36%, por lo mismo que se puede declarar nuestros valores como correctos tomando en consideración que esta variedad depende del tipo de sustrato que se emplee (Gupta, et al., 2013, p.4234).

Tomando en consideración que un valor que determina la calidad nutritiva de un alimento está fundamentalmente establecido en el contenido de proteína por ello se ha valorado tomar este parámetro como referencia para realizar el análisis de varianza con respecto a esta.

3.1.9. Análisis de varianza de la proteína

Tabla 14-3: Análisis de las características bromatológicas

| Características bromatológicas | Análisis | Suma | Promedio | Varianza |
|--------------------------------|----------|--------|----------|----------|
| Humedad | 3 | 255,22 | 85,07 | 0,2401 |
| Materia seca | 3 | 44,78 | 14,93 | 0,2401 |
| Cenizas | 3 | 3,06 | 1,02 | 0,0173 |
| Fibra | 3 | 49,56 | 16,52 | 5,5489 |
| Proteína | 3 | 44,7 | 14,90 | 4,2451 |
| Grasa | 3 | 2,49 | 0,83 | 0,0021 |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

Tabla 15-3: Datos de análisis de proteína

| T1 | T2 | T3 |
|-------|-------|-------|
| 16,80 | 15,19 | 12,71 |
| 16,11 | 15,08 | 11,29 |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

Tabla 16-3: Resumen de análisis según la producción

| Tratamientos | Unidades experimentales | Suma | Promedio | Varianza |
|--------------|-------------------------|---------|----------|----------|
| T1 | 2 | 32,9100 | 16,4550 | 0,2381 |
| T2 | 2 | 30,2700 | 15,1350 | 0,0060 |
| T3 | 2 | 24,0000 | 12,0000 | 1,0082 |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

Tabla 17-3: Análisis de varianza de la proteína

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | p Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|---------|----------------|----------------------|
| Entre grupos | 20,9451 | 2 | 10,4726 | 25,0880 | 0,0134 | 9,5521 |
| Dentro de los grupos | 1,2523 | 3 | 0,4174 | | | |
| Total | 18,9520 | 5 | | | | |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

Tabla 18-3: Prueba de Tukey para analizar la proteína

| Parámetro | Valor | Diferencia | | |
|---------------|--------|------------|--------|--------|
| | | T1 | T2 | T3 |
| HSD | 2,0558 | | | |
| Multiplicador | 4,5000 | T1 | 1,3200 | 4,4550 |
| MSE | 0,4174 | T2 | | 3,1350 |
| n | 2 | T3 | | |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

En lo que se refiere al análisis de la varianza de un factor, se puede establecer de acuerdo con los datos que la proteína presenta una varianza de 4,2451 con respecto a los otros resultados de la Tabla 14-3 y se presenta en la Tabla 17-3 una probabilidad de 0,0134 siendo menor a 0,05 de error muestral, manteniendo un valor crítico para F de 25,0880 y una F de 9,5521 lo que determina que se encuentra en la zona de rechazo.

En la Tabla 18-3 se realiza la Prueba de Tukey al 5 % de confiabilidad y se puede determinar que existen diferencias significativas entre el T1, T3 y T2, T3 con lo que se demuestra que la combinación de sustratos utilizados en T1 y T2 provee una mayor cantidad de proteína al hongo *Pleurotus ostreatus*.

3.1.10. Evaluación organoléptica de los hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*

Las características organolépticas de los cuerpos fructíferos se evidencian en la Tabla 19-3.

Tabla 19-3: Características organolépticas de los cuerpos fructíferos conservados

| Tipo de conservación | | Secado natural | Deshidratación |
|----------------------|---------|-----------------|-----------------|
| Duración (h) | | 48 | 5 |
| Temperatura (°C) | | 10-12 | 55 |
| Características | Forma | Conserva | Conserva |
| | Textura | Áspera y rugosa | Áspera y rugosa |
| | Color | Blanco | Amarillento |
| | Sabor | Cárnico (umami) | Cárnico (umami) |
| | Olor | Fúngico suave | Fúngico suave |

Realizado por: Granizo, J, 2022.



Figura 2-3: Secado natural de un racimo de cuerpos fructíferos

Realizado por: Granizo, J, 2022.



Figura 3-3: Deshidratado de un carpóforo

Realizado por: Granizo, J, 2022

Como se puede describir de la Tabla 19-3 las características organolépticas de los cuerpos fructíferos se conservan con un mejor aspecto en el procedimiento de deshidratación realizado en el mismo sustrato en el cual creció el hongo por ejemplo, el color blanco y su estructura en un 90% del hongo fresco se mantiene en este sistema de deshidratación a una temperatura de 10-12°C por 48 horas. Este sistema de secado representa una alternativa eminentemente nueva por tal razón, no existen datos para realizar su discusión de resultados.

Con respecto a la deshidratación aplicando una temperatura de 55°C por 5 horas, se obtuvo la biomasa con un color amarillento y una reducción de tamaño, observaciones que son similares a las mencionadas por Marcal et al. (2021: p.422) en su estudio de “Impacto de los métodos de conservación poscosecha sobre el valor nutricional y las propiedades bioactivas de los hongos”. En estos procesos de deshidratación, las propiedades nutritivas del hongo se conservan como se puede apreciar en la Figura 2-3 y Figura 3-3, cuyas características relevantes es mantener la forma del hongo fresco, una textura áspera y rugosa, un olor fúngico suave y un sabor cárnico (umami), datos que coinciden con los reportados por Sun, et al. (2020, p.176) en su estudio titulado “Avances en el sabor y aroma umami de los hongos comestibles”.

3.2. Comprobación de hipótesis

Hipótesis nula: El uso de la cáscara de cacao, guaba y rastrojo de quinua, como sustratos para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus*, no influye en la producción, rendimiento y eficiencia biológica mediante cálculo estadístico ANOVA, $p \leq 0.05$.

Hipótesis alterna: El uso de la cáscara de cacao, guaba y rastrojo de quinua, como sustratos para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus*, no influye en la producción, rendimiento y eficiencia biológica mediante cálculo estadístico ANOVA, $p \leq 0.05$.

3.2.1. Comprobación de la hipótesis en base a la producción

Tabla 20-3: Producción

| T1 | T2 | T3 |
|--------|--------|--------|
| 351,19 | 395,28 | 351,74 |
| 346,42 | 359,92 | 370,77 |
| 357,13 | 405,79 | 311,17 |
| 396,18 | 373,63 | 363,86 |
| 385,92 | 361,06 | 322,34 |
| 364,06 | 388,48 | 335,27 |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

Tabla 21-3: Resumen de análisis según la producción

| Tratamientos | Unidades experimentales | Suma | Promedio | Varianza |
|--------------|-------------------------|-----------|----------|----------|
| T1 | 6 | 2200,9000 | 366,8167 | 397,7580 |
| T2 | 6 | 2284,1600 | 380,6933 | 354,0271 |
| T3 | 6 | 2055,1500 | 342,5250 | 556,2168 |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

Tabla 22-3: Análisis de varianza de la producción

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | p Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|--------|----------------|----------------------|
| Entre grupos | 4478,9372 | 2 | 2239,4686 | 5,1364 | 0,0200 | 3,6823 |
| Dentro de los grupos | 6540,0094 | 15 | 436,0006 | | | |
| Total | 11018,9467 | 17 | | | | |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

Una vez realizada la prueba de hipótesis mediante ANOVA en base a la producción, se presenta de la Tabla 22-3 una probabilidad de 0,0200 la cual es menor a 0,05 que es el nivel de significancia, también al analizar el valor crítico para F siendo 3,6823 se observa que es menor al valor de prueba F que es 5,1364 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna y de tal manera, se corrobora que la producción de *Pleurotus ostreatus* es cambiante conforme a la combinación de sustratos utilizados.

Tabla 23-3: Prueba de Tukey para analizar la producción

| Parámetro | Valor | Diferencia | | |
|---------------|----------|------------|----------|---------|
| | | T1 | T2 | T3 |
| HSD | 31,2848 | | | |
| Multiplicador | 3,6700 | T1 | -13,8767 | 24,2917 |
| MSE | 436,0006 | T2 | | 38,1683 |
| n | 6 | T3 | | |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

En base a la prueba de Tukey al 95 % de confiabilidad, se evidencia en la Tabla 23-3 que existe una diferencia significativa entre el grupo T2 y T3 puesto que 38,1683 (el valor de la casilla T2T3) es mayor al HSD lo que resulta una producción de *Pleurotus ostreatus* mejor en el tratamiento T2 en comparación con los otros tratamientos.

