



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**“APROVECHAMIENTO DEL SUBPRODUCTO BAGAZO DE  
MALTA DE LA INDUSTRIA CERVECERA PARA EL CULTIVO  
DEL HONGO *Pleurotus ostreatus*”**

**Trabajo de titulación**

Tipo: Proyectos de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO QUÍMICO**

**AUTOR: OSCAR RODRIGO CORONEL SIGCHO**

**DIRECTOR: DR. IVÁN RAMOS SEVILLA**

Riobamba - Ecuador

2021

**©2021, Oscar Rodrigo Coronel Sigcho**

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

Yo, **Oscar Rodrigo Coronel Sigcho** declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.




Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 20 de Agosto del 2021

Oscar Rodrigo Coronel Sigcho  
C.I. 1715968754

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERIA QUÍMICA**

El tribunal de Trabajo de titulación certifica que: El presente trabajo de titulación: tipo: Proyecto de investigación. “**APROVECHAMIENTO DEL SUBPRODUCTO BAGAZO DE MALTA DE LA INDUSTRIA CERVECERA PARA LA PRODUCCIÓN DEL HONGO *Pleurotus ostreatus***” de responsabilidad del señor Oscar Rodrigo Coronel Sigcho, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Mabel Mariela Parada Rivera <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>MABEL MARIELA PARADA RIVERA</b>	20-10-2021
Dr. Edgar Iván Ramos Sevilla <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	<b>EDGAR IVAN RAMOS SEVILLA</b>  Firmado digitalmente por EDGAR IVAN RAMOS SEVILLA Nombre de reconocimiento (DN): c=EC, o=ROSAWABA, serialNumber=0601497233, cn=EDGAR IVAN RAMOS SEVILLA Fecha: 2021.10.27 19:08:35 -05'00'	20-10-2021
Ing. Marco Gabriel Manzano Hernández <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>MARCO GABRIEL MANZANO HERNANDEZ</b>	20-10-2021

## **DEDICATORIA**

A mis padres Cesar Coronel y Marcela Sigcho, a mi hermano Byron Coronel y a mis más allegados amigos quienes me han apoyado incondicionalmente con su aprecio, amor, confianza, sacrificio, y ayuda incondicional durante cada logro y tropiezos de mi vida siendo mis principales guías y maestros.

*Oscar Coronel*

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial, a la carrera de ingeniería química, por todos los conocimientos, experiencias y saberes adquiridos durante mi etapa politécnica.

Agradezco infinitamente al Dr. Iván Ramos y al Ing. Marco Manzano quienes, con su don de enseñanza, conocimiento, y experiencia supieron contribuir adecuadamente en la realización del presente trabajo de titulación., de manera correcta y responsable.

También a mis maestros por sus conocimientos y experiencias, quienes me han brindado las herramientas necesarias que me permitieron culminar el presente trabajo de investigación de manera exitosa, alcanzado todos los objetivos propuestos.

*Oscar Coronel*

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	i
ÍNDICE DE TABLAS.....	i
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	i
ÍNDICE DE ANEXOS .....	i
RESUMEN .....	i
ABSTRACT.....	16
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	5
1. MARCO TEÓRICO.....	5
1.1 Historia del cultivo de hongos comestibles.....	5
1.1.1 Características del Bagazo de Malta de Cebada.....	8
1.2 Hongo Ostra ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).....	9
1.2.1 <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	9
1.2.2 Clasificación taxonómica del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	9
1.3 Condiciones ambientales para el desarrollo de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	11
1.3.1 Temperatura.....	11
1.3.2 Humedad del sustrato .....	12
1.3.3 Humedad del ambiente .....	12
1.3.4 Luz.....	12
1.3.6 Residuos agroindustriales para el cultivo de hongos comestibles .....	13
1.3.7 Composición química de los residuos agroindustriales .....	13
1.3.8 Celulosa .....	13
1.3.9 Hemicelulosa .....	14
1.3.10 Lignina.....	14
1.4 Análisis Elemental de la biomasa bagazo de malta de cebada .....	14
1.5 Biomasa del Bagazo de malta de cebada como potencial sustrato .....	14
1.6 Análisis Bromatológico.....	15
1.7 Generación de nuevos productos a partir del bagazo de malta de cebada .....	15
CAPITULO II .....	17
2. METODOLOGÍA .....	17
2.1 Ubicación del proyecto .....	17
2.2 Primera etapa de laboratorio.....	17
2.2.1 Materiales, equipos y materia prima para la obtención de <i>Pleurotus o</i> .....	18
2.2.2 Reactivos para el cultivo del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	18

2.3	Diagrama de flujo para preparación del inóculo .....	19
2.4	Reproducción del hongo dentro de cajas Petri .....	19
2.4.1	<i>Propagación del micelio</i> .....	20
2.5	Primera fase .....	20
2.6	Segunda Fase .....	22
2.7	Etapa de campo: cultivo del hongo comestible <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	23
2.8	Materiales, equipos y materia prima utilizados en la preparación del sustrato .....	24
2.9	Metodología para la preparación de los residuales .....	25
2.9.1	<i>Preparación del sustrato utilizando residuos del bagazo de malta de cebada</i> .....	25
2.9.2	<i>Metodología: Fase de Fermentación en Estado Solido</i> .....	28
2.10	Metodología para la fase de fermentación en estado sólido.....	29
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>34</b>
3.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>34</b>
3.1	Interpretación, Análisis, y discusión de resultados .....	34
3.2	Análisis bromatológico del sustrato final utilizado .....	35
3.3	Tabla de valores obtenidos durante la fase de cosecha .....	36
3.4	Producción del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	38
3.5	Producción del hongo <i>Pleurotus o.</i> obtenido.....	38
3.6	Análisis Estadístico de la variación de Temperatura .....	40
3.7	Análisis Estadístico de los valores en Variación de Humedad .....	40
3.8	Método de evaluación de las diferentes variables.....	41
3.9	Análisis de las variables registradas.....	43
3.10	Análisis Bromatológico del hongo y sustrato .....	48
3.11.1	<i>Rendimiento</i> .....	49
3.11.2	<i>Cálculo de la eficiencia biológica de cada experimento</i> .....	50
4.	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>51</b>
5.	<b>COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>52</b>
5.1	Comprobación de la hipótesis general .....	52
5.2	Comprobación de las hipótesis específicas.....	52
5.2.1	<i>Comprobación de la hipótesis específica 1</i> .....	52
5.2.2	<i>Comprobación de la hipótesis específica 2</i> .....	52
5.2.3	<i>Comprobación de la hipótesis específica 3</i> .....	53
5.2.4	<i>Comprobación de la hipótesis específica 4</i> .....	53
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>54</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>55</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		



## ANEXOS

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b> Bagazo de malta de cebada (MAGAB Ar 2019) .....	7
<b>Figura 2-1:</b> Hongo seta <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	10
<b>Figura 1-2:</b> Localización del proyecto .....	17
<b>Figura 2-2:</b> Diagrama de la preparación del inóculo .....	19
<b>Figura 3-2:</b> Propagación del hongo en cajas de Petri .....	20
<b>Figura 4-2:</b> Cebada hidratada .....	21
<b>Figura 5-2:</b> Eliminación del exceso de agua .....	21
<b>Figura 6-2:</b> Corte de inóculo .....	22
<b>Figura 7-2:</b> Área completamente estéril .....	22
<b>Figura 8-2:</b> Micelio del hongo listo para la siembra .....	23
<b>Figura 9-2:</b> Ubicación del Cantón Riobamba en el contexto nacional .....	24
<b>Figura 10-2:</b> Diagrama para preparación de los residuales .....	25
<b>Figura 11-2:</b> Malta de Cebada Estilo PILSEN .....	26
<b>Figura 12-2:</b> Malta de Cebada triturada .....	26
<b>Figura 13-2:</b> Proceso de Maceración de la Malta .....	27
<b>Figura 14-2:</b> Residuos del Proceso de Elaboración de Cerveza .....	27
<b>Figura 15-2:</b> Residuos del Proceso de elaboración de cerveza .....	28
<b>Figura 16-2:</b> Diagrama para la Fermentación en Estado Sólido .....	29
<b>Figura 17-2:</b> Pesado de sustrato por muestra .....	30
<b>Figura 18-2:</b> Siembra del inóculo en el bagazo de malta .....	30
<b>Figura 19-2:</b> Muestras preparadas para la fase de oscuridad .....	31
<b>Figura 20-2;</b> Realización de orificios en las muestras .....	31
<b>Figura 21-2:</b> Aparición de los primeros primordios .....	32
<b>Figura 22-2;</b> Cosecha del hongo adulto .....	32
<b>Figura 23-2.</b> Utilización del sustrato enriquecido con pleurotina como fertilizante .....	33
<b>Figura 1-3.</b> Etapa de cosecha del hongo <i>Pleurotus O.</i> En el bagazo de malta de cebada .....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Composición química (%MS) del bazo de malta de cebada.....	8
<b>Tabla 2-1:</b> Macrominerales (%MS) del bazo de malta de cebada.....	8
<b>Tabla 3-1:</b> Taxonomía del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> de cebada .....	10
<b>Tabla 4-1:</b> Contenido Nutricional del hongo comestible <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	15
<b>Tabla 1-2:</b> Materiales para el cultivo del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	18
<b>Tabla 2-2:</b> Equipos para el cultivo del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	18
<b>Tabla 3-2:</b> Materia prima para el cultivo del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	18
<b>Tabla 4-2:</b> Reactivos para la obtención de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	18
<b>Tabla 5-2:</b> Equipos utilizados para la obtención del sustrato.....	24
<b>Tabla 6-2:</b> Materia prima para la obtención del sustrato .....	24
<b>Tabla 7-2;</b> Reactivos para la obtención del sustrato .....	24
<b>Tabla 8-2:</b> Equipos utilizados para la fase de fermentación en estado sólido .....	28
<b>Tabla 9-2:</b> Materia prima para la fase de fermentación en estado sólido.....	29
<b>Tabla 10-2:</b> Reactivos utilizados en la fase de fermentación en estado sólido.....	29
<b>Tabla 1-3:</b> Análisis bromatológico del bagazo de malta de cebada utilizado.....	35
<b>Tabla 2-3:</b> Características físicas de los hongos <i>Pleurotus</i> o. recolectados.....	36
<b>Tabla 3-3:</b> Características físicas del hongo <i>Pleurotus</i> o. recolectado .....	38
<b>Tabla 4-3:</b> Valores promedio obtenidos en las diferentes cosechas.....	38
<b>Tabla 5-3:</b> Variación de los intervalos de temperatura .....	40
<b>Tabla 6-3:</b> Variación de los valores de humedad.....	40
<b>Tabla 7-3:</b> Evaluación de las variables.....	41
<b>Tabla 8-3:</b> Tiempo total del cultivo del hongo en (días).....	43
<b>Tabla 9-3:</b> Días necesarios antes de la cosecha del hongo.....	44
<b>Tabla 10-3:</b> Periodo en días necesarios para la obtención del micelio .....	44
<b>Tabla 11-3:</b> Número de hongos <i>Pleurotus</i> o. recolectados.....	45
<b>Tabla 12-3:</b> Peso de los hongos recolectados .....	46
<b>Tabla 13-3:</b> Número de sombreros (píleo) recolectados en cada racimo .....	47
<b>Tabla 14-3:</b> Análisis Bromatológico del sustrato enriquecido de pleurotina. ....	48
<b>Tabla 15-3:</b> Análisis Bromatológico del hongo cosechado .....	49
<b>Tabla 16-3:</b> Cálculo del Rendimiento por experimento.....	50
<b>Tabla 17-3:</b> Cálculo de la eficiencia biológica del hongo en cada experimento .....	50

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b> Cantidad y peso de los hongos producidos .....	39
<b>Gráfico 2-3:</b> Tiempo total de cultivo del hongo en días .....	43
<b>Gráfico 3-3:</b> Días necesarios antes de la cosecha del hongo.....	44
<b>Gráfico 4-3:</b> Periodo en días necesarios para la obtención del micelio.....	45
<b>Gráfico 5-3:</b> Número de hongos recolectados .....	46
<b>Gráfico 6-3:</b> Peso de los hongos recolectados .....	47
<b>Gráfico 7-3:</b> Número de sombreros recolectados en cada racimo.....	48

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** Prueba bromatológica realizada en el Sustrato.