Tabla 24-3: Comprobación de hipótesis en base a la producción

| Nivel de confianza del 95% | Prueba F | Prueba p | Si/No |
|---|----------|----------|-------|
| ¿Existe diferencia estadísticamente significativa en la producción entre los tres grupos? | 5,1364 | 0,0200 | Si |
| Error muestral | | 0,05 | |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

3.2.2. Comprobación de la hipótesis en base a la eficiencia biológica**Tabla 25-3:** Eficiencia biológica en todas las unidades experimentales

| T1 | T2 | T3 |
|-------|-------|-------|
| 66,69 | 74,56 | 66,58 |
| 60,75 | 66,42 | 67,34 |
| 59,36 | 73,96 | 59,25 |
| 71,82 | 72,45 | 60,33 |
| 66,99 | 69,15 | 54,01 |
| 60,24 | 64,67 | 57,01 |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

Tabla 26-3: Resumen de análisis según la eficiencia

| Tratamientos | Unidades experimentales | Suma | Promedio | Varianza |
|--------------|-------------------------|----------|----------|----------|
| T1 | 6 | 385,8426 | 64,3071 | 24,5716 |
| T2 | 6 | 421,2046 | 70,2008 | 16,8312 |
| T3 | 6 | 364,5109 | 60,7518 | 27,8504 |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

Tabla 27-3: Análisis de varianza de la eficiencia

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | p Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|--------|----------------|----------------------|
| Entre grupos | 273,3154 | 2 | 136,6577 | 5,9199 | 0,0127 | 3,6823 |
| Dentro de los grupos | 346,2659 | 15 | 23,0844 | | | |
| Total | 619,5814 | 17 | | | | |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

En base a la prueba de hipótesis mediante ANOVA de la eficiencia, se presenta de la Tabla 27-3 una probabilidad de 0,0127 la cual es menor al nivel de significancia de 0,05, además al analizar el valor de prueba F que es 5,9199 se considera mayor que el valor crítico para F el cual es 3,6823 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna y de tal manera, se corrobora que la producción de *Pleurotus ostreatus* es variante según la combinación de sustratos utilizados.

Tabla 28-3: Prueba de Tukey para analizar la eficiencia

| Parámetro | Valor | Diferencia | | |
|---------------|---------|------------|---------|--------|
| | | T1 | T2 | T3 |
| HSD | 7,1986 | | | |
| Multiplicador | 3,6700 | T1 | -5,8937 | 3,5553 |
| MSE | 23,0844 | T2 | | 9,4489 |
| n | 6 | T3 | | |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

En base a la prueba de Tukey al 95 % de confiabilidad, se evidencia en la Tabla 28-3 que existe una diferencia significativa entre el grupo T2 y T3 puesto que 9,4489 (el valor de la casilla T2T3) es mayor al HSD y en consecuencia se presenta una producción de *Pleurotus ostreatus* mejor en el tratamiento T2 en comparación con los otros tratamientos.

Tabla 29-3: Comprobación de hipótesis en base a la eficiencia

| Nivel de confianza del 95% | Prueba F | Prueba p | Si/No |
|---|----------|----------|-------|
| ¿Existe diferencia estadísticamente significativa en la eficiencia biológica entre los tres grupos? | 5,9199 | 0,0127 | Si |
| Error muestral | | 0,05 | |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

3.2.3. Comprobación de la hipótesis en base al rendimiento

Tabla 30-3: Rendimiento en todas las unidades experimentales

| T1 | T2 | T3 |
|-------|-------|-------|
| 35,12 | 39,53 | 35,17 |
| 34,64 | 35,99 | 37,08 |
| 35,71 | 40,58 | 31,12 |
| 39,62 | 37,36 | 36,39 |
| 38,59 | 36,11 | 32,23 |
| 36,41 | 38,85 | 33,53 |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

Tabla 31-3: Resumen de análisis según el rendimiento

| Tratamientos | Unidades experimentales | Suma | Promedio | Varianza |
|--------------|-------------------------|----------|----------|----------|
| T1 | 6 | 220,0900 | 36,6817 | 3,9776 |
| T2 | 6 | 228,4160 | 38,0693 | 3,5403 |
| T3 | 6 | 205,5150 | 34,2525 | 5,5622 |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

Tabla 32-3: Análisis de varianza del rendimiento

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | p Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|--------|----------------|----------------------|
| Entre grupos | 44,7894 | 2 | 22,3947 | 5,1364 | 0,0200 | 3,6823 |
| Dentro de los grupos | 65,4001 | 15 | 4,3600 | | | |
| Total | 110,1895 | 17 | | | | |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

En la tabla 32-3 de la prueba de hipótesis mediante ANOVA en base al rendimiento, se determina una probabilidad de 0,0200 la cual es menor al nivel de significancia de 0,05, a la vez se analiza el valor de prueba F que es de 5,1364 el cual se considera mayor al valor crítico para F que es 3,6823 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna y de tal forma, se comprueba que la producción de *Pleurotus ostreatus* es diferente de acuerdo a la combinación de sustratos utilizados.

Tabla 33-3: Prueba de Tukey para analizar el rendimiento

| Parámetro | Valor | Diferencia | | |
|---------------|--------|------------|---------|--------|
| | | T1 | T2 | T3 |
| HSD | 3,1285 | | | |
| Multiplicador | 3,6700 | T1 | -1,3877 | 2,4292 |
| MSE | 4,3600 | T2 | | 3,8168 |
| n | 6 | T3 | | |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

En base a la prueba de Tukey al 95 % de confiabilidad, se evidencia en la Tabla 33-3 que existe una diferencia significativa entre el grupo T2 y T3 puesto que 3,8168 (el valor de la casilla T2T3) es mayor al HSD lo que resulta una producción de *Pleurotus ostreatus* mejor en el tratamiento T2 en comparación con los otros tratamientos.

Tabla 34-3: Comprobación de hipótesis en base al rendimiento

| Nivel de confianza del 95% | Prueba F | Prueba p | Si/No |
|--|-----------------|-----------------|--------------|
| ¿Existe diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento entre los tres grupos? | 5,1364 | 0,0200 | Si |
| Error muestral | | 0,05 | |

Realizado por: Granizo, J, 2022.

CONCLUSIONES

- Los residuos de cacao, guaba y quinua contienen las biomoléculas que requiere el hongo *Pleurotus ostreatus* para desarrollarse como son la lignina, celulosa y hemicelulosa tomando en consideración los parámetros ambientales que son indispensables para su desarrollo.
- El tratamiento T2 (Cáscara de cacao 60%, cáscara de guaba 25%, rastrojo de quinua 15%) constituye el sustrato en el cual se obtiene los valores más altos de producción, rendimiento y eficiencia biológica siendo de 380,69g, 38.07% y 70,08% respectivamente lo que garantiza el poder utilizarlo en procesos a escala industrial.
- La conservación del hongo mediante el procedimiento de deshidratación en forma natural en el sustrato utilizado para el cultivo del hongo permite mantener las características y apariencia como es el color, tamaño, textura, sabor y olor lo que puede generar una mayor aceptación de consumo a nivel comercial con relación al procedimiento de secado utilizando temperatura.
- Del análisis bromatológico del hongo comestible se concluye que, en los tres tratamientos se obtienen valores que permiten comparar con los alimentos más utilizados como fuente de proteína entre los que se puede mencionar la carne, huevos, leche y ser considerados como alimentos funcionales, fundamentalmente por la presencia del porcentaje de proteína que se encuentra en un 16,80%.

RECOMENDACIONES

- Estandarizar los parámetros ambientales como son la temperatura, humedad, aireación, ventilación puesto que de estos depende en su totalidad el buen desarrollo y crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*.
- Investigar un estudio utilizando solo el residuo de la guaba como sustrato para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* puesto que según nuestros análisis obtenidos poseen excelentes características lignocelulósicas.
- Realizar investigaciones sobre este trabajo incorporando otros residuos lignocelulósicos o agroindustriales de la zona como la palma africana.
- Considerar la implementación de producción de hongos comestibles como una alternativa de generación de empleo y el incremento de los ingresos económicos familiares.

GLOSARIO

Biomasa: Es la cantidad completa de materia viviente que se ubica en una determinada área o a su vez, en un nivel trófico (Martínez y Leyva, 2014, p.12).

Cepa: Es una población de microorganismos de una sola especie descendientes de una única célula o que provienen de una determinada muestra en particular, la que usualmente es propagada clonalmente, debido al interés en la conservación de sus cualidades definitorias (Ulloa y Hanlin, 2006, p.93).

Colonización: Es la invasión de micelio en el sustrato hasta que llegue a cubrirlo por completo con una tonalidad blanca (Ardón, 2007, p.24).

Cuerpo fructífero: Es conocido también como cuerpo reproductivo o esporocarpio que representa la fase sexual de los hongos filamentosos y constituye la parte del hongo con funciones reproductivas (Rothschuh, 2021, párr.4).

Micelio: Es una red de células conformada por la ramificación y crecimiento de hifas de apariencia algodonosa y de color blanco, la cual comprende el cuerpo de reproducción (Cueva, 2018, p.6).

Oleada: Es denominado al tiempo o etapa de cosecha de los cuerpos fructíferos en estado adulto (Ardón, 2007, p.24).

Precocidad: Es el tiempo comprendido desde el inicio de la incubación hasta el momento de obtener primordios (Cueva, 2018, p.37).

Primordio: Es llamado a pequeños corpúsculos que se desarrollan en áreas de crecimiento crítico del micelio entendiéndose como el primer estado del cuerpo fructífero (Hernández y López, 2010, p.53).

Proteína: Es un macronutriente esencial que está determinado por el perfil de aminoácidos que la constituyen y tiene el fin de dar mantenimiento y crecimiento de estructuras corporales (Martínez y Martínez, 2006, p.1).