**ANEXO B:** Prueba bromatológica realizada en el hongo obtenido.

**ANEXO C:** Prueba bromatológica realizada en el residuo enriquecido de pleurotina.

**ANEXO D:** Siembra de *Pleurotus ostreatus*.

**ANEXO E:** Cosecha del hongo *Pleurotus ostreatus*

## ABREVIATURAS

aw	Actividad del agua
Bs	Base seca
°C	Grados Celsius
C	Calcio
C/N	Relación carbono/nitrógeno
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
EB	Eficiencia biológica
g	Gramos
FES	Fermentación en estado sólido
K	Potasio
Kg	Kilogramo
ml	Mililitros
pH	Potencial hidrógeno
PNSA	Proteína y nitrógeno del sustrato agotado
<i>P. ostreatus</i>	<i>Pleurotus ostreatus</i>
%	Porcentaje
R	Rendimiento
S.I	Sustrato inicial
S.R	Sustrato remanente
VLDL	Lipoproteínas de muy baja densidad

## RESUMEN

El objetivo fue demostrar que el residuo de la industria cervecera conocido como bagazo de malta de cebada, es un sustrato apto para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* gracias a sus contenido lignocelulósico, El desarrollo de la investigación se realizó en la ciudad de Riobamba Ecuador, controlando variables de temperatura que promedian los 27 °C y una humedad relativa aproximada del 76%, el objetivo de controlar estas variables se debe a las condiciones ambientales locales no son las más óptimas. La obtención del micelio del hongo “*Pleurotus ostreatus*” se realizó en el laboratorio de biotecnología ambiental de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, El medio utilizado para la inoculación del hongo fue granos de cebada en funditas de 200gr cada una, la siembra del micelio se desarrolló en una relación 1-10 con respecto a su peso en fundas de 1 kg, posterior a la siembra los experimentos se introdujeron en una sala de incubación manteniendo las condiciones de temperatura y humedad mencionadas durante un periodo aproximado de 35 días, tiempo en el cual el micelio del hongo colonizo todo el sustrato. La formación del cuerpo Fructífero del hongo tardo en promedio 6 días en la mayoría de los experimentos demostrando que el residuo, bagazo de malta de cebada es un medio adecuado para el crecimiento del hongo *Pleurotus o.* obteniendo una producción total de biomasa de 1597,09 gr después de 4 cosechas por cada 4 kg de sustrato. Alcanzando una eficiencia biológica y rendimiento de 39,92% y 44,68% respectivamente. Con los resultados obtenidos de esta investigación se concluye que el bagazo de malta de malta de cebada producto de actividad cervecera es un sustrato adecuado para el cultivo del hongo *Pleurotus o.*, mitigando el impacto ambiental de estos residuos y generando productos que pueden ser direccionados a la nutrición humana o como abono en actividades agrícolas.

PALABRAS CLAVE: < HONGO PLEUROTUS (*Pleurotus ostreatus*) > < RENDIMIENTO MICROBIANO > < MICELIO > < PLEUROTINA > < LIGNOCELULOSA > < SUSTRATO > < CEBADA (*Hordeum vulgare*) > < BAGAZO >

**LUIS ALBERTO  
CAMINOS  
VARGAS**

Firmado digitalmente por LUIS  
ALBERTO CAMINOS VARGAS  
SUJETO DE FOLIO-COMUNICACION:  
C-EC, I-RIOBAMBA,  
CANTON RIABAMBA-0102766974,  
CO-LUIS ALBERTO CAMINOS  
VARGAS  
Fecha: 2021.03.31 17:52:50 -0500



0909-DBRAI-UTP-2021

## **ABSTRACT**

The aim was to demonstrate that the residue from the brewing industry known as barley malt bagasse, it is a substrate suitable for the cultivation of the edible fungus *Pleurotus ostreatus* thanks to its lignocellulosic content, controlling temperature variables averaging 27 °C and a relative humidity of approximately 76%. The goal of controlling these variables is due to local environmental conditions are not the most optimal. Obtaining the mycelium of the fungus "*Pleurotus ostreatus*" was performed in the environmental biotechnology laboratory of the Faculty of Sciences of the School at Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. For the inoculation of the fungus the barley grains were used in fluxes of 200gr each. the mycelium sowing was developed in a 1-10 ratio with respect to its weight in 1 kg bags. After sowing the experiments were introduced into an incubation room maintaining the mentioned temperature and humidity conditions for a period of approximately 35 days, time in which the mycelium of the fungus colonized the entire substrate. The formation of the fruiting body of the fungus takes on average 6 days in most experiments demonstrating that barley malt bagasse is a suitable medium for the growth of the fungus *Pleurotus o*. A total biomass production of 1597.09 gr was obtained after 4 harvests per 4 kg of substrate. Achieving a biological efficiency and yield of 39.92% and 44.68% respectively. With the results obtained from this research, it is concluded that the barley malt bagasse product of brewing activity is a suitable substrate for the cultivation of the *Pleurotus* fungus, mitigating the environmental impact of these residues and generating products that can be directed to human nutrition or as fertilizer in agricultural activities.

**KEY WORDS:** <FUNGUS PLEUROTUS (*Pleurotus ostreatus*)> <MICROBIAL PERFORMANCE> <MYCELIUM> <PLEUROTIN> <LIGNOCELLULOSE> <SUBSTRATE> <BARLEY (*Hordeum vulgare*)> <BAGAZO>



# INTRODUCCIÓN

## Identificación del problema

La cerveza es una de las bebidas alcohólicas más populares y consumidas del mundo, con una historia que se remonta hasta 5000 años de antigüedad. Los emprendimientos dedicados a la elaboración de cerveza artesanal han florecido en los últimos años en nuestro país como una fuente de ingreso económico y generación de empleo, con una producción de aproximadamente 68 hectolitros de cerveza anual.

La principal materia prima utilizada en la producción es la cebada malteada. Es sometida a un proceso de cocción, maceración y filtrado del que resulta el mosto cervecero, licor que luego atraviesa una etapa de fermentación para lograr el resultado final. En este proceso se producen cantidades importantes de un residuo insoluble, conocido como bagazo cervecero o bagazo de la malta, que es la pasta húmeda. Es un residuo orgánico, que, debido a su alta producción, su dinámica de generación, y poco valor comercial, lleva a un proceso de acumulación y constituye un problema si se tiene en cuenta que los residuos deben tratarse adecuadamente antes de ser volcados al medio ambiente, ya que pueden ayudar al crecimiento de hongos fitopatógenos, es decir, organismos capaces de producir daños en la salud de los pobladores.

La mayor parte de cervecerías artesanales se enfrentan al problema de que hacer o como aprovechar el bagazo de malta, puesto que la cantidad de malta utilizada para este proceso es igual a la cantidad de bagazo generado como sub producto del mismo, que en las zonas urbanizadas constituye un serio problema ambiental. Una de las principales problemáticas también es la no existencia de una base investigativa que provea datos acerca del manejo de los desperdicios de esta industria. Por esta razón la Ciudad de Riobamba no figura entre las ciudades del Ecuador donde se desarrollen trabajos investigativos que fortalezcan de alguna manera en la economía del sector. El desconocimiento de cómo aprovechar de estos sub recursos agrícolas, impide realizar propuestas tecnológicas o de producción que sean amigables con el ambiente y generen un menor impacto ambiental, es aquí donde aparece una oportunidad de generar sub productos a partir de la biomasa resultante de la industria cerveza que es conocida como bagazo de malta de cebada.

## Justificación de la investigación

El bagazo de la malta de la industria cervecera representa el 85% de los residuos que genera este proceso. Es una materia prima de interés para la aplicación en diferentes áreas debido a su bajo costo, disponibilidad durante todo el año y valiosa composición química. Es destinada mayormente a la alimentación de ganado y en algunos casos se emplea como abono en tierras de cultivo.

Este subproducto representa una oportunidad para reinsertar en un proceso productivo, un nuevo insumo de tipo renovable en detrimento del uso de materiales de fuentes no renovables o de impacto ambiental negativo.

Por esta razón, la utilización de bagazo como insumo para elaborar productos de consumo humano, es una propuesta sumamente oportuna como ejemplo de economía circular; que a diferencia del modelo lineal lleva adelante los principios de regeneración y restauración del capital natural.

Los residuos orgánicos pueden aprovecharse para el cultivo de hongos comestibles lo cual aporta un valor agregado ya que se genera un alimento de alto contenido nutricional a partir de la degradación de estos desechos. Esto es posible porque los hongos degradadores de la madera poseen una batería enzimática que les permite cortar la lignina y la celulosa de las paredes vegetales y utilizar parte de estas moléculas como alimento para crecer.

El bagazo, por sus cualidades nutricionales y químicas, es un excelente sustrato para los hongos comestibles, y aún después de haber sido utilizado como sustrato para hongos, su destino final como alimento para ganado, aumenta su valor nutricional por las modificaciones químicas y estructurales, añadiendo las proteínas.

Este proyecto busca generar una opción para mejorar la utilización integral del bagazo de la malta. En particular se busca obtener un uso viable del bagazo producido por la industria cervecera artesanal, para atender un problema ambiental dado que es un subproducto que se degrada muy lentamente y por lo regular se acumula en el ambiente, pero sobre todo no se le da un uso que genere beneficios. Se propone el uso del bagazo como materia prima para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. De ser viable su cultivo en este subproducto, se podrá implementar la producción masiva, además se puede inducir su consumo en los habitantes del medio rural, como una alternativa para generar una fuente valiosa de alimentación dados sus estándares nutrimentales.

Según: Guevara (2018), El cultivo de setas comestibles sobre sustratos de residuos agroindustriales y forestales resulta ser una alternativa novedosa para producir alimentos, ya que son considerados como una fuente económica de proteína, la mayoría pueden ser generados en un corto período de tiempo a bajo costo y en áreas reducidas.

Por esta razón, es posible brindar una respuesta sostenible y económica a las necesidades de dos actividades productivas aparentemente diferentes. Además, permite que los emprendimientos cerveceros visualicen una nueva unidad de negocio.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Generar una alternativa de uso sustentable, del bagazo de malta de cebada, como sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus*, buscando mitigar el impacto ambiental generado por su acumulación.