Sustrato: Son materiales sólidos distintos del suelo ya sean orgánico o mineral, natural o sintético, que colocado de manera pura o mezclado, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando, por tanto, un medio para el crecimiento de una especie (Medina, 2012, párr.2).

Umami: Es la esencia de sabor que se identifica con la presencia del ácido glutámico, aminoácido no esencial y a los 5-ribonucleótidosinosina-5-monofosfato y guanosina-5-monofosfato encontrados en pescados, carnes, vegetales y lácteos (Reyes, 2021, p.20).

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO, R. “Valoración y crecimiento del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en cuatro sustratos generados a partir de procesos productivos agropecuarios, en el Municipio de Malaga, Santander”. *Revista colombiana de investigaciones agroindustriales* [en línea], 2017, (Colombia) 4 (1), pp. 15–23. [Consulta: 15 febrero 2022]. DOI 10.23850/24220582.857. Disponible en: <https://doi.org/10.23850/24220582.857>

AGUINAGA, P. Evaluación de cuatro sustratos para la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en tres ciclos de producción en la zona de Tambillo, provincia de Pichincha (Trabajo de titulación). [en línea] Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, Quito-Ecuador. 2012. pp. 1-62. [Consulta: 4 noviembre 2021]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4663/1/CD-4295.pdf>.

ARDILA, C., & CARREÑO, S. Aprovechamiento de la cáscara de la mazorca de cacao como absorbente (Trabajo de titulación). [en línea] Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas, Escuela de Ingeniería Química, Bucaramanga-Colombia. 2011. pp. 18-41. [Consulta: 4 noviembre 2021]. Disponible en: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2011/137849.pdf>

ARDÓN, C. Evaluación de pericarpio de jacaranda (*Jacaranda mimosaeifolia*) y pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*), para el cultivo artesanal del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*, Ecosur-0112) (Trabajo de titulación). [en línea] Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Instituto de Investigaciones Agronómicas, Guatemala-México. 2004. pp. 16-70. [Consulta: 9 noviembre 2021]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2138.pdf.

ARDÓN, C. La Producción de los hongos comestibles. (Trabajo de titulación) (Maestría). [en línea] Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Humanidades, Guatemala-México. 2007. pp. 1-184. [Consulta: 9 octubre 2021]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/07/07_1932.pdf.

ATLAS, R., & BARTHA, R. *Ecología Microbiana y Microbiología Ambiental*. 4^a ed. Madrid-España: Pearson, 2002. ISBN 9788478290390, pp. 59-92.

BAENA, A. Aprovechamiento del Bagazo del Maguey Verde (*Agave Salmiana*) de la Agroindustria del Mezcal en San Luis Potosí para la producción de Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*). (Trabajo de titulación) (Posgrado). [en línea] Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., Ciencias Ambientales, San Luis-México. 2005. pp. 1-90. [Consulta: 9 noviembre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ipicyt.edu.mx/bitstream/handle/11627/65/BaenaGonzalez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

BAUDILIO, J., & CAMPOS, C. “Revisión Taxonómica del género *Theobroma* (Sterculiaceae) en Venezuela”. *Acta Botánica Venezolánica* [en línea], 2005, (Venezuela) 28 (1), pp. 113–134. [Consulta: 9 noviembre 2021]. ISSN 0084-5906. Disponible en: <https://repositorio.ipicyt.edu.mx/bitstream/handle/11627/65/BaenaGonzalez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

BAZÁN, D., SALAS, N., AGUIRRE, R., BRAVO, M., BECERRA, E., LENGUA, R., CARHUANCHO, H., OSORIO, A., CORNEJO, O., & BAUTISTA, M. “Análisis comparativo del cultivo de cepas de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus eringii*”. *Peruana Química e Ingeniería Química* [en línea], 2004, (Perú) 7 (1), pp. 24-29. [Consulta: 5 febrero 2022]. ISSN 1609-7599. Disponible en: <file:///C:/Users/59395/Downloads/15615.pdf>

CAÑAS, R. *Alimentación y nutrición animal. Colección de agricultura* [en línea]. 2ª ed. Santiago-Chile: INIA, 1998. [Consulta: 9 noviembre 2021]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/53614>

CEBALLOS, D. Evaluación de rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) y hojarasca de roble (*Quercus peduncularis*) previo al cultivo artesanal del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus* Ecs 110) (Trabajo de titulación). [en línea] Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales, Guatemala-México. 2007. pp. 1-36. [Consulta: 9 noviembre 2021]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_0964.pdf.

COELLO, C. Evaluación del crecimiento y producción de biomasa de dos cepas del género *Pleurotus* spp. cultivadas en un medio agar con diferentes sustratos (Trabajo de titulación). [en línea] Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Ingeniería para el desarrollo Agroindustrial, Quevedo-Ecuador. 2012. pp. 15-89. [Consulta: 9 noviembre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/4078/1/T-UTEQ-107.pdf>

CORONEL, O. Aprovechamiento del subproducto bagazo de malta de la industria cervecera para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química, Riobamba-Ecuador. 2021. pp. 32-69.

CUEVA, C. Aprovechamiento de residuos de plátano, cacao y maíz como sustratos para la producción del hongo “*Pleurotus ostreatus*”, en la comunidad la Magdalena de Francisco de Orellana (Trabajo de titulación). [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Orellana-Ecuador. 2018. pp. 4-54. [Consulta: 6 enero 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10172/1/236T0370.PDF>.

DÍAZ, C., & CARVAJAL, E. “Eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* cultivado en fibra de palma de aceite”. *Limentech Ciencia y Tecnología Alimentaria* [en línea], 2014, (Colombia) 12 (1) pp. 63–70. [Consulta: 29 marzo 2022]. ISSN 1692-7125. DOI 10.24054/16927125.v1.n1.2014.934. Disponible en: https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/ALIMEN/article/view/934

DONG, W., HU, R., CHU, Z., ZHAO, J., & TAN, L. “Effect of different drying techniques on bioactive components, fatty acid composition, and volatile profile of robusta coffee beans”. *Food Chemistry* [en línea], 2017, (China) 234 (1), pp. 121–130. [Consulta: 29 marzo 2022]. ISSN 0308-8146. DOI 10.1016/J.FOODCHEM.2017.04.156. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814617307410>

FERNÁNDEZ, Y. Cultivo de orellas (*Pleurotus ostreatus*) en cinco sustratos generados en los procesos productivos agropecuarios, en dos épocas de siembra, en el municipio de Ituango. (Trabajo de titulación). [en línea] Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, Medellín-Colombia. 2014. pp. 20-77. [Consulta: 25 marzo 2021]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/id/5274/32559400.pdf/>

FLORES, A., & HENAO, M. Almacenamiento optimizado en la *Inga edulis*. (Trabajo de titulación). [en línea] Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de diseño industrial, Escuela de Arquitectura y diseño, Medellín-Colombia. 2013. pp. 25-28. [Consulta: 9 noviembre 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10172/1/236T0370.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, 2006. [Consulta: 17 septiembre 2021]. Disponible en: http://www1.inecol.edu.mx/inecol/libros/manual_setas.pdf.

GARCÍA, M. *Nuevas técnicas de cultivo del Pleurotus ostreatus*. Madrid-España: Extensión agraria, 1987. ISBN 8434104938, pp. 3-20.

GARCÍA, P., RODRÍGUEZ, W., CHALARCA, E., & ZAMBRANO, A. “Estudio microbiológico y fisicoquímico de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius*) frescos y deshidratados”. *Ingenierías & Amazonia* [en línea], 2014, (Colombia) 7 (1), pp. 41-47. [Consulta: 17 febrero 2022]. DOI 10.23857/pc.v6i3.2441. Disponible en: https://www.uniamazonia.edu.co/revistas/index.php/ingenierias-y-amazonia/article/view/339/pdf_29

GARCÍA, R., DÁVALOS, G., & RÍOS, A. “Uso de paja de quinua como alimento suplementario de ganado de leche”. *Polo del conocimiento* [en línea], 2021, (Ecuador) 6 (3), pp. 1363-1375. [Consulta: 17 octubre 2021]. DOI 10.23857/pc.v6i3.2441. Disponible en: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/2441>

GARZÓN, J., & CUERVO, J. “Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia”. *Publicación científica en ciencias biomédicas* [en línea], 2008, (Colombia) 6 (10), pp. 101-236. [Consulta: 16 febrero 2022]. ISSN 1794-2470. Disponible en: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/nova/article/view/403/1142>

GOWEN, A., ABU-GHANNAM, N., FRIAS, J., & OLIVEIRA, J. “Optimisation of dehydration proprieties of cooked chickpeas (*Cicer arietinum* L.) undergoing microwave-hot air combination drying”. *Food Science & Technology* [en línea], 2006, (Ireland) 17 (1), pp. 177-183. [Consulta: 27 diciembre 2021]. DOI 10.1016/j.tifs.2005.11.013. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092422440500347X>

GUPTA, A., SHARMA, S., SAHA, S., & WALIA, S. “Yield and nutritional content of *Pleurotus sajor caju* on wheat straw supplemented with raw and detoxified mahua cake”. *Food Chemistry* [en línea], 2013, (India) 141 (4), pp. 4231-4239. [Consulta: 18 febrero 2022]. DOI 10.1016/j.foodchem.2013.06.126. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814613009035>

GUTIÉRREZ, J. Estudio investigativo de la guaba y sus propuestas gastronómicas. (Trabajo de titulación). [en línea] Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Hotelería, Turismo, Preservación Ambiental y Gastronomía, Escuela de Gastronomía, Quito-Ecuador. 2012. pp. 5-17. [Consulta: 21 octubre 2021]. Disponible en: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/11671/1/48062_1.pdf.

HERNÁNDEZ, R., & LÓPEZ, C. Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. (Trabajo de titulación). [en línea] Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Escuela de Microbiología Industrial, Bogotá-Colombia. 2010. pp. 3-30. [Consulta: 3 abril 2022]. Disponible en: <file:///C:/Users/59395/Downloads/ESPOCH/TESIS/TESIS%20SIMILARES/2%20tesis257.pdf>.

HOTCHKISS, J., & POTTER, N. *Química y bioquímica de los alimentos, Ciencia y tecnología de los alimentos*. Saragoza-España: Acribia S.A., 1999. ISBN 8420008915, pp. 3-20.

HU, S., FENG, X., HUANG, W., IBRAHIM, S., & LIU, Y. “Effects of drying methods on non-volatile taste components of *Stropharia rugoso-annulata* mushrooms”. *Food Science & Technology* [en línea], 2020, (China) 127 (1), pp. 109428. [Consulta: 15 diciembre 2021]. ISSN 0023-6438. DOI 10.1016/J.LWT.2020.109428. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643820304175>

HURTADO, K., HUAMÁN, M., BRAVO, N., SILVA, A., & SILVA, R. “Evaluación del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.)”. *Peruana Química e Ingeniería Química* [en línea], 2016, (Perú) 19 (1), pp. 63-75. [Consulta: 4 noviembre 2021]. ISSN 1609-7599. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/12585/11273>

INVERNADEROS GREENHOUSE. *El cultivo del hongo seta (Pleurotus ostreatus)* [blog]. 2010. [Consulta: 9 November 2021]. Disponible en: <http://los-invernaderos.blogspot.com/2010/09/el-cultivo-del-hongo-seta-pleurotus.html>.

JARAMILLO, S., & ALBERTÓ, S. “Incremento de la productividad de *Pleurotus ostreatus* mediante el uso de inóculo como suplemento”. *Scientia Fungorum* [en línea], 2019, (Argentina) 49 (1), pp. 1-8. [Consulta: 21 febrero 2022]. ISSN 2594-1321 DOI 10.33885/sf.2019.49.1243. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2594-13212019000100205

JAYAKUMAR, E., RAMESH, E., & GERALDINE, P. “Antioxidant activity of the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*, on CCl₄-induced liver injury in rats”. *Food and Chemical Toxicology* [en línea], 2006, (India) 44 (12), pp. 1989-1996. [Consulta: 15 diciembre 2021]. DOI 10.1016/j.fct.2006.06.025. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16914248/>

JIN, Z., LI, Y., REN, J., & QIN, N. “Yield, nutritional content, and antioxidant activity of *Pleurotus ostreatus* on corncobs supplemented with herb residues”. *Mycobiology* [en línea], 2018, (China) 46 (1), pp. 24-32. [Consulta: 12 febrero 2022]. DOI 10.1080/12298093.2018.1454014. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6037074/>

KOUTROTSIOS, G., MOUNTZOURIS, K., CHATZIPAVLIDIS, I., & ZERVAKIS, G. “Bioconversion of lignocellulosic residues by *Agrocybe cylindracea* and *Pleurotus ostreatus* mushroom fungi-Assessment of their effect on the final product and spent substrate properties”. *Food Chemistry* [en línea], 2014, (Grecia) 161 (1), pp. 127-135. [Consulta: 18 febrero 2022]. DOI 10.1016/j.foodchem.2014.03.121. Disponible en: https://docksci.com/bioconversion-of-lignocellulosic-residues-by-agrocybe-cylindracea-and-pleurotus-_5adbf53ad64ab2009ea41205.html

MARCAL, S., SOUSA, A.S., TAOFIQ, O., ANTUNES, F., MORAIS, A., FREITAS, A., BARROS, L., FERREIRA, I., & PINTADO, M. “Impact of postharvest preservation methods on nutritional value and bioactive properties of mushrooms”. *Trends in Food Science & Technology* [en línea], 2021, (Portugal) 110 (12), pp. 418-431. [Consulta: 15 enero 2022]. DOI 10.1016/j.tifs.2021.02.007. Disponible en: <https://sci-hub.se/10.1016/j.tifs.2021.02.007>

MARINA, L., & GARCÍA, N. Obtención y caracterización de fibra dietaria a partir de cascarilla de las semillas tostadas de *Theobroma cacao* l. de una industria chocolatera colombiana. (Trabajo de titulación). [en línea] Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnologías, Escuela de Química, Pereira-Colombia. 2012. pp. 8-14. [Consulta: 4 noviembre 2021]. Disponible en: <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesis/textoyanexos/66392B139.pdf>.

MARTÍN, A. *Introducción a la microbiología del suelo*. México: AGT, 1981. ISBN 9684620020, pp. 35-63.

MARTÍNEZ, A., & LEYVA, A. “La biomasa de los cultivos en el ecosistema. Sus beneficios agroecológicos”. *Cultivo Tropicales* [en línea], 2014, (Cuba) 35 (1), pp. 11-20. [Consulta: 17 febrero 2022]. ISSN 0258-5936. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v35n1/ctr02114.pdf>

MARTÍNEZ, A., & MARTÍNEZ, V. “Proteínas y péptidos en nutrición enteral”. *Nutrición Hospitalaria* [en línea], 2006, (Granada) 21 (2), pp. 1-14. [Consulta: 17 febrero 2022]. ISSN 0212-1611. Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v21s2/original1.pdf>

MEDINA, E. Empleo de los sustratos residuales del cultivo de hongos comestibles como fertilizante orgánico y como medio de cultivo sin suelo (Trabajo de titulación). [en línea] Universidad Miguel Hernández, Valencia-España. 2012. pp. 2-5. [Consulta: 15 enero 2022]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2457.pdf

MENDIETA, O., & MEDINA, M. “Secado natural y solar de hongos comestibles silvestres de la región San Martín”. *Folia amazónica*, 7, 1-2 (1995), (Colombia) pp. 97-111.

MENDOZA, K., HUAMÁN, M., BRAVO, N., SILVA, A., & SILVA, R. “Evaluación del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.)”. *Peruana Química e Ingeniería Química* [en línea], 2016, (Perú) 19 (1), pp. 63-75. [Consulta: 16 febrero 2022]. ISSN 1609-7599. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/12585/11273>

MICHEL, A., OTERO, M., DÍAZ, E., ARÍZA, R., & BARRIOS, A. *Manual Producción de Hongos Comestibles Pleurotus spp* [en línea]. Guerrero-México: Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario, 2010. [Consulta: 4 noviembre 2021]. Disponible en: <https://fdocuments.es/document/manual-hongos-55a0bec0cd013.html>

MICHELIS, A., & RAJCHENBERG, M. *Hongos Comestibles: Teoría y práctica para la recolección, elaboración y conservación* [en línea]. El Bolsón-Argentina: Estación Experimental Agropecuaria Bariloche, 2006. [Consulta: 9 noviembre 2021]. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_hongos_comestibles.pdf.

MILES, P.G., & CHANG, S.-T. *Mushroom Biology*. Danvers-USA: World Scientific Publishing, 1997. ISBN 9810228775, pp. 4-106.

PERDOMO, T. *Pleurotus ostreatus: características, nutrición, reproducción*. [blog]. 2019. [Consulta: 17 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/pleurotus-ostreatus/>.

PÉREZ, B. Descripción de las características macroscópicas, de cultivo in vitro de cepas de *Pleurotus* aisladas en Guatemala (Trabajo de titulación). [en línea] Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Escuela de Química Biología,

Guatemala-México. 2006. pp. 5-14. [Consulta: 15 enero 2022]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2457.pdf

PISKOV, S., TIMCHENKO, L., GRIMM, W.D., RZHEPAKOVSKY, I., AVANESYAN, S., SIZONENKO, M., & KURCHENKO, V. “Effects of Various Drying Methods on Some Physico-Chemical Properties and the Antioxidant Profile and ACE Inhibition Activity of Oyster Mushrooms (*Pleurotus Ostreatus*)”. *Foods* 2020 [en línea], 2020, (Belarús) 9 (2), p. 160. [Consulta: 15 noviembre 2021]. ISSN 23048158. DOI 10.3390/FOODS9020160. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2304-8158/9/2/160/htm>.

QUIZHPILEMA, L. Validación de la tecnología para la producción e industrialización de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* utilizando sustratos orgánicos (Trabajo de titulación). [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Ingeniería en Industrias Pecuarias, Riobamba-Ecuador. 2013. pp. 3-60. [Consulta: 4 noviembre 2021]. <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2944/1/27T0219.pdf>.