### **Objetivos específicos**

- Análisis bromatológico del bagazo de malta.
- Evaluar las etapas principales: Preparación del inóculo, preparación del sustrato, siembra e incubación y fructificación para la producción de *Pleurotus ostreatus*.
- Evaluar la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* determinando el porcentaje de eficiencia biológica, tasa de producción y la biodegradación del sustrato.
- Evaluar la calidad nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus* sembrados sobre el bagazo.
- Realizar el análisis físico –químico de la pleurotina.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1 Historia del cultivo de hongos comestibles

Alrededor del mundo se estima existen 3,8 millones de especies de hongos, de los cuales tan solo se han identificado alrededor de 120 000 especies. Los residuos agrícolas, agroindustriales y urbanos, de origen vegetal, presentan un alto contenido de celulosa (polímero de glucosa); El cual es el principal componente de la pared celular de las plantas, este compuesto es uno de los más abundantes en el planeta, debido a que solo algunos organismos tienen la capacidad de degradarlo y aprovecharlo como fuente de carbono (Díaz Muñoz et al., 2019).

Dentro de los organismos capaces de aprovechar estos materiales encontramos a los hongos de pudrición blanca que degradan la celulosa así como la lignina de los troncos a través de enzimas que secretan en el medio que crecen obteniendo así sus nutrientes, (Díaz Muñoz et al., 2019).

Otro compuesto presente en estos residuos es la lignina el cual es un complejo químico aromático fenólico, el mismo que se encuentra localizado entre las moléculas de celulosa, lo que hace más complicada la degradación de celulosa (Díaz Muñoz et al., 2019).

El Ecuador posee registros de alrededor de 7 300 especies identificadas de hongos dentro de este grupo encontramos una sub especies que es cultivadas a nivel mundial por su valor nutricional y demanda gastronómica el cual es conocido como *Pleurotus ostreatus* u (hongo ostra).

El cultivo de hongos comestibles es una actividad que no presenta procesos o efectos que afecten el medio ambiente, de hecho, la presencia de estos es un sinónimo de equilibrio en el cual los hongos brindan nutrientes fundamentales que las plantas necesitan para su crecimiento, pero al mismo tiempo se los devuelven en un ciclo de perfecta armonía. Las materias que se utilizan como sustrato para el cultivo de hongos, comúnmente son desechos y residuos que se obtienen como un sub producto de la industria agroindustria y de la crianza de animales. Para la descomposición de estos materiales los hongos cultivables necesitan suplementos nitrogenados como sulfato de amonio, superfosfato, urea, entre otros (CORREDOR, 2006).

El cultivo de *P. ostreatus* se presenta como una opción para aprovechar los residuos lignocelulósicos disponibles, esta técnica ha sido difundida a lo largo de diferentes países, por la

abundancia de la materia prima para su desarrollo, debido a que usa como principal alimentos a la celulosa y lignina presentes en dichos residuos (Díaz Muñoz et al., 2019)

“CULTIVO BIOTECNOLÓGICO DE MACROHONGOS COMESTIBLES: UNA ALTERNATIVA EN LA OBTENCIÓN DE NUTRACÉUTICOS”. Carolina Suárez Arangoa, Ivonne Jeannette Nieto.

Este artículo ofrece una visión general de la utilización de la fermentación en estado líquido como herramienta tecnológica para la obtención de hongos comestibles, así como su estudio y el de sus bioactivos, mediante la descripción de las diferentes condiciones de cultivo que en los últimos años se han empleado, así como los resultados obtenidos. Se discutirá lo correspondiente a los géneros: *Agaricus*, *Flammulina*, *Grifola*, *Pleurotus* y *Lentinula* (Suárez Arango and Nieto, 2013).

“UTILIZACIÓN DE FIBRA DE KENAF (*HIBISCUS CANNABINUS* L.) EN LA ELABORACIÓN DE SUSTRATOS ESPECÍFICOS PARA CULTIVO DE *Pleurotus ostreatus* (JACQ. EX FR.)”. Arturo Pardo Giménez, José Pardo Núñez.

En este estudio se han considerado, tres métodos diferentes de preparación del sustrato, con objeto de conseguir selectividad y especificidad para el crecimiento y posterior fructificación del hongo objeto de estudio (Giménez, Zamora, and Núñez, 2008).

“CAPACIDAD PRODUCTIVA DE *Pleurotus ostreatus* UTILIZANDO ALFALFA DESHIDRATADA COMO SUPLEMENTO EN DIFERENTES SUSTRATOS AGRÍCOLAS”. Omar Romero-Arenas, Ángeles Valencia.

En esta investigación los sustratos fueron inoculados y después de 28 días de incubación, éstos presentaron un 90 % de colonización del micelio de la cepa CP-50 de *Pleurotus ostreatus* y al término de 121 días se finalizó el experimento obteniendo tres cosechas por cada tratamiento. La mejor combinación para la producción de setas fue el tratamiento “PT-3Al” con 17.94 kg, el tratamiento que obtuvo la producción más baja fue “Al” con 3.51 kg. La menor Eficiencia biológica (EB) es para el residuo paja de frijol con 46.84 %, además el sustrato más abundante de la región “rastreo de maíz” incrementó su EB de 64.30 a 120.91 % con un suplemento de 3 kg de alfalfa y una tasa de biodegradación de 64 %. La utilización de alfalfa deshidratada como suplemento en los sustratos convencionales, aumenta la producción de la cepa CP-50 en condiciones controladas c.

“MANUAL PRÁCTICO DEL CULTIVO DE SETAS”. Aislamiento, siembra y producción” Rigoberto Gaitán-Hernández

Los temas de este libro son guía técnica para comprender las: características generales de un hongo, aislamiento y mantenimiento de cepas, elaboración del inóculo, selección de substratos idóneos, siembra del substrato, incubación, producción, instalación y mantenimiento de una planta productora y problemas que se presentan a lo largo de todo el proceso (Gaitán-Hernández 2012).

El cultivo de hongos comestibles es una actividad poco común en el Ecuador, pero puede ser la respuesta al problema latente de la industria cervecera que es “el bagazo de malta”. Además, ofrece una gama muy amplia de posibilidades para el aprovechamiento de este bagazo, como la transformación de estos convirtiéndolos en un producto de alto valor nutricional a nivel gastronómico, pero también gracias a su gran contenido de nutrientes puede ser aprovechado para la utilización de fertilizantes o suplementos alimenticios a nivel agrario.



**Figura 1-1:** Bagazo de malta de cebada (MAGAB Ar 2019)

**Realizado por:** Coronel, Oscar. 2021.

El bagazo de malta de cebada es el subproducto de la industria cervecera, este es el resultante del proceso de prensado y filtración del mosto obtenido tras la sacarificación del grano de cereal malteado.

La Malta es el resultado de la germinación y secado, durante tiempos y temperaturas determinadas, de los granos de los cereales (Gallardo et al., 2013).

Este es un producto húmedo cuyo contenido en materia seca oscila entre un 20-25%. No se observan diferencias significativas en la composición química correlacionadas con el contenido de materia seca, aunque éste es variable. En el mercado recibe otros nombres como el de cebadilla

de cerveza, bagazo de malta, salvado de malta y es el término equivalente a lo que el mundo anglosajón conoce como “*wet brewers ’s grains*” (FEDNA, 2020).

El bagazo de malta de cebada debido a su bajo costo y su alta disponibilidad, promete un ser un recurso con amplia utilización dentro de la industria alimenticia, agrícola y, agrónoma por sus características composicionales. Además, presenta características biológicas, físicas y químicas de gran utilidad que la convierten en materia prima de alto valor biológico, así como nutricional. (Poveda, 2018).

El bagazo de malta de cebada es el residuo más abundante del proceso de elaboración de cerveza ya sea esta artesanal o industrial, el no contar con protocolos para su reutilización provoca que este sea desperdiciado en actividades de poco provecho o con impacto ambiental. Actualmente la demanda de estas bebidas exige implementar sistemas de gestión para aprovechar y optimizar la utilización de estos residuos buscando alternativas, eficientes, así como el tratamientos y utilización de estos.

### **1.1.1 Características del Bagazo de Malta de Cebada**

El bagazo de cerveza es un subproducto rico en proteína, siendo su contenido proteico medio de un 24-26% sobre materia seca. El extracto etéreo representa un 8%. Es un subproducto rico también en fibra, con un contenido en FND del 53% y en FAD del 27%, aunque se trata de una fibra muy poco efectiva (18%). El contenido en lignina es de un 4% y el de cenizas de un 4% (FEDNA, 2020)

**Tabla 1-1.** Composición química (%MS) del bazo de malta de cebada

<b>Humedad</b>	<b>Cenizas</b>	<b>Almidón</b>	<b>Azúcares</b>	<b>pH</b>	<b>EE</b>	<b>Grasa verd. (%EE)</b>
74.2	3.90	5.13	---	4.02	7.93	45

Fuente: FEDNA, 2020

Realizado por: Coronel Sigcho, Oscar, 2021

**Tabla 2-1.** Macrominerales (%MS) del bazo de malta de cebada.

<b>Ca</b>	<b>P</b>	<b>Na</b>	<b>Cl</b>	<b>Mg</b>	<b>K</b>	<b>S</b>
0.28	0.50	0.01	0.14	0.15	0.08	0.33

Fuente: FEDNA, 2020

Realizado por: Coronel Sigcho, Oscar, 2021



El contenido en energía metabolizable de este subproducto es de 2,86 Mcal/kg. La degradabilidad efectiva de la proteína es baja (50%), siendo la velocidad de degradación de un 7 %/h. Se trata pues de un alimento de elevado contenido proteico, siendo ésta una proteína que escapa, en buena parte, de la degradación ruminal (FEDNA, 2020).

## **1.2 Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*)**

La seta comestible *Pleurotus* tiene gran versatilidad, ya que soporta grandes variaciones térmicas, existen variedades resistentes a plagas y enfermedades que pueden ser cultivadas prácticamente sobre casi cualquier sustrato; la calidad de su proteína, presencia de vitaminas, macro y micro elementos, así como sus propiedades organolépticas la hacen muy superior al champiñón, por lo que es considerada como un alimento saludable. Estas características permiten que esta seta pueda ser cultivada con una tecnología sencilla, disminuyendo considerablemente la inversión inicial y los costos operacionales, lo cual se ha traducido en una expansión rápida del cultivo en el mundo (Nora García Oduardo, 2011).

### **1.2.1 *Pleurotus ostreatus***

El hongo *Pleurotus ostreatus* es un hongo comestible cuya fuente de alimento es la materia orgánica constituida de compuestos lignocelulósicos, es decir que se alimenta de lignina, celulosa y hemicelulosa que son azúcares encontrados principalmente en paja, maíz, caña, trigo, cebada y demás residuos que tengan estas características (Miranda, 2013, p.3).

El cultivo de este hongo ha tenido un desarrollo muy rápido alrededor de todo el mundo en especial en las últimas décadas ya que tiene la capacidad de desarrollarse en una gran variedad de sustratos dándole una importancia adicional en el ámbito ecológico y ambiental por el uso de residuos agroindustriales para su obtención, además posee elevadas propiedades alimenticias y medicinales altamente beneficiosas para el hombre (Nevárez, 2012, p.22).

### **1.2.2 *Clasificación taxonómica del hongo Pleurotus ostreatus***

Los hongos del género *Pleurotus* son los más fáciles y menos costosos de producir, debido a la alta adaptabilidad, agresividad y productividad, además tienen la habilidad de crecer en

diferentes residuos orgánicos. Presentan buen desarrollo en productos secundarios (viruta) de la industria maderera, residuos vegetales de los cereales, bagazo de la caña de azúcar, rastrojos de maíz, cáscaras de oleaginosas (soya, frejol gandul, maní, pseudotallo de plátano), etc. Los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de los hongos comestibles son fundamentalmente carbohidratos (celulosa y hemicelulosa), compuestos nitrogenados (por adición de compuestos que poseen nitrógeno como los sulfatos de amonio, urea o gallinaza y minerales (Torre, 2017).

**Tabla 3-1.** Taxonomía del hongo *Pleurotus ostreatus* de cebada

<b>Reino</b>	Fungi
<b>División</b>	<i>Basidiomycotina</i>
<b>Clase</b>	<i>Homobacidiomicete</i>
<b>Subclase</b>	<i>Hymenomicete</i>
<b>Orden</b>	<i>Agaricales</i>
<b>Familia</b>	<i>Tricholomataceae</i>
<b>Género</b>	<i>Pleurotus</i>
<b>Especie</b>	<i>Ostreatus</i>

**Fuente:** Martínez, 2017

**Realizado por:** Coronel Sigcho, Oscar, 2021



**Figura 2-1:** Hongo seta *Pleurotus ostreatus*

**Fuente:** Coronel, Oscar. 2021.

Las principales partes que componen un hongo *Macromycete* del orden Agaricales (Viljee 1988).

- **Cutícula:** Membrana exterior que recubre el sombrero y el pie. Fundamental para determinar la especie, tanto por su estructura como por su color. La cutícula puede ser lisa, rugosa, seca, viscosa, presentar restos en forma de escama, verrugas, estrías y también puede estar fuertemente adherida al sombrero, o ser fácilmente separable.
- **Píleo:** La parte más ancha de la seta. Situado encima del pie, puede presentar una amplia gama de colores y tiene la forma de un paraguas, aunque con muy diferentes diseños: esféricos, acopados, cónicos, acampanados, ramificados.
- **Himenóforo:** Parte inferior del sombrero, sostiene al himenio, donde se encuentran las esporas de origen sexual.
- **Pie:** Sostiene el píleo, puede ser recto o curvado y comúnmente cilíndrico.
- **Anillo:** Parte residual procedente del velo y situado bajo el sombrero cuando éste se expande, tiene como misión proteger el himenio y facilitar la maduración de las esporas.
- **Volva:** Parte subterránea y membranosa que rodea la base del pie de algunas especies en forma de círculos, cónica o libres, de pie esférico (CORREDOR, 2006).

### **1.3 Condiciones ambientales para el desarrollo de *Pleurotus ostreatus***

#### **1.3.1 Temperatura**

Los hongos degradadores de residuos lignocelulósicos crecen y se desarrollan de mejor forma a temperaturas entre 20 - 30°C, siendo su temperatura óptima de crecimiento 28°C ya que se ha comprobado que existe un mejor desarrollo de las cepas de *Pleurotus ostreatus* a esta temperatura, por lo que es necesario monitorearla regularmente para que se mantenga dentro del rango establecido (Martínez, 2017).

Durante la fase de fructificación del hongo la temperatura oscila entre 16 - 22°C siendo también muy importante controlarla para evitar que la humedad del ambiente afecte la calidad del producto (Martínez, 2017).

Se debe tener en cuenta también la temperatura interna del sustrato, la cual no debe exceder los 35°C porque podría dar paso al desarrollo de otro tipo de organismos termófilos y de mohos que pueden inhibir el crecimiento del hongo deseado (Martínez, 2017).

### ***1.3.2 Humedad del sustrato***

La humedad del sustrato va a facilitar la degradación del mismo por lo que debe encontrarse entre 70 - 80%, es importante mantener el rango de humedad durante la fructificación para que el hongo tenga un aspecto agradable y pueda ser comercializado; si existe un exceso de humedad se frenará el desarrollo de los micelios ya que al estar los espacios llenos de agua el hongo se ahogará al no tener lugar en donde depositar sus enzimas lo cual limita la colonización (Martínez, 2017).

El contenido de humedad de los hongos es de 90% razón por la cual es importante mantener el medio húmedo, sobre todo después de la primera cosecha (Martínez, 2017).

### ***1.3.3 Humedad del ambiente***

Es necesario mantener la humedad del ambiente entre 70 - 90% durante el proceso de todo el cultivo para que esta no afecte al desarrollo del cuerpo fructífero (Martínez, 2017).

### ***1.3.4 Luz***

Durante la fase de fructificación es muy importante colocar el cultivo a la luz natural. Exponerlo a una luminosidad moderada no afecta el crecimiento y desarrollo de las setas, pero si lo haría el exponerlo directamente a la luz del sol, ya que no existirá desarrollo micelio o este se retrasará mucho, además se debe tener en cuenta que la falta de luz o el exceso de esta puede provocar el crecimiento de hongos contaminantes que van a impedir el crecimiento de las setas deseadas (Martínez, 2017).

### ***1.3.5 Aireación***

La aireación es muy importante durante la fase de fructificación del hongo, este se desarrolla en concentraciones entre 20000 a 30000 ppm de CO<sub>2</sub>, es necesario realizar constantes ventilaciones de aire para que no exista el ataque de bacterias anaerobias que aprovechan la baja cantidad de oxígeno y la alta cantidad de CO<sub>2</sub> para alimentarse e inhibir el crecimiento del hongo (Martínez, 2017).

Se puede presentar problemas durante el cultivo del hongo como contaminación por esporas de otros hongos de rápido crecimiento, ataque de bacterias, aumento de CO<sub>2</sub> y bajo contenido de oxígeno y por ello para evitarlo se debe realizar un control estricto de la humedad del sustrato y utilizar ventiladores (Martínez, 2017).

### **1.3.6 Residuos agroindustriales para el cultivo de hongos comestibles**

Se llama residuo agroindustrial al material o elemento que después de haber sido producido, manipulado o usado a nivel agroindustrial no tiene valor para quien lo posee y por lo general se desecha no adecuadamente generando contaminación en el ecosistema (CORREDOR, 2006).

### **1.3.7 Composición química de los residuos agroindustriales**

Los principales materiales utilizados en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, en su mayoría paseen compuestos lignocelulolíticos, los cuales están formados por celulosa y hemicelulosa enlazadas mediante lignina, el cual es un polímero aromático altamente oxigenado, con un esqueleto de fenilpropano que se repite. Sobre esta matriz se deposita una mezcla de compuestos de bajo peso molecular llamados extractivos (CORREDOR, 2006).

### **1.3.8 Celulosa**

La celulosa es el compuesto más simple encontrado en el material lignocelulolítico de la planta, es uno del polímero más abundante que se encuentran en la biosfera. Está compuesto por un polímero de residuos de D-glucosa unidos por enlaces  $\beta$ -1,4. Gracias a su estructura las cadenas de celulosa esta unidas por puentes de hidrógeno intermoleculares formando agregados (CORREDOR, 2006).

La celulosa es una molécula que da estructura y soporte a la planta y forma un cristal empaquetado que es impermeable al agua, por lo cual es insoluble en agua y resistente a la hidrólisis. Los hongos *Macromycetes* pueden degradar la celulosa por medio de la producción de enzimas como son *endo- $\beta$ -1,4-gluacanasa*, el complejo **Cx** y *endo- $\beta$ -1,4-glucoSIDASA* (CORREDOR, 2006).

### **1.3.9 Hemicelulosa**

La hemicelulosa está formada por cadenas cortas de polímeros heterogéneos que contienen tanto hexosas (azúcares de 6 carbonos) como pentosas (azúcares de 5 carbonos). Según el tipo de planta estos azúcares se asocian con ácidos urónicos que les permiten formar estructuras poliméricas diversas las mismas que pueden estar relacionadas con la celulosa y la lignina. Los tres polímeros principales son los xilanos, mananos y arabinogalactanos (CORREDOR, 2006).

### **1.3.10 Lignina**

Es un polímero complejo tridimensional, globular, insoluble y de alto peso molecular, formado por unidades de fenilpropano cuyos enlaces son relativamente fáciles de hidrolizar por vía química o enzimática. Esta molécula tiene diferentes tipos de uniones entre los anillos de fenilpropano (CORREDOR, 2006).

## **1.4 Análisis Elemental de la biomasa bagazo de malta de cebada**

El bagazo de cerveza puede estar compuesto de un 15 - 26% de proteínas y un 70% de fibras, que incluyen celulosa (entre 15.5 y 25%), hemicelulosa (28 a 35%) y lignina (aproximadamente el 28%). También puede contener lípidos (entre 3.9 y 18%, de los cuales el 67% son triglicéridos), cenizas (2.5 a 4.5%), vitaminas, aminoácidos y compuestos fenólicos. Entre los componentes minerales se cuentan el calcio, fósforo y selenio. También contiene biotina, colina, ácido fólico, niacina, ácido pantoténico, riboflavina, tiamina y vitamina B6. Entre los aminoácidos están presentes la leucina, valina, alanina, serina, glicina, tirosina, lisina, prolina, treonina, arginina, cistina, histidina, isoleucina, metionina, fenilalanina, triptófano, glutámico y ácido aspártico (MAGAB Ar, 2019).

## **1.5 Biomasa del Bagazo de malta de cebada como potencial sustrato**

Debido a la gran producción de bagazo de cerveza, se han hecho diferentes investigaciones procurando beneficios nutricionales, gracias a su contenido nutricional físico y químico este residuo resulta de importante interés para la producción de setas comestibles como es el caso del

*Pleurotus ostreatus*, hay que considerar que si bien en zonas abiertas el bagazo de malta no resulta ser una problemática por sus diferentes utilidades como fertilizante o alimento para animales, dentro de la ciudad resulta ser una problemática muy importante, Por tal razón la producción de este hongo presenta beneficios importantes como el ejemplo de su producción en espacios reducidos, sus bajos costos de implementación, y su importante valor nutricional, todas estas características lo convierten en una respuesta a una necesidad latente en las industrias cerveceras actuales.

**Tabla 4-1.** Contenido Nutricional del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*

SUSTANCIA	%
Agua	92.20
Materia seca	7.80
Ceniza	9.50
Grasa	1.00
Proteína bruta	39.00
Fibra	7.50
Fibra cruda	1.40
Nitrógeno total	2.40
Calcio	33mg/100g
Fósforo	1.34mg/100g
Potasio	3793mg/100g
Hierro	15.20mg/100g
Ácido ascórbico. Vit. C	90-144mg/100g
Tiamina. Vit. B1	1.16-4.80mg/100g
Niacina. Vit. B5	46-108.7mg/100g
Ácido fólico	65mg/100g

Fuente: CORREDOR, 2006

Realizado por: Coronel Sigcho, Oscar, 2021

## 1.6 Análisis Bromatológico

El análisis bromatológico, es una técnica o disciplina científica, que estudia de manera integral a los alimentos nos permite conocer los parámetros que caracterizan los alimentos tanto para consumo humano como animal, este análisis pretende conocer la composición química, física, higiénica (microorganismos y toxinas) para ayudar a la conservación y tratamiento de los alimentos.