REYES, F. *Umami y glutamato: aspectos químicos, biológicos y tecnológicos*. Sao Paulo-Brasil: Edgar Blucher, 2010. ISBN 9786555500950, pp. 19-21

RIVERA, R., MARTÍNEZ, C., & MORALES, S. “Evaluación de residuos agrícolas como sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus*”. *Luna Azul* [en línea], 2013, (Colombia) 37 (1), pp. 89-100. [Consulta: 9 noviembre 2021]. ISSN 19092474. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3217/321729206008.pdf>

RODRÍGUEZ, A. Evaluación de la eficiencia de crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en residuos del cultivo de *chenopodium quinoa* (Trabajo de titulación). [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería en Biotecnología Ambiental, Riobamba-Ecuador. 2019. pp. 4-25. [Consulta: 3 noviembre 2021]. <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/14068/1/236T0481.pdf>.

RODRÍGUEZ, G. “Cultivo de hongos comestibles”. *Fruticultura & diversificación*, 52, 1 (2005), (Argentina) pp. 10-15.

RODRÍGUEZ, N., ARAQUE, M., & PERDOMO, F. *Manejo postcosecha de hongos comestibles y medicinales* [en línea]. Colombia: FNC-Cenicafé, 2006. [Consulta: 17 septiembre 2021]. Disponible en:

<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/857/1/Hongos%20comestibles%20Orellanas%20Shiitake.pdf>

RODRÍGUEZ, N., & GÓMEZ, F. “Cultivo de hongos comestibles en pulpa de café”. *Avances Técnicos Cenicafé*, 285, 1 (2001), (Colombia) pp. 1-8

ROJAS, L., PIÑEROS, Y., & VELÁSQUEZ, M. “Producción de azúcares fermentables a partir de fibra prensada de palma de aceite pretratada biológicamente por *Pleurotus ostreatus* y *Phanerochaete chrysosporium*”. *Revista ION [en línea]*, 2011, (Colombia) 24 (2), pp. 29-35. [Consulta: 14 febrero 2022]. ISSN 0120100. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rion/v24n2/v24n2a05.pdf>.

ROMERO, O., HUERTA, M., DAMIÁN, M., MACÍAS, A., TAPIA, A., PARRAGUIRRE, J., & JUÁREZ, 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”. *Agron. Costarricense [en línea]*, 2010, (México) 34 (1), pp. 81-90. [Consulta: 9 noviembre 2021]. ISSN 0377-9424. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242010000100005.

ROTHSCHUH, U. *Estructura de los hongos* [blog]. 2021. [Consulta: 20 marzo 2022]. <https://www.ecologiaverde.com/estructura-de-los-hongos-3676.html>

SALAS, N., BAZÁN, D., OSORIO, A., CORNEJO, O., & CARRERO, E. “Deshidratación de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*)”. *Peruana Química e Ingeniería Química [en línea]*, 2003, (Perú) 6 (1), pp. 55-59. [Consulta: 4 noviembre 2021]. ISSN 1726-2208. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/4490/3576>.

SALDARRIAGA Y., & PINEDA, G. *Manual de micología aplicada*. Medellín-Colombia: Universidad de Antioquia, 2001. ISBN 958-655-481-3, pp. 12-114.

SARMIENTO, L. *Champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*)* [blog]. 2018. [Consulta: 9 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.jardineriaon.com/champinon-ostra-pleurotus-ostreatus.html>.

SHISHIR, M., KARIM, N., BAO, T., GOWD, V., DING, T., SUN, C. & CHEN, W. “Cold plasma pretreatment – A novel approach to improve the hot air-drying characteristics, kinetic parameters, and nutritional attributes of shiitake mushroom”. *Drying Technology [en línea]*,

2019, (China) 38 (16), pp. 2134-2150. [Consulta: 10 noviembre 2021]. ISSN 15322300. DOI 10.1080/07373937.2019.1683860. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07373937.2019.1683860>.

SILVA, B. *Manual del cultivo del hongo Pleurotus ostreatus*. Ambato-Ecuador: Minerva, 2005, pp. 2-48.

SINERGIA. *Impactos ambientales en agricultura* [blog]. 2003. [Consulta: 4 noviembre 2021]. Disponible en: http://www.lifesinergia.org/formacion/curso/03_impactos_ambientales_en_agr.pdf.

SONG, B. *Manual del cultivador de hongos 1. Cultivo del Hongo Ostra*. Haeng oon Bldg-Corea: MushWorld, 2005. ISSN 1739-1377, pp. 1-132.

SUN, L., ZHANG, Z., XIN, G., SUN, B., BAO, X., WEI, Y., ZHAO, X., & XU, H. "Advances in umami taste and aroma of edible mushrooms". *Trends in Food Science and Technology* [en línea], 2020, (China) 96 (1), pp. 176-187. [Consulta: 16 febrero 2022]. DOI 10.1016/j.tifs.2019.12.018. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224419303978>

STAMETS, P. *Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms*. Olympia-EEUU: Ten Speed Press, 2000. ISBN 1580081754, pp. 5-68.

STAMETS, P. *Mycomedicinal: an information booklet on medicinal mushroom*. 3ª ed. Olympia-EEUU: Mycomedia, 2003. ISBN 0963797190, pp. 5-90.

TÍPAN, C. Evaluación del crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* con el uso de un sustrato de rastrojo de maíz con composición variable de papel (Trabajo de titulación). [en línea] Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, Escuela de Ingeniería Química, Quito-Ecuador. 2016. pp. 1-16. [Consulta: 4 noviembre 2021]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16617/1/CD-7248.pdf>.

TOLEDO, M. Residuos de Maíz y Quínoa como potenciales sustratos para el cultivo de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* (Trabajo de titulación). [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Riobamba-Ecuador. 2008. pp. 14-49. [Consulta: 17 septiembre 2021]. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/229/1/236T0015.pdf>.

TUCHAN, O. Evaluación del efecto de la pulpa de café (*coffea arábica*) en el incremento de la eficiencia biológica de la cepa inireb-8 de *Pleurotus ostreatus* utilizando cáscara de cacao (*theobroma cacao*) y bambu (*bambusa vulgaris* var. *striata*) como sustratos (Trabajo de titulación). [en línea] Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Escuela de Ingeniería Agrónoma, Guatemala-México. 2004. pp. 5-20. [Consulta: 4 noviembre 2021]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2112.pdf.

ULLOA, M, & HANLIN, R. “Nuevo diccionario Ilustrado de Micología”. *Revista mexicana de biodiversidad* [en línea], 2007, (México) 78 (2), pp. 497-498. [Consulta: 20 marzo 2022]. ISSN 2007-8706. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v78n2/v78n2a24.pdf>

VARGAS, P., HOYOS, J., & MOSQUERA, S. “Uso de hojarasca de roble y bagazo de caña en la producción de *Pleurotus ostreatus*”. *Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea], 2012, (Colombia) 10 (1), pp. 136-145. [Consulta: 20 marzo 2022]. ISSN 1692-3561. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n1/v10n1a16.pdf>.

VARGAS, R. Producción de hongos ostra (*Pleurotus ostreatus*) usando como sustrato residuos de corteza de eucalipto ricos en lignina producidos por la empresa NOVOPAN (Trabajo de titulación). [en línea] Universidad de las Fuerzas Armadas, Facultad de Ciencias de la Vida y de la Agricultura, Escuela de Ingeniería en Biotecnología, Sangolquí-Ecuador. 2020. pp. 21-55. [Consulta: 16 febrero 2022]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/24837/1/T-ESPE-044537.pdf>

VEDDER, P. *Cultivo Moderno del Champiñón*. 4ª ed. Madrid-España: Mundi-Prensa, 1996. ISBN 8471140748, pp. 22-250.

XU, L., FANG, X., WU, W., CHEN, H., MU, H., & GAO, H. “Effects of high-temperature pre-drying on the quality of air-dried shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*)”. *Food Chemistry* [en línea], 2019, (China) 285 (1), pp. 406-413. [Consulta: 4 noviembre 2021]. ISSN 0308-8146. DOI 10.1016/J.FOODCHEM.2019.01.179. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814619302687#:~:text=Highlights&text=High%2DTemperature%20Pre%2Ddrying%20increased,ratio%2Fhardness%20of%20dried%20products.&text=High%2DTemperature%20Pre%2Ddrying%20decreased,browning%20degree%20and%20formaldehyde%20content.&text=High%2DTemperature%20Pre%2Ddrying%20enriched,which%20makes%20it%20better%20quality>.