## 1.7 Generación de nuevos productos a partir del bagazo de malta de cebada

Gracias a la cantidad de nutrientes que posee el bagazo de la cerveza, esta cuenta con un amplio abanico de destinos posibles, entre ellos:

- El consumo humano.
- La producción de energía por combustión directa.
- La producción de biogás por fermentación anaeróbica.
- La producción de carbón. › Su utilización como material adsorbente de tratamientos químicos.
- El cultivo de microorganismos.
- La obtención de bioproductos de fermentación (MAGAB Ar 2019).



## CAPITULO II

### 2. METODOLOGÍA

#### 2.1 Ubicación del proyecto

El cultivo del hongo comestible *Pleurotus o.* se realizó en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo; es la cabecera cantonal y capital de la Provincia de Chimborazo. Se encuentra en el centro de la región Interandina del Ecuador, en la hoya del Río Chambo, a una altitud de 2750 metros sobre el nivel del mar. Posee una población de aproximada de 45.559 habitantes.

#### 2.2 Primera etapa de laboratorio

El desarrollo de la primera etapa se realizó en el laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, ubicada en la Panamericana Sur, Km 1 ½ Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo, en este laboratorio se realizó el aislamiento y elaboración del inóculo del hongo *Pleurotus ostreatus*.



**Figura 1-2:** Localización del proyecto

Realizado por: Coronel, Oscar. 2021.

### 2.2.1 *Materiales, equipos y materia prima para la obtención de Pleurotus o.*

**Tabla 1-2.** Materiales para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*

Mecheros
Papel Aluminio
Bisturí
Pinzas
Frascos de vidrio
Asa de incubación

**Realizado por:** Coronel Sigcho, Oscar, 2020

**Tabla 2-2.** Equipos para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*

Agitador Magnético
Balanza Analítica
Mechero Bunsen
Cámara de Flujo laminar
Cámara de Refrigeración
Incubadora

**Realizado por:** Coronel Sigcho, Oscar, 2020

**Tabla 3-2.** Materia prima para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*

Esporas de <i>Pleurotus ostreatus</i>
Bagazo de cebada

**Realizado por:** Coronel Sigcho, Oscar, 2021

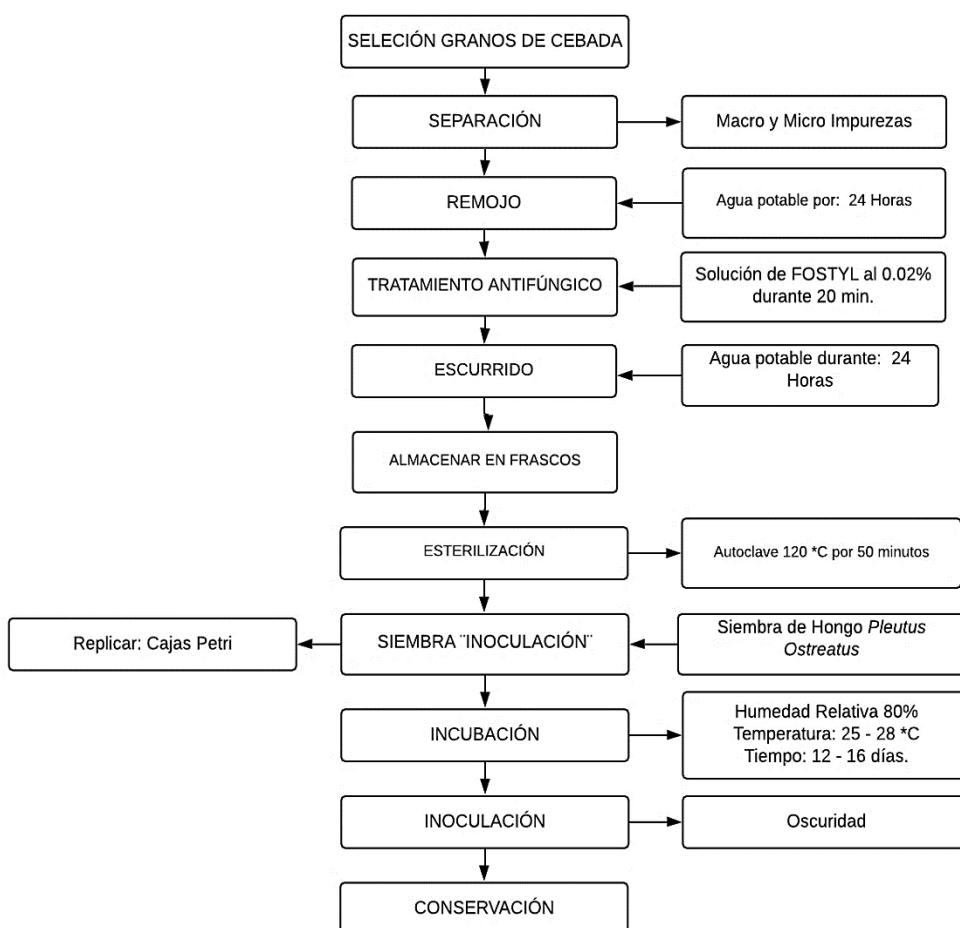
### 2.2.2 *Reactivos para el cultivo del hongo Pleurotus ostreatus*

**Tabla 4-2.** Reactivos para la obtención de *Pleurotus ostreatus*

Agua destilada
Alcohol antiséptico Alc. 70%
Alcohol industrial Alc. 90%
Agar glucosa Sabouraud
FOSTYL

**Realizado por:** Coronel Sigcho, Oscar, 2021

### 2.3 Diagrama de flujo para preparación del inóculo



**Figura 2-2:** Diagrama de la preparación del inóculo

**Realizado por:** Coronel, Oscar. 2021.

### 2.4 Reproducción del hongo dentro de cajas Petri

Para la reproducción de las esporas del hongo se esterilizó el medio de cultivo a utilizar, así como las cajas Petri, el medio de cultivo que se utilizó fue el agar Sabouraud, bajo las condiciones recomendadas por el fabricante (1210 durante 30 minutos).

El cultivo del hongo se realizó utilizando una cámara de flujo laminar, valiéndonos de un bisturí y unas pinzas se colocó partes de micelio en el medio de cultivo procurando una asepsia total.

Se incubó un total de 6 cajas Petri todas ellas a una temperatura de (25 - 28) °C por un total de 20 días, tiempo en el cual el micelio colonizó por completo la caja Petri, mostrando una apariencia igual o similar al algodón.



**Figura 3-2:** Propagación del hongo en cajas de Petri

**Realizado por:** Coronel, Oscar, 2021.

Todas las cajas de Petri fueron revisadas y controladas continuamente para verificar que no exista contaminación y garantizar cultivos libres de patógenos.

#### **2.4.1 Propagación del micelio**

El sustrato elegido para la propagación del micelio de hongo fue la cebada por su amplia aplicación utilización para el cultivo de hongos y por la alta eficacia para el desarrollo de los mismos.

#### **2.5 Primera fase**

Los granos de cebada utilizados pasaron por un proceso de separación de macro y micro impurezas que presentaban, posterior se hidrato con agua potable durante 24 horas para alcanzar la humedad necesaria requerida, sugerida entre (70 a 80) %.



**Figura 4-2:** Cebada hidratada

**Realizado por:** Coronel, Oscar. 2021.

Hay que tratar a los granos de cebada con una solución de FOSTYL " fungicida sistémico para el control preventivo y curativo."(EDIFARM 2019). preparado al 0,02%. Por un tiempo de 33 minutos aproximadamente. Posteriormente se eliminó el exceso de agua escurriendo a los granos ya tratados.



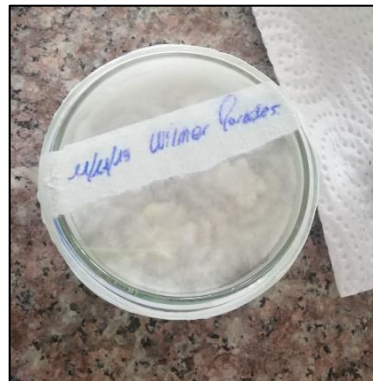
**Figura 5-2:** Eliminación del exceso de agua

**Realizado por:** Coronel, Oscar. 2021.

Los granos previamente tratados fueron almacenados en frascos de vidrio, y tapados con papel aluminio. Una vez listos los esterilizamos en la autoclave a 121 °C por, aproximadamente, 40 minutos.

## 2.6 Segunda Fase

En la cámara de flujo laminar la cámara de flujo laminar, con ayuda de un bisturí se corta el micelio de la caja Petri en 6 o más fracciones, cada una de estas fracciones se coloca en los frascos con trigo, ya tratado, de manera que el micelio entre en contacto con el sustrato.



**Figura 6-2:** Corte de inóculo

Realizado por: Coronel, Oscar. 2021.

Las condiciones de asepsia son de indispensable importancia, pues estamos trabajando con microorganismos y medios de cultivo que fácilmente se pueden contaminar, la utilización de materiales de protección personal, metanol y etanol para la desinfección son de suma importancia.



**Figura 7-2:** Área completamente estéril

Realizado por: Coronel, Oscar. 2021.

La temperatura de incubación que se utilizó en esta etapa oscilaba entre (25-39) °C dentro de un ambiente limpio y sin presencia alguna de contaminación.

La etapa de incubación duro aproximadamente 15 días la principal señal para identificar que el micelio a cubierto a todo el sustrato, es observando que el frasco en su interior tiene apariencia de algodón, este será nuestro principal indicador que nuestro inoculo está listo para ser usado.

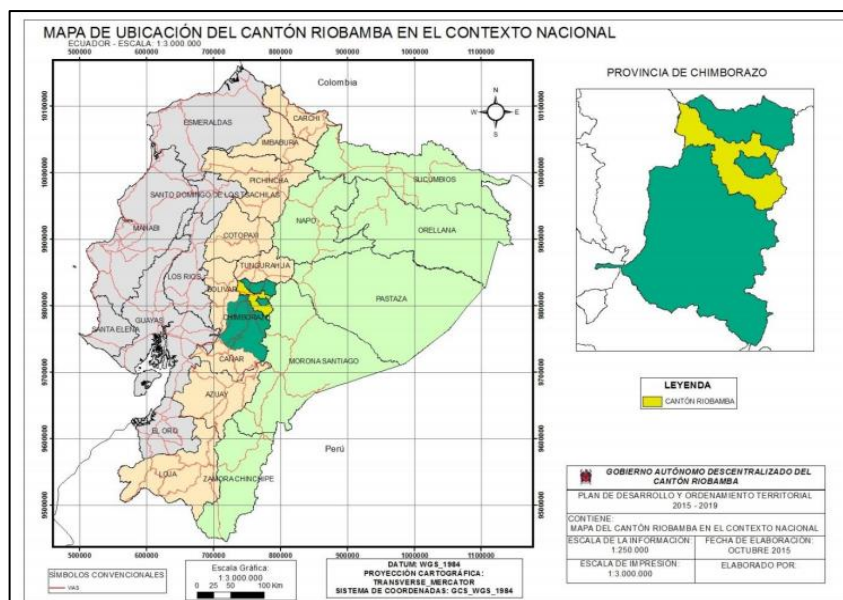


**Figura 8-2:** Micelio del hongo listo para la siembra

**Realizado por:** Coronel , Oscar, 2021

## **2.7 Etapa de campo: cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus***

La fase experimental para la producción del hongo se realizó en la provincia de Chimborazo en el Cantón Riobamba ubicado a 2754 msnm con un clima cuya temperatura promedio es de 130C, al no favorecer con las condiciones ambientales mínimas para esta etapa. Se modificó las condiciones de humedad, y temperatura, necesarias dentro de un cuarto adaptado, diseñado para alcanzar estas condiciones, por otra parte, los residuos del bagazo de malta fueron donados por una pequeña cervecería artesanal local.



**Figura 9-2:** Ubicación del Cantón Riobamba en el contexto nacional

Realizado por: GADM-RIOBAMBA

## 2.8 Materiales, equipos y materia prima utilizados en la preparación del sustrato

**Tabla 5-2.** Equipos utilizados para la obtención del sustrato

Balanza digital
Olla de acero inoxidable
Jarra de Plástico
Funda transparente plástica.
Colador

Realizado por: Coronel Sigcho, Oscar, 2021

**Tabla 6-2.** Materia prima para la obtención del sustrato

Bagazo de la mata de la cebada.
---------------------------------

Realizado por: Coronel Sigcho, Oscar, 2021

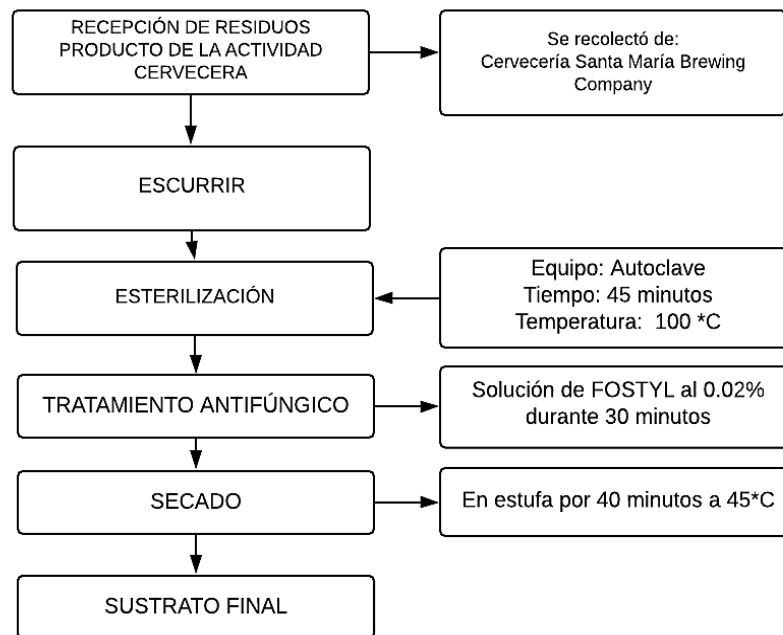
**Tabla 7-2.** Reactivos para la obtención del sustrato

Agua destilada
FOSTYL

Realizado por: Coronel Sigcho, Oscar, 2021



## 2.9 Metodología para la preparación de los residuales



**Figura 10-2:** Diagrama para preparación de los residuales

Realizado por: Coronel, Oscar. 2021.

### 2.9.1 Preparación del sustrato utilizando residuos del bagazo de malta de cebada

La principal materia prima: malta de cebada se puede encontrar en el mercado de diferentes presentaciones las cuales se caracterizan por su color, las maltas de colores oscuros, pasan por un proceso de tostado a mayores temperaturas y por mayores tiempos, mientras que las maltas claras o rubias no han tenido un proceso de tostado intenso y sus tonalidades suelen más claras como es el caso de la malta PILSEN, que es una de las principales materias primas de la cervecería Santa María Brewing Company.



**Figura 11-2:** Malta de Cebada Estilo PILSEN

**Realizado por:** Coronel, Oscar. 2021.

Esta materia prima es revisada minuciosamente antes de pasar a molino para evitar cualquier tipo de impureza que pueda alterar el proceso, una vez revisada, el proceso cervecero empieza su primera fase que es el triturado.

En este proceso la materia: malta de cebada, es llevada hasta unos molinos los cuales se encargarán únicamente de romper el grano mas no de molerlo, este paso es importante pues evitara que la cerveza se llene de harinas.



**Figura 12-2:** Malta de Cebada triturada

**Realizado por:** Coronel, Oscar. 2021.

Ya con el grano triturado, comienza el segundo proceso de la elaboración de cerveza, que consiste en macerar el grano en agua. Esto durante un tiempo de 1 hora con 30 minutos y a una temperatura de (60 a 70) °C. para extraer la mayor cantidad de azúcares fermentables posibles en el agua.



**Figura 13-2:** Proceso de Maceración de la Malta

**Realizado por:** Coronel, Oscar. 2021.

Una vez terminado este proceso y a través de tamices se separa el líquido macerado del bagazo de la malta.



**Figura 14-2:** Residuos del Proceso de Elaboración de Cerveza

**Realizado por:** Coronel, Oscar. 2021.

Los residuos obtenidos al terminal el proceso inmediatamente fue tratado con una solución de FOSTYL al 0.02% para evitar la presencia de hongos patógenos dentro de un recipiente plástico por aproximadamente 2 horas, aprovechando el golpe térmico Mecheros como una alternativa de pasteurización del grano y evitando que este entre en contacto con otro tipo de microorganismos patógenos.



**Figura 15-2:** Residuos del Proceso de elaboración de cerveza

**Realizado por:** Coronel, Oscar. 2021.

Aprovechando que el grano termino el proceso de macerado a una temperatura de 73 0C se decidió como una alternativa de pasteurización. Lavar el grano con la solución del FOSTYL que se preparó con anterioridad, y a una temperatura baja, evitando que el bagazo de la malta entre en contacto con otro tipo de microorganismos patógenos

### 2.9.2 Metodología: Fase de Fermentación en Estado Sólido

**Tabla 8-2.** Equipos utilizados para la fase de fermentación en estado sólido

Balanza digital
Termómetro
Mesa INOX
Olla de Acero
Fundas plásticas
Malla
Baldes transparentes
Embudo
Calentador eléctrico
Humidificador
Percha

**Realizado por:** Coronel Sigcho, Oscar, 2021

**Tabla 9-2.** Materia prima para la fase de fermentación en estado sólido

Bagazo de malta de cebada tratado.
Inoculo

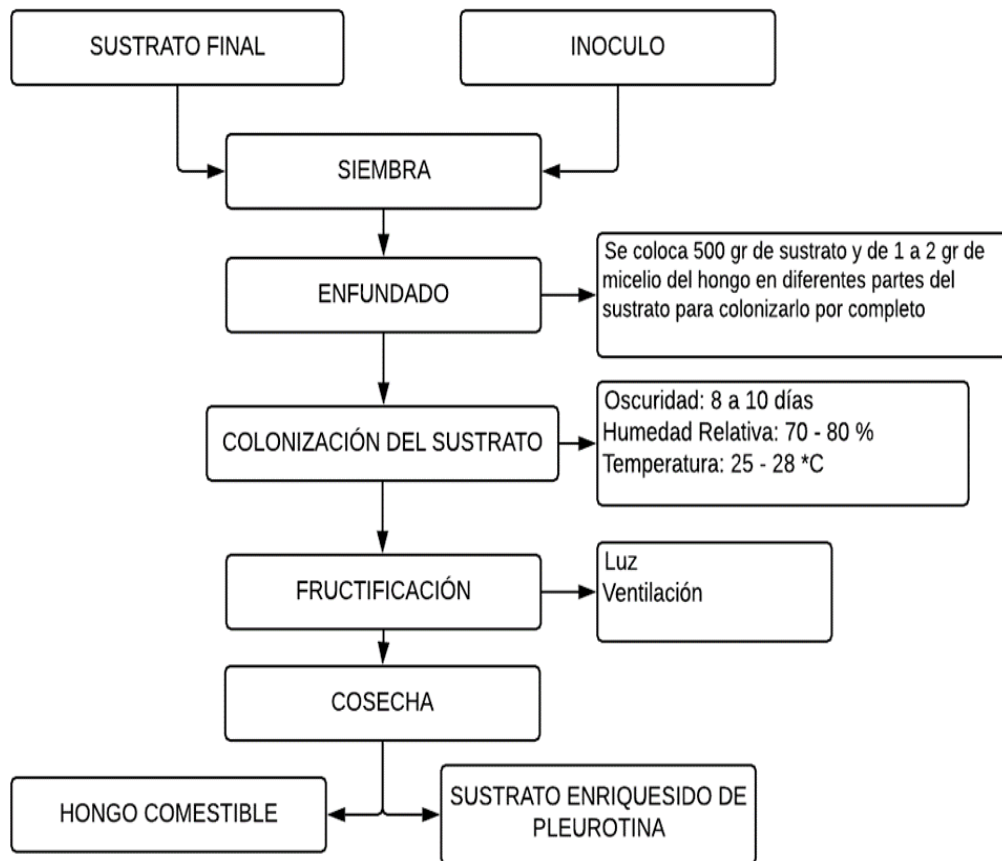
Realizado por: Coronel Sigcho, Oscar, 2021

**Tabla 10-2.** Reactivos utilizados en la fase de fermentación en estado sólido

Etanol –Alcohol antiséptico 70%
Metanol –Alcohol industrial-54trfx
FOSTYL

Realizado por: Coronel Sigcho, Oscar, 2021

## 2.10 Metodología para la fase de fermentación en estado sólido



**Figura 16-2:** Diagrama para la Fermentación en Estado Sólido

Realizado por: Coronel, Oscar. 2021.

El primer paso es colocar el sustrato en fundas plásticas, completamente esterilizadas de (40 x 35) cm, las mismas deberán estar en condiciones de asepsia, cada funda en su interior tiene 500gr de bagazo de malta PILSEN aproximadamente.



**Figura 17-2:** Pesado de sustrato por muestra

Realizado por: Coronel, Oscar. 2021.

Una vez tengamos el sustrato en las respectivas fundas, éste es inoculado con el hongo *Pleurotus ostreatus*, para posteriormente ser almacenado en una cámara oscura en condiciones de asepsia.



**Figura 18-2:** Siembra del inóculo en el bagazo de malta

Realizado por: Coronel, Oscar. 2021.

El sustrato con el inóculo se coloca en fundas plásticas de 42 x 35 centímetros. Estas fundas deben permanecer en absoluta obscuridad y asepsia.



**Figura 19-2:** Muestras preparadas para la fase de oscuridad

**Realizado por:** Coronel, Oscar. 2021.

Las principales variables a controlar son la temperatura, la cual es importante que se mantenga en un rango de (25 a 28) °C, y una humedad que se mantenga entre un (70 a 80) % para ello se utilizó un vaporizador de agua.

Pasando 5 días a partir de la siembra es necesario hacer pequeños orificios en cada uno de los recipientes plásticos para evitar inconvenientes en la colonización del micelio.



**Figura 20-2:** Realización de orificios en las muestras

**Realizado por:** Coronel, Oscar. 2021.

Una vez que los sustratos preparados se encuentren totalmente colonizados, es importante que el hongo reciba luz solar, también es necesario que las fundas que han sido colonizadas en su totalidad sean abiertas, pero sin descuidar el control de la humedad, temperatura y la cantidad del aire pues va a existir una gran cantidad de CO<sub>2</sub> liberada por el hongo como producto de esta etapa.

Una vez que se aparezcan los primeros primordios entre los 10 y 12 días, el hongo alcanzará el estado adulto.

Luego de la presencia de los primeros primordios a los 8 o 10 días, el hongo alcanzará el estado adulto.