ZHANG, K., PU, Y.Y. and SUN, D.W. “Recent advances in quality preservation of postharvest mushrooms (*Agaricus bisporus*): A review”. *Trends in Food Science & Technology* [en línea], 2018, (Ireland) 78 (1), pp. 72-82. [Consulta: 4 noviembre 2021]. ISSN 0924-2244.
DOI 10.1016/J.TIFS.2018.05.012. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224418300530>

ANEXOS

ANEXO A: DATOS TOMADOS EN LA INCUBACIÓN

Tabla de parámetros de humedad y temperatura

| N° | Fecha | Humedad % | Temperatura °C |
|----|------------|-----------|----------------|
| 1 | 11/12/2021 | 75 | 25,5 |
| 2 | 12/12/2021 | 78 | 24,5 |
| 3 | 13/12/2021 | 76 | 26 |
| 4 | 14/12/2021 | 75 | 26 |
| 5 | 15/12/2021 | 70 | 25,5 |
| 6 | 16/12/2021 | 70 | 25,5 |
| 7 | 17/12/2021 | 70 | 24,5 |
| 8 | 18/12/2021 | 75 | 26 |
| 9 | 19/12/2021 | 75 | 25 |
| 10 | 20/12/2021 | 75 | 25,5 |
| 11 | 21/12/2021 | 79 | 27,5 |
| 12 | 22/12/2021 | 78 | 25 |
| 13 | 23/12/2021 | 78 | 24,5 |
| 14 | 24/12/2021 | 78 | 24,5 |
| 15 | 25/12/2021 | 79 | 29 |
| 16 | 26/12/2021 | 79 | 24 |
| 17 | 27/12/2021 | 76 | 23,5 |
| 18 | 28/12/2021 | 70 | 23 |
| 19 | 29/12/2021 | 70 | 22,5 |
| 20 | 30/12/2021 | 75 | 24 |
| 21 | 31/12/2021 | 70 | 25 |
| 22 | 1/1/2022 | 72 | 27 |
| 23 | 2/1/2022 | 72 | 28 |
| 24 | 3/1/2022 | 73 | 25 |

Tabla de tiempo de incubación

| Tratamiento | Fecha entrada | Fecha salida | Días |
|-------------|---------------|--------------|------|
| T1 | 11/12/2021 | 25/12/2021 | 15 |
| T2 | 11/12/2021 | 3/1/2022 | 24 |
| T3 | 11/12/2021 | 27/12/2021 | 17 |

ANEXO B: DATOS TOMADOS EN LA FRUCTIFICACIÓN

Tabla de parámetros de humedad y temperatura

| Nº | Fecha | Humedad % | Temperatura °C |
|----|----------|-----------|----------------|
| 1 | 25/12/21 | 75 | 30 |
| 2 | 26/12/21 | 76 | 30 |
| 3 | 27/12/21 | 84 | 26 |
| 4 | 28/12/21 | 80 | 27 |
| 5 | 29/12/21 | 80 | 28 |
| 6 | 30/12/21 | 79 | 29 |
| 7 | 31/12/21 | 80 | 26 |
| 8 | 1/1/22 | 81 | 27 |
| 9 | 2/1/22 | 79 | 30 |
| 10 | 3/1/22 | 75 | 31 |
| 11 | 4/1/22 | 89 | 25 |
| 12 | 5/1/22 | 80 | 26 |
| 13 | 6/1/22 | 82 | 27 |
| 14 | 7/1/22 | 83 | 26 |
| 15 | 8/1/22 | 85 | 26 |
| 16 | 9/1/22 | 75 | 28 |
| 17 | 10/1/22 | 70 | 30 |
| 18 | 11/1/22 | 71 | 30 |
| 19 | 12/1/22 | 69 | 30 |
| 20 | 13/1/22 | 79 | 27 |
| 21 | 14/1/22 | 82 | 26 |
| 22 | 15/1/22 | 80 | 25 |
| 23 | 16/1/22 | 83 | 25 |
| 24 | 17/1/22 | 89 | 24 |
| 25 | 18/1/22 | 85 | 25 |
| 26 | 19/1/22 | 85 | 26 |
| 27 | 20/1/22 | 70 | 30 |
| 28 | 21/1/22 | 69 | 30 |
| 29 | 22/1/22 | 70 | 30 |
| 30 | 23/1/22 | 82 | 28 |
| 31 | 24/1/22 | 70 | 30 |
| 32 | 25/1/22 | 75 | 29 |

Tabla de tiempo de fructificación

| Tratamiento | Fecha inicio fructificación | Fecha salida de primordio | Días en salir primordios | Cosecha | Días de fructificación |
|-------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------|------------------------|
| T1 | 25/12/2021 | 3/1/2022 | 10 | 6/1/2022 | 13 |
| T2 | 3/1/2022 | 18/1/2022 | 15 | 25/1/2022 | 22 |
| T3 | 27/12/2021 | 5/1/2022 | 12 | 10/1/2022 | 17 |

ANEXO C: CARACTERÍSTICAS DE HONGOS RECOLECTADOS TRATAMIENTO 1

| N° | Tallo (cm) | Diámetro del Sombrero (cm) | Peso (g) | N° | Tallo (cm) | Diámetro del Sombrero (cm) | Peso (g) |
|----|------------|----------------------------|----------|----|------------|----------------------------|----------|
| 1 | 1.9 | 5 | 2.62 | 45 | 4 | 6 | 4.96 |
| 2 | 2 | 6.2 | 3.1 | 46 | 4 | 5 | 3.84 |
| 3 | 2 | 5.3 | 2.7 | 47 | 2.5 | 5 | 2.33 |
| 4 | 4.2 | 11.2 | 6.95 | 48 | 3 | 6 | 4.19 |
| 5 | 2 | 5.70 | 2.91 | 49 | 2 | 5.5 | 3.52 |
| 6 | 3.2 | 8.5 | 9.86 | 50 | 3 | 6 | 3.97 |
| 7 | 2.7 | 8.7 | 9.09 | 51 | 4 | 5.5 | 16.4 |
| 8 | 3.7 | 7.7 | 8.31 | 52 | 3.5 | 6 | 17.42 |
| 9 | 3.1 | 5 | 3.38 | 53 | 3.5 | 8 | 14.5 |
| 10 | 2.5 | 5 | 2.88 | 54 | 2.7 | 5 | 12.9 |
| 11 | 2.8 | 5.8 | 4.26 | 55 | 3.1 | 7 | 11.69 |
| 12 | 3.4 | 5.1 | 3.71 | 56 | 2.9 | 7.3 | 10.45 |
| 13 | 3.5 | 9.9 | 12.01 | 57 | 2.8 | 6.4 | 4.15 |
| 14 | 3.2 | 7.3 | 7.7 | 58 | 4 | 5.6 | 18.4 |
| 15 | 3.5 | 6.5 | 5.66 | 59 | 3.2 | 6.1 | 4.38 |
| 16 | 2.5 | 5 | 4.47 | 60 | 3.9 | 6.3 | 3.46 |
| 17 | 3 | 6.5 | 4.36 | 61 | 3.2 | 6 | 3.52 |
| 18 | 2.8 | 5.7 | 3.84 | 62 | 2.6 | 5.3 | 2.65 |
| 19 | 4.3 | 11.3 | 11.51 | 63 | 3.4 | 8.6 | 19.47 |
| 20 | 3.5 | 6.5 | 4.27 | 64 | 2.8 | 5.2 | 9.23 |
| 21 | 3.5 | 8 | 5.57 | 65 | 3.8 | 7.6 | 12.45 |
| 22 | 3 | 5 | 2.64 | 66 | 2.9 | 6.5 | 4.63 |
| 23 | 2.7 | 5.5 | 3.25 | 67 | 3.5 | 6.3 | 4 |
| 24 | 3.5 | 8.2 | 7.45 | 68 | 2.1 | 6.8 | 9.65 |
| 25 | 3.5 | 8.5 | 6.2 | 69 | 3.4 | 5.6 | 4.12 |
| 26 | 3 | 6 | 4.76 | 70 | 3.1 | 5.3 | 17.9 |
| 27 | 3.1 | 8.4 | 9.36 | 71 | 2.1 | 5.1 | 2.45 |
| 28 | 2.8 | 5.9 | 4.44 | 72 | 3 | 6 | 4.18 |
| 29 | 5 | 10 | 14.71 | 73 | 2.5 | 5.1 | 9.5 |
| 30 | 4.8 | 7.5 | 10.31 | 74 | 3.5 | 6.3 | 3.49 |
| 31 | 4 | 5.5 | 5.26 | 75 | 2.3 | 7 | 4.56 |
| 32 | 3.5 | 7 | 6.98 | 76 | 3 | 7 | 5.68 |
| 33 | 4.5 | 7.2 | 6.22 | 77 | 4 | 7.9 | 18.95 |
| 34 | 5.8 | 9 | 11.87 | 78 | 3 | 6.5 | 8.93 |
| 35 | 3.1 | 7.3 | 1.68 | 79 | 3.1 | 6 | 5.46 |
| 36 | 3.5 | 7.5 | 11.89 | 80 | 2.3 | 5.4 | 2.63 |
| 37 | 5 | 10.5 | 15.26 | 81 | 3.3 | 6.5 | 3.89 |
| 38 | 5 | 8 | 10.81 | 82 | 2.8 | 5.9 | 4.57 |
| 39 | 5 | 9 | 9.61 | 83 | 3.5 | 7.5 | 17.15 |
| 40 | 3.5 | 5.8 | 5.35 | 84 | 3.1 | 5.9 | 13.56 |
| 41 | 3 | 5 | 3.57 | 85 | 2.3 | 5.2 | 2.48 |
| 42 | 4.5 | 5.5 | 6.1 | 86 | 2.3 | 6 | 2.74 |
| 43 | 3 | 5 | 3.75 | 87 | 2.8 | 6.5 | 5.61 |
| 44 | 4 | 6 | 4.96 | 88 | 3 | 5.8 | 12.07 |

ANEXO D: CARACTERÍSTICAS DE HONGOS RECOLECTADOS TRATAMIENTO 2

| Nº | Tallo (cm) | Diámetro del Sombrero (cm) | Peso (g) | Nº | Tallo (cm) | Diámetro del Sombrero (cm) | Peso (g) |
|----|------------|----------------------------|----------|-----|------------|----------------------------|----------|
| 1 | 4.5 | 11 | 22.4 | 53 | 4.2 | 6.9 | 6.75 |
| 2 | 4.5 | 7.5 | 8.52 | 54 | 2.5 | 6 | 3.55 |
| 3 | 5 | 8.3 | 15.01 | 55 | 4 | 6 | 3.99 |
| 4 | 4 | 6.5 | 8.85 | 56 | 4.5 | 7.5 | 7.56 |
| 5 | 3.8 | 7 | 9.36 | 57 | 4.5 | 7 | 6.94 |
| 6 | 3.5 | 7.5 | 8.83 | 58 | 5 | 10.5 | 13.69 |
| 7 | 3.5 | 8.1 | 7.62 | 59 | 4.1 | 7.1 | 7.02 |
| 8 | 5 | 8.5 | 10.55 | 60 | 4 | 7.8 | 7.25 |
| 9 | 6 | 12 | 22.06 | 61 | 4 | 7 | 8.11 |
| 10 | 5 | 10 | 14.71 | 62 | 4 | 10.5 | 15.81 |
| 11 | 4.8 | 7.5 | 10.31 | 63 | 3.5 | 8 | 8.36 |
| 12 | 4 | 5.5 | 5.26 | 64 | 3.3 | 7 | 4.52 |
| 13 | 3.5 | 7 | 6.98 | 65 | 4.5 | 10 | 8.78 |
| 14 | 4.5 | 7.2 | 6.22 | 66 | 3.1 | 6.8 | 4.52 |
| 15 | 5.8 | 9 | 11.87 | 67 | 4.5 | 10.5 | 9.11 |
| 16 | 3.1 | 7.3 | 1.68 | 68 | 4 | 8.1 | 15.01 |
| 17 | 3.5 | 7.5 | 11.89 | 69 | 4 | 6.8 | 8.85 |
| 18 | 5 | 10.5 | 15.26 | 70 | 3.6 | 7.1 | 9.36 |
| 19 | 5 | 8 | 10.81 | 71 | 3.5 | 7.8 | 8.83 |
| 20 | 5 | 9 | 9.61 | 72 | 3.1 | 7.4 | 8.46 |
| 21 | 3.5 | 5.8 | 5.35 | 73 | 3.5 | 6 | 8.74 |
| 22 | 3 | 5 | 3.57 | 74 | 3.5 | 6.2 | 5.83 |
| 23 | 4.5 | 5.5 | 6.1 | 75 | 4 | 8.1 | 11.26 |
| 24 | 3 | 5 | 3.75 | 76 | 3.4 | 6.5 | 7.95 |
| 25 | 3.5 | 6.5 | 5.29 | 77 | 3.4 | 6.4 | 5.63 |
| 26 | 4.5 | 8 | 9.59 | 78 | 4 | 7.1 | 9.84 |
| 27 | 4.5 | 5 | 5.77 | 79 | 3.6 | 7 | 7.15 |
| 28 | 4 | 8 | 11.63 | 80 | 4.5 | 8.6 | 9.21 |
| 29 | 3.5 | 6.5 | 9.41 | 81 | 3.1 | 6.5 | 4.65 |
| 30 | 3.5 | 6 | 6.52 | 82 | 4 | 8.3 | 13.46 |
| 31 | 2.3 | 5.3 | 3.95 | 83 | 3.5 | 5.2 | 4.51 |
| 32 | 5.5 | 15.5 | 15.57 | 84 | 3.3 | 7.3 | 7.33 |
| 33 | 3 | 5 | 4.24 | 85 | 4 | 7 | 9.49 |
| 34 | 3 | 5.5 | 5.44 | 86 | 3.8 | 5.3 | 4.87 |
| 35 | 5 | 6.5 | 7.72 | 87 | 4.2 | 7.4 | 7.26 |
| 36 | 5 | 5.5 | 4.99 | 88 | 4.1 | 6.8 | 6.87 |
| 37 | 4 | 6.5 | 6.71 | 89 | 4.8 | 11 | 14.06 |
| 38 | 4 | 5 | 3.36 | 90 | 3.9 | 7 | 7.02 |
| 39 | 4.5 | 5.4 | 4.05 | 91 | 2.9 | 5.8 | 5.78 |
| 40 | 4.5 | 5 | 4.4 | 92 | 4 | 8.3 | 11.88 |
| 41 | 4 | 5.2 | 6.68 | 93 | 3.4 | 7.1 | 5.43 |
| 42 | 5 | 5.2 | 3.96 | 94 | 3.7 | 5.5 | 4.32 |
| 43 | 5 | 6 | 6.52 | 95 | 3.3 | 7.3 | 7.26 |
| 44 | 3.7 | 6 | 5.69 | 96 | 3.4 | 6.1 | 4.13 |
| 45 | 5 | 7 | 8.33 | 97 | 2.8 | 6 | 3.75 |
| 46 | 5 | 15 | 16.83 | 98 | 3.6 | 5.7 | 3.98 |
| 47 | 2.5 | 7.5 | 4.96 | 99 | 3.8 | 7.1 | 6.45 |
| 48 | 3.5 | 6.7 | 3.95 | 100 | 2.7 | 5.8 | 3.12 |
| 49 | 3.8 | 7.4 | 7.8 | 101 | 4.3 | 6.3 | 4.82 |
| 50 | 3.2 | 5.5 | 3.97 | 102 | 4.1 | 7.4 | 7.93 |
| 51 | 2.5 | 5 | 1.92 | 103 | 3.8 | 7.6 | 8.74 |
| 52 | 3.5 | 5.5 | 3.67 | 104 | 4 | 7.4 | 9.12 |

ANEXO E: CARACTERÍSTICAS DE HONGOS RECOLECTADOS TRATAMIENTO 3

| N° | Tallo (cm) | Diámetro del Sombrero (cm) | Peso (g) | N° | Tallo (cm) | Diámetro del Sombrero (cm) | Peso (g) |
|----|------------|----------------------------|----------|----|------------|----------------------------|----------|
| 1 | 4 | 9.1 | 12.69 | 41 | 2.4 | 5 | 4.88 |
| 2 | 3.5 | 7 | 6.56 | 42 | 4 | 7.6 | 7.59 |
| 3 | 4.2 | 5.5 | 5.41 | 43 | 3.8 | 5.4 | 5.65 |
| 4 | 3.5 | 5 | 3.49 | 44 | 3.9 | 6.2 | 5.98 |
| 5 | 3.6 | 5 | 4.13 | 45 | 5.1 | 9.4 | 11.42 |
| 6 | 3 | 5.5 | 4.47 | 46 | 4.2 | 10.2 | 14.62 |
| 7 | 4 | 7 | 9.3 | 47 | 4.6 | 6.8 | 6.12 |
| 8 | 3.5 | 5.3 | 5.08 | 48 | 4.3 | 6.1 | 5.56 |
| 9 | 3 | 5.1 | 4.21 | 49 | 3 | 5.3 | 4.71 |
| 10 | 3.9 | 7.3 | 7.33 | 50 | 4.6 | 9.4 | 13.58 |
| 11 | 3.5 | 7 | 6.6 | 51 | 4.1 | 8.3 | 10.64 |
| 12 | 5 | 10 | 16.25 | 52 | 2.9 | 5.5 | 5.08 |
| 13 | 4.5 | 7 | 6.81 | 53 | 2.6 | 5.2 | 5.47 |
| 14 | 4.5 | 5.3 | 5.96 | 54 | 3.5 | 5.4 | 4.15 |
| 15 | 5 | 6 | 6.32 | 55 | 4 | 7.9 | 7.69 |
| 16 | 3 | 5.6 | 4.98 | 56 | 3.8 | 5.8 | 6.71 |
| 17 | 3.7 | 5.1 | 4.91 | 57 | 3.9 | 7 | 6.23 |
| 18 | 4 | 8.5 | 12.86 | 58 | 4.7 | 8.7 | 12.41 |
| 19 | 3 | 9 | 8.74 | 59 | 4.5 | 9.6 | 14.65 |
| 20 | 4 | 12 | 17.53 | 60 | 2.5 | 6 | 4.84 |
| 21 | 3.5 | 6 | 4.01 | 61 | 4.8 | 6.2 | 7.05 |
| 22 | 3.5 | 5 | 5.43 | 62 | 4.5 | 6 | 6.63 |
| 23 | 3.5 | 5.3 | 4.46 | 63 | 5 | 14.5 | 19.65 |
| 24 | 4 | 7 | 9.19 | 64 | 4.5 | 9 | 13.75 |
| 25 | 4 | 5.5 | 6.56 | 65 | 4 | 7.6 | 15.08 |
| 26 | 4 | 6 | 6.54 | 66 | 4.3 | 8.5 | 13.74 |
| 27 | 5.5 | 9 | 11.96 | 67 | 3.8 | 7.1 | 8.98 |
| 28 | 4 | 10.5 | 15.34 | 68 | 4.1 | 5.4 | 6.85 |
| 29 | 5 | 6.5 | 6.83 | 69 | 3.4 | 5.5 | 6.12 |
| 30 | 4.5 | 6 | 7.37 | 70 | 4.5 | 15 | 14.53 |
| 31 | 2 | 5 | 6.9 | 71 | 3.1 | 5.6 | 6.87 |
| 32 | 4.2 | 9.3 | 13.66 | 72 | 3.6 | 8 | 8.68 |
| 33 | 4 | 8.5 | 10.4 | 73 | 3.4 | 6.2 | 7.47 |
| 34 | 2.3 | 5.3 | 2.48 | 74 | 3.2 | 5.4 | 4.85 |
| 35 | 3.3 | 5 | 2.58 | 75 | 3.1 | 6.9 | 5.48 |
| 36 | 3.9 | 7.1 | 7.26 | 76 | 3 | 7.2 | 7.62 |
| 37 | 4 | 5.1 | 4.01 | 77 | 4.6 | 10.1 | 15.66 |
| 38 | 3.8 | 6.5 | 5.66 | 78 | 4.2 | 7 | 8.56 |
| 39 | 5 | 9.1 | 14.16 | 79 | 3.6 | 5.2 | 5.65 |
| 40 | 4.1 | 10 | 15.34 | 80 | 3 | 5.6 | 6.26 |