**Figura 21-2:** Aparición de los primeros primordios

Realizado por: Coronel, Oscar. 2021.

El principal indicador para la cosecha del hongo, es la forma del sombrero que tiene que ser de forma plana, para poder extraerlo es importante utilizar un bisturí totalmente esterilizado y el corte tiene que ser de forma limpia en el tallo sin afectar al sustrato.



**Figura 22-2:** Cosecha del hongo adulto

Realizado por: Coronel, Oscar. 2021.

Para la conservación del hongo comestible es importante que este se encuentre bajo refrigeración para conservar sus características.

La pleurotina o "sustrato colonizado" es un excelente fertilizante por lo cual se recomienda utilizarlo en la tierra o huertos como un abono natural. También se puede aplicar en criaderos de lombrices, aprovechando así la pleurotina en su totalidad.





**Figura 23-2:** Utilización del sustrato enriquecido con pleurotina como fertilizante

**Realizado por:** Coronel, Oscar. 2021.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Interpretación, Análisis, y discusión de resultados

El cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* se desarrolló bajo condiciones controladas de temperatura y humedad dentro de una habitación de 4m de largo por 3m de ancho utilizando un humidificador, un calentador de ambiente y un ventilador pues las condiciones de la ciudad de Riobamba no son favorables para desarrollar el experimento a condiciones ambientales normales, la materia utilizada fue proporcionada por una cervecería local lo que facilito obtener la materia prima necesaria. Figura (14-2)

Durante todo el proceso la materia prima para el cultivo del hongo fue el bagazo de malta de cebaba, para ello se realizaron 4 experimentos en el primer experimento se utilizó FOSTYL como fungicida, para prevenir cualquier tipo de contaminación, en el segundo experimento el bagazo de malta fue cosechado con el inculo una vez este alcanzo una temperatura de 200C, para el tercer experimento se inoculo el hongo cuando el sustrato alcanzo una temperatura de 25oC, y finalmente en el cuarto experimento el bagazo de malta fue inoculado 1 día después de su obtención a condiciones ambientales.

Las principales características bromatológicas analizadas del hongo como, proteína, fibra grasa, humedad y pH se los puede evidenciar en el ANEXO B, Y ANEXO C.

Los valores obtenidos presentan caracterizas similares a hongos cosechados de otros residuos mencionados en diferentes bibliografías consultadas, de igual manera se puede constatar visualmente un análisis visual del comportamiento del hongo en los diferentes experimentos desarrollados.

### 3.2 Análisis bromatológico del sustrato final utilizado

**Tabla 1-3.** Análisis bromatológico del bagazo de malta de cebada utilizado

ID MUESTRA	Humedad %	Proteína %	Fibra %	Grasa %	Ceniza %	pH	Conductividad
Bagazo de malta	40,09	12,80	3,50	2,32	2,74	6,1	1,2

Fuente: SAQMIC Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos

Realizado por: Coronel Sigcho, Oscar, 2021

Podemos observar en los valores del análisis bromatológico, que el sustrato utilizado se encuentra dentro de los rangos requeridos para el crecimiento y desarrollo del hongo. Se puede apreciar que, a una temperatura ambiente la humedad del sustrato se encuentra en un valor de 40,09 % de humedad.

Otros elementos presentes como la: grasa presente en un 2,32 %, cenizas con un 2,74 %, y proteína con un 12,80 %. Son indicadores de que nuestro sustrato con elementos mínimos indispensables para el cultivo del hongo.

Por otra parte, el contenido de fibra de un 3,50% nos permite decir con certeza que esta será fácilmente desdoblada en el sistema multi-enzimático que posee el hongo. Gracias a las características lignocelulósicas de nuestro sustrato, es apropiado decir que esté es una fuente de carbono que es capaz de satisfacer las necesidades del hongo *Pleurotus o.*

El valor obtenido en el pH del sustrato se encuentra en un valor de 6.1 este valor es importante pues el pH del sustrato a utilizar dentro de la bibliografía se recomienda que sea próximo o se encuentre en valores de neutralidad, esto nos permitió que el crecimiento del hongo tenga un muy buen rendimiento en la fase de cultivo.

El porcentaje presente de la proteína del bagazo de malta es de 12,80 % esta información nos permite saber que el sustrato a utilizar es apto para emplearse para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* pues es un sustrato rico en lignina y celulosa.

El rendimiento del hongo obtenido es aceptable, hay que destacar las características físicas más destacables son: peso, tamaño, características del píleo y sus excelentes características organolépticas, son similares a características mencionadas en diferentes investigaciones. Podemos decir que el pH de nuestro sustrato no tiene una influencia directa en el crecimiento del hongo, este se ve favorecido por el contenido de fibra en el sustrato que representa un 3,50 % (Tabla 1-3), y su material celulósico como la fuente principal de carbono.

### 3.3 Tabla de valores obtenidos durante la fase de cosecha

**Tabla 2-3.** Características físicas de los hongos *Pleurotus o.* recolectados

Nº	Peso (gr)	Ancho del sombrero (cm)	Largo del sombrero (cm)	Nº	Peso (gr)	Ancho del sombrero (cm)	Largo del sombrero (cm)
1	16	7.12	6.1	98	13.5	8.45	8
2	9.6	5.45	5.36	99	7.8	5.12	9.5
3	8.2	6.1	6.5	100	5.6	4.32	6.4
4	4.16	4.2	3.25	101	9.6	4.56	5.67
5	8	5.3	4.56	102	7.8	4.86	8.35
6	7.12	4.21	3.25	103	4.3	3.56	6.58
7	5.63	5.1	4.8	104	5.6	5.23	8.65
8	4.16	3.2	4.5	105	4.9	4.65	9.54
10	3.1	2.1	2.54	106	8.5	7.6	7.89
11	7.24	4.6	5.68	107	10.4	5.87	6.1
12	3.65	2.3	3.45	108	12	6.23	5.36
13	9.7	5.1	6.25	109	13.2	6.54	6
14	5.4	2.3	2.34	110	9.87	6.1	4.58
15	8.23	6.1	5.23	111	10.12	6	5.68
16	6.43	4.1	3.56	112	11.4	5.89	7.65
17	13.8	5.6	6.1	113	12.6	7.1	9.54
18	14.5	7.21	5.89	114	8.45	5.6	5
19	12	6.57	5.2	115	9.65	5.6	7.56
20	4.6	2.31	4.35	116	11.45	6.2	3.45
21	3.8	2.24	3.89	117	8.97	5.5	5.6
22	7	3.54	3.57	118	12.48	6.2	5.32
23	7.2	4.2	5.1	119	9.54	5.89	6.42
24	14.3	6.89	5.89	120	10.87	6.7	4.98
25	15.8	7.32	4.56	121	8.65	7.3	6.58
26	12.2	5.1	4.31	122	9.36	5.8	8.9
27	7.6	4.8	3.78	123	10.24	5.8	7.56
28	5.8	3.65	3.98	124	5.61	3.65	5.68
29	4.68	2.58	3.14	125	7.85	4.56	6
30	12.6	6.1	6.32	126	9.65	6.4	9.54
31	6.2	3.54	3.15	127	11.12	7	8.65
32	8.4	4.7	4.56	128	9.87	6.4	6.75
33	6.21	4.1	3.56	129	8.5	5	7
34	4.2	2.65	3.45	130	9.1	7.3	5.69
35	10.31	5.49	4.86	131	9.6	6.45	6.89
36	9.14	4.65	3.97	132	5.6	6.2	7.1
37	12.46	5.78	4.65	133	7.8	6.2	5.8
38	15.3	6.95	5.32	134	9.13	5	6.48
39	6.25	3.24	4.12	135	12.45	6.78	5.62
40	14.8	7.1	5.6	136	15.43	5.68	5.48
41	8.49	4.5	4.12	137	14.75	6.78	4.56
42	9.26	4.87	4.21	138	12.35	8.56	7.21
43	7.5	3.86	3.56	139	10.49	9	5.89
44	8.45	4.78	4.52	140	13.54	9.87	6.7
45	17	7.12	7.1	141	13.5	8.75	8
46	9.7	5.45	5.77	142	8.8	5.12	9.5

<b>47</b>	8.2	7.1	7.5	<b>143</b>	5.6	7.32	6.7
<b>48</b>	4.17	4.2	7.25	<b>144</b>	9.6	7.56	5.68
<b>49</b>	8	5.7	4.57	<b>145</b>	8.8	7.86	8.35
<b>50</b>	7.12	4.21	7.25	<b>146</b>	7.3	3.56	6.58
<b>51</b>	5.77	5.1	4.8	<b>147</b>	5.6	5.23	8.65
<b>52</b>	4.17	7.2	4.5	<b>148</b>	7.9	7.65	9.57
<b>53</b>	7.1	2.1	2.54	<b>149</b>	8.5	8.6	8.89
<b>54</b>	7.24	4.7	5.78	<b>150</b>	9,7	5.88	6.1
<b>55</b>	7.75	2.7	7.45	<b>151</b>	12	6.23	5.36
<b>56</b>	9.7	5.1	7.25	<b>152</b>	11,2	6.57	6
<b>57</b>	5.4	2.7	2.74	<b>153</b>	8,88	6.1	7.58
<b>58</b>	8.27	7.1	5.27	<b>154</b>	9,12	6	5.68
<b>59</b>	7.47	4.1	7.57	<b>155</b>	7.67	5.89	8.65
<b>60</b>	17.8	5.7	7.1	<b>156</b>	12,6	8.1	9.57
<b>61</b>	14.5	7.21	5.89	<b>157</b>	8,78	5.6	5
<b>62</b>	12	7.57	5.2	<b>158</b>	8,68	5.6	8.56
<b>63</b>	4.7	2.71	4.75	<b>159</b>	9,78	6.2	3.75
<b>64</b>	7.8	2.24	7.89	<b>160</b>	8,88	5.5	5.6
<b>65</b>	7	7.54	7.57	<b>161</b>	4,78	6.2	5.32
<b>66</b>	7.2	4.2	5.1	<b>162</b>	8,87	5.89	6.72
<b>67</b>	14.7	7.89	5.89	<b>163</b>	9,88	6.8	7.98
<b>68</b>	15.8	7.72	4.57	<b>164</b>	6,95	8.3	6.58
<b>69</b>	12.2	5.1	4.71	<b>165</b>	8,16	5.8	8.9
<b>70</b>	7.7	4.8	7.78	<b>166</b>	9,27	5.8	8.56
<b>71</b>	5.8	7.75	7.98	<b>167</b>	9	3.65	5.68
<b>72</b>	4.78	2.58	7.14	<b>168</b>	8,88	7.56	6
<b>73</b>	12.7	7.1	7.72	<b>169</b>	8,68	6.7	9.57
<b>74</b>	7.2	7.54	7.15	<b>170</b>	11,12	8	8.65
<b>75</b>	8.4	4.7	4.57	<b>171</b>	8,88	6.7	6.85
<b>76</b>	7.21	4.1	7.57	<b>172</b>	11,2	5	8
<b>77</b>	4.2	2.75	7.45	<b>173</b>	8,1	8.3	5.69
<b>78</b>	10.71	5.49	4.87	<b>174</b>	8,6	6.75	6.89
<b>79</b>	9.14	4.75	7.97	<b>175</b>	10,1	6.2	8.1
<b>80</b>	12.47	5.78	4.75	<b>176</b>	8,8	6.2	5.8
<b>81</b>	15.7	7.95	5.72	<b>177</b>	8,11	5	6.78
<b>82</b>	7.25	7.24	4.12	<b>178</b>	12,78	6.88	5.62
<b>83</b>	14.8	7.1	5.7	<b>179</b>	8,8	5.68	5.78
<b>84</b>	8.49	4.5	4.12	<b>180</b>	11,9	6.88	7.56
<b>85</b>	9.27	4.87	4.21	<b>181</b>	12,18	8.56	8.21
<b>86</b>	7.5	7.87	7.57	<b>182</b>	9,78	9	5.89
<b>87</b>	8.45	4.78	4.52	<b>183</b>	11,87	9.88	6.8
<b>88</b>	17	7.12	7.1	<b>184</b>	11,8	8.75	8
<b>89</b>	9.7	5.45	5.77	<b>185</b>	8,8	5.12	9.5
<b>90</b>	8.2	7.1	7.5	<b>186</b>	8,6	7.32	6.7
<b>91</b>	4.17	4.2	7.25	<b>187</b>	8,6	7.56	5.68
<b>92</b>	8	5.7	4.57	<b>188</b>	11,5	7.86	8.35
<b>93</b>	7.12	4.21	7.25	<b>189</b>	7,1	3.56	6.58
<b>94</b>	5.77	5.1	4.8	<b>190</b>	9,46	5.23	8.65
<b>95</b>	4.17	7.2	4.5	<b>191</b>	8,9	7.65	9.57
<b>96</b>	7.1	2.1	2.54	<b>192</b>	8,76	8.6	8.89
<b>97</b>	7.24	4.7	5.78	<b>193</b>	9,7	5.88	6.1

Realizado por: Coronel Sigcho, Oscar, 2021

Podemos apreciar a través de la Tabla 2-3 el número de hongos recolectados y las características físicas de cada uno de estos, como es el peso, el ancho y el largo de cada uno de los sombreros obtenidos durante la fase de experimentación más específicamente en la etapa de cosecha, obteniendo un total de 193 hongos recolectados siendo este un número amplio que aprueba nuestras hipótesis de viabilidad.

### 3.4 Producción del hongo *Pleurotus ostreatus*

**Tabla 3-3.** Características físicas del hongo *Pleurotus o.* recolectado

RESIDUO	NUMERO DE HONGOS RECOLECTADOS	ANCHO DEL SOMBRERO MÁS GRANDE	LARGO DEL SOMBRE MAS GRANDE.
<b>Bagazo de malta de cebada</b>	193	9,88 cm	9,57 cm

Realizado por: Coronel Sigcho, Oscar, 2021

En la Tabla 3-3 se puede constatar la cantidad de hongos recolectados durante la fase de experimentación, así mismo podemos apreciar, que el hongo más grande tenía un sombrero cuyo hacho es de 9,88 cm mientras que el largo del mismo fue de 6,8 cm, con estos datos, se puede asegurar que el bagazo de malta cumple con los requisitos para ser utilizado como un sustrato para el cultivo del hongo *Pleurotus O.* pues al terminal la experimentación se pudo constar con una producción del mismo.

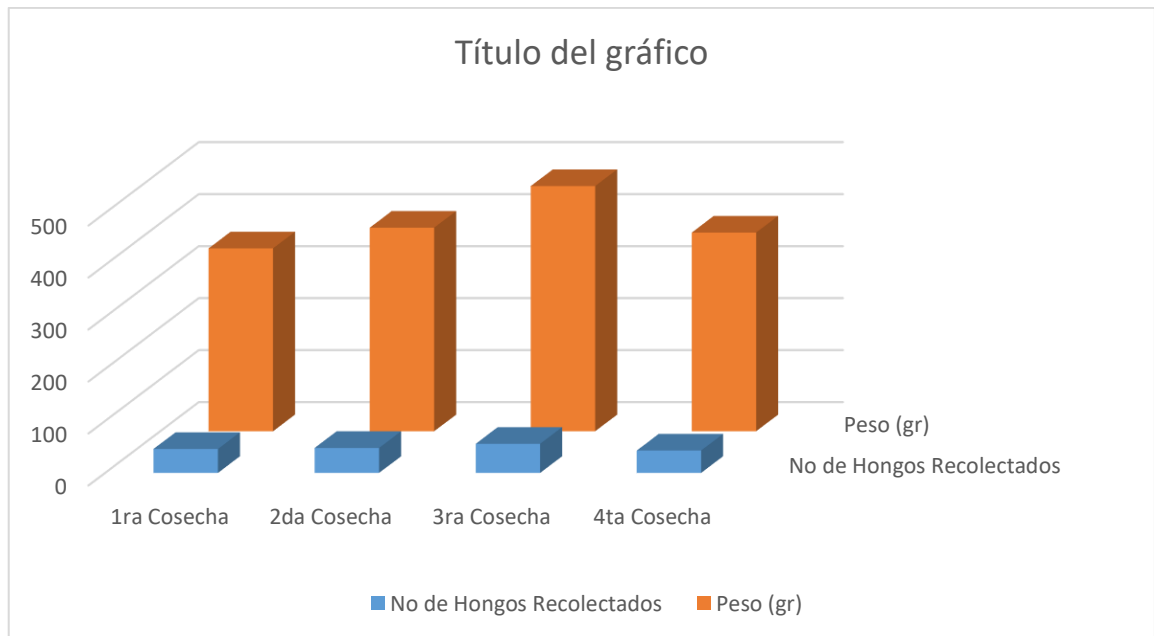
Según se menciona en bibliografía revisada se recolecta alrededor de 65 unidades de hongos en el sustrato de UCHUVA utilizando dimensiones de cultivo de (4,5 a 5) cm. También se menciona que en el bagazo de la naranja en los cuales que se ocupó de (5.1 a 5.3) cm del mismo se obtuvo un total de 60 hongos y con un peso total de 95gr. En comparación con los datos bibliográficos se obtuvo un total de 87 hongos recolectados a partir de 4 kilogramos de bagazo de malta de cebada.

### 3.5 Producción del hongo *Pleurotus o.* obtenido

**Tabla 4-3.** Valores promedio obtenidos en las diferentes cosechas

No de Cosecha	1ra Cosecha	2da Cosecha	3ra Cosecha	4ta Cosecha
<b>No de Hongos Recolectados</b>	46	48	56	43
<b>Peso (gr)</b>	351,72	391,56	471,64	382,17

Realizado por: Coronel Sigcho, Oscar, 2021



**Gráfico 1-3.** Cantidad y peso de los hongos producidos

Realizado por: Coronel Sigcho, Oscar, 2021

Podemos apreciar en la Tabla (4-3) la relación entre las diferentes cosechas a lo largo del experimento, es apreciable que la tercera cosecha es mayor a las demás, la razón del aumento en producción, se debe al mayor control en condiciones ambientales sugeridas en bibliografía: % de humedad, temperatura, y el exceso de CO<sub>2</sub> del medio. Permitiendo un mejor desarrollo del hongo.

Se obtuvo un total de 46 hongos durante la primera cosecha, con un mínimo en peso de 3,1gr y un máximo de 17gr, para la segunda cosecha se recolectó un total de 48 hongos con un peso total de 391,56gr peso similar al alcanzado en la cuarta cosecha la misma que alcanzó un peso máximo por hongo de 12,48 gr, de la primera cosecha podemos apreciar que los valores de producción son menores a los demás, esto lo atribuimos a la utilización de FOSTYL y un control básico de temperatura y humedad. El comportamiento en la producción de hongos que se puede observar, se debe a la cantidad de residuos lignocelulósicos que este dispone el a lo largo del tiempo, pues las fuentes de carbono disponibles para su desarrollo se reducen, conforme son degradadas por el mismo hongo.

Con esta información podemos decir que el hongo *Pleurotus O.* tiene una alta adaptabilidad en diferentes medios de cultivo y en el caso del bagazo de la malta de cebada el hongo presenta un rendimiento satisfactorio para la comprobación de nuestra hipótesis.

### 3.6 Análisis Estadístico de la variación de Temperatura

**Tabla 5-3.** Variación de los intervalos de temperatura

PARÁMETROS	DICIEMBRE T°	ENERO T°	FEBRERO T°
Válidos	31	31	28
Perdidos	1	0	1
Media	27.32	27.31	27.26
Error típico de la media	0.149	0.158	0.162
Mediana	27.3	27.25	27.16
Moda	27.3	27.25	27.15
Desviación típica	0.889	0.936	0.987
Varianza	0.689	0.736	0.973
Mínimo	26	26	26
Máximo	29	29	29
Suma	803	786	813

Realizado por: Coronel Sigcho, Oscar, 2021

Los valores recolectados durante los meses de diciembre, enero y febrero, se mantuvieron en rangos de temperaturas de 25 y 28 °C, garantizando las condiciones sugeridas en bibliografía como adecuadas para el desarrollo del hongo *Pleurotus ostreatus*.

Es importante que los valores de temperatura no bajen de 25 °C pues el hongo detiene su velocidad de crecimiento y esto genera que la materia vegetal pueda entrar en un proceso de fermentación debido a la cantidad de azúcares fermentables que puede presentar.

En temperaturas superiores a 30 °C el hongo sufre estrés y tiende a deshidratarse; las condiciones ambientales de la Ciudad de Riobamba no permiten su desarrollo por lo que es importante que se adapte el lugar en el cual se va a cultivar y cosechar.

### 3.7 Análisis Estadístico de los valores en Variación de Humedad

**Tabla 6-3.** Variación de los valores de humedad

	H% DICIEMBRE	H% ENERO	H% FEBRERO
Válidos	31	31	28
Perdidos	1	0	1
Media	76.2	74.5	75.62
Error típico de la media	0.638	0.6424	0.672
Mediana	76.18	74.53	75.6



<b>Moda</b>	76	75	76
<b>Desviación típica</b>	3.48	3.52	3.76
<b>Varianza</b>	12.35	12.13	12.46
<b>Mínimo</b>	72	71	72
<b>Máximo</b>	81	79	80
<b>Suma</b>	2296	2334	2080

Realizado por: Coronel Sigcho, Oscar, 2021

Los valores de humedad registrados en los meses de diciembre, enero, y febrero se mantuvieron a aproximada 75.5% siendo la más alta de 81% y la mínima registrada de 71%.

Si el hongo se encuentra a condiciones menores del 60% de humedad tiende a deshidratarse y si supera el 82%, puede presentar problemas de podredumbre por exceso de agua en sus alrededores.


Hay que tener en consideración que la humedad del sustrato permite que el hongo pueda realizar sus actividades metabólicas, esto depende de la granulometría que posee el sustrato utilizado para que el hongo pueda retener una cantidad importante de humedecimiento.

Los factores vinculados al aire, su calidad y circulación son probablemente las variables más difíciles de controlar, debido a la complejidad de las mismas, se recomienda aplicar la metodología más óptima para el lugar de aplicación, analizando el sistema de ventilación más adecuado.

### 3.8 Método de evaluación de las diferentes variables

En la tabla se registran de manera detallada las variables medidas a lo largo del experimento para ello el registro de los principales indicadores se lo detalla mediante fotografías como constancia de los resultados registrados a lo largo de este trabajo.

**Tabla 7-3.** Evaluación de las variables