ANEXO F: PRUEBA BROMATOLÓGICA DEL HONGO OBTENIDO EN EL T1



Contáctanos: 0998580374 - 032924417
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS

Fecha: 04 de febrero del 2022

Análisis solicitado por: Srta. Jocelyne Maite Granizo Sarmiento

Tipo de muestra: Hongos Pleurotus Ostreatus

Localidad: Cantón Puyo

Análisis Químico

| Determinaciones | Unidades | *Métodos de análisis | C ₁ S ₁ |
|---------------------|----------|----------------------|-------------------------------|
| Humedad | % | INEN 1235 | 85.56 |
| Materia seca | % | INEN 1235 | 14.44 |
| Cenizas | % | INEN 401 | 0.901 |
| Proteína Cruda (MS) | % | INEN 1670 | 16.80 |
| Fibra Cruda (MS) | % | INEN 522 | 13.80 |
| Grasa | % | INEN 523 | 0.88 |

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.

RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



ANEXO G: PRUEBA BROMATOLÓGICA DEL HONGO OBTENIDO EN EL T2



Contáctanos: 0998580374 - 032924417
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS

Fecha: 04 de febrero del 2022
Análisis solicitado por: Srta. Jocelyne Maite Granizo Sarmiento
Tipo de muestra: Hongos Pleurotus Ostreatus
Localidad: Cantón Puyo

Análisis Químico

| Determinaciones | Unidades | *Métodos de análisis | C ₂ S ₂ |
|---------------------|----------|----------------------|-------------------------------|
| Humedad | % | INEN 1235 | 84.58 |
| Materia seca | % | INEN 1235 | 15.42 |
| Cenizas | % | INEN 401 | 1.16 |
| Proteína Cruda (MS) | % | INEN 1670 | 17.87 |
| Fibra Cruda (MS) | % | INEN 522 | 15.19 |
| Grasa | % | INEN 523 | 0.82 |

Observaciones:

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO H: PRUEBA BROMATOLÓGICA DEL HONGO OBTENIDO EN EL T3



Contáctanos: 0998580374 - 032924417
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS

Fecha: 04 de febrero del 2022
Análisis solicitado por: Srta. Jocelyne Maite Granizo Sarmiento
Tipo de muestra: Hongos Pleurotus Ostreatus
Localidad: Cantón Puyo

Análisis Químico

| Determinaciones | Unidades | *Métodos de análisis | C ₃ S ₃ |
|---------------------|----------|----------------------|-------------------------------|
| Humedad | % | INEN 1235 | 85.08 |
| Materia seca | % | INEN 1235 | 14.92 |
| Cenizas | % | INEN 401 | 0.99 |
| Proteína Cruda (MS) | % | INEN 1670 | 17.89 |
| Fibra Cruda (MS) | % | INEN 522 | 12.71 |
| Grasa | % | INEN 523 | 0.79 |

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO I: PREPARACIÓN DEL INÓCULO DE *Pleurotus ostreatus*



a)



b)



c)



d)

| | | | | | |
|--|--|--|---|----------------------|---------------------|
| <p>NOTAS:</p> | <p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p> | <p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>ELABORADO POR: Jocelyne Maite Granizo Sarmiento</p> | <p>Preparación del inóculo de hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>.</p> | | |
| <p>a. Pesado de Sabouraud dextrose agar. b. Preparación del medio de cultivo Sabouraud dextrose agar. c. Inoculación en cámara de flujo laminar. d. Propagación en caja Petri.</p> | <p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar</p> | | <p>LÁMINA</p> | <p>ESCALA</p> | <p>FECHA</p> |
| | | | <p>1</p> | <p>1:1</p> | <p>2022/01/26</p> |

ANEXO J: INOCULACIÓN DE *Pleurotus ostreatus* EN GRANOS DE TRIGO



a)



b)



c)



d)

| | | | | | |
|---|--|--|--|---------------------------------|---------------------------------------|
| <p>NOTAS:</p> | <p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p> | <p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>ELABORADO POR: Jocelyne Maite Granizo Sarmiento</p> | <p>Inoculación de <i>Pleurotus ostreatus</i> en semillas de trigo.</p> | | |
| <p>a. Remojo de los granos de trigo. b. Colocación de los granos hasta las $\frac{3}{4}$ partes de frascos de vidrio. c. Inoculación en granos de trigo. d. Incubación de la semilla en granos de trigo.</p> | <p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar</p> | | <p>LÁMINA</p> <p>2</p> | <p>ESCALA</p> <p>1:1</p> | <p>FECHA</p> <p>2022/01/26</p> |

ANEXO K: PREPARACIÓN DE LOS SUSTRATOS PARA EL CULTIVO

|  <p>a)</p> |  <p>b)</p> |  <p>c)</p> |  <p>d)</p> | | | | | | |
|--|--|---|--|--------|--------|-------|---|-----|------------|
| <p>NOTAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Sustrato: cacao, guaba y quinua. b. Secado de la mazorca de cacao. c. Pesado de los residuos para el tratamiento 2. d. Embolsado de 1kg del sustrato preparado. | <p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p> <p> <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar </p> | <p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Jocelyne Maite Granizo Sarmiento </p> | <p>Preparación de los sustratos para el cultivo.</p> <table border="1" data-bbox="1574 1238 1980 1318"> <thead> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center">3</td> <td align="center">1:1</td> <td align="center">2022/01/26</td> </tr> </tbody> </table> | LÁMINA | ESCALA | FECHA | 3 | 1:1 | 2022/01/26 |
| LÁMINA | ESCALA | | FECHA | | | | | | |
| 3 | 1:1 | 2022/01/26 | | | | | | | |

ANEXO L: CULTIVO Y COSECHA DE *Pleurotus ostreatus*

| <p>a) </p> | <p>b) </p> | <p>c) </p> | <p>d) </p> | | | | | | |
|--|--|---|--|--------|--------|-------|---|-----|------------|
| <p>NOTAS:</p> <p>a. Inoculación en cada bolsa de sustrato.</p> <p>b. Invasión de parte del inóculo.</p> <p>c. Primordio de <i>Pleurotus ostreatus</i>.</p> <p>d. Cuerpos fructíferos de <i>Pleurotus ostreatus</i>.</p> | <p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar</p> | <p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>ELABORADO POR:</p> <p>Jocelyne Maite Granizo Sarmiento</p> | <p>Cultivo y cosecha de <i>Pleurotus ostreatus</i>.</p> <table border="1" data-bbox="1579 1236 2047 1348"> <thead> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4</td> <td>1:1</td> <td>2022/01/26</td> </tr> </tbody> </table> | LÁMINA | ESCALA | FECHA | 4 | 1:1 | 2022/01/26 |
| LÁMINA | ESCALA | FECHA | | | | | | | |
| 4 | 1:1 | 2022/01/26 | | | | | | | |

ANEXO M: CONSERVACIÓN DE *Pleurotus ostreatus*

| <p>a) </p> | <p>b) </p> | <p>c) </p> | <p>d) </p> | | | | | | |
|---|--|---|---|--------|--------|-------|---|-----|------------|
| <p>NOTAS:</p> <p>a. Proceso de secado en el mismo sustrato.</p> <p>b. Secado natural de un carpóforo.</p> <p>c. Proceso de deshidratación en un horno de bandejas.</p> <p>d. Deshidratado de un carpóforo.</p> | <p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar</p> | <p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>ELABORADO POR:</p> <p>Jocelyne Maite Granizo Sarmiento</p> | <p>Conservación de <i>Pleurotus ostreatus</i>.</p> <table border="1" data-bbox="1576 1241 2038 1321"> <thead> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td>1:1</td> <td>2022/01/26</td> </tr> </tbody> </table> | LÁMINA | ESCALA | FECHA | 5 | 1:1 | 2022/01/26 |
| LÁMINA | ESCALA | FECHA | | | | | | | |
| 5 | 1:1 | 2022/01/26 | | | | | | | |



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: 10 / 06 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)

Nombres – Apellidos: Jocelyne Maite Granizo Sarmiento

INFORMACIÓN INSTITUCIONAL

Facultad: Ciencias

Carrera: Ingeniería Química

Título a optar: Ingeniera Química

f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.



1053-DBRA-UTP-2022



Firmado electrónicamente por:
**LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE**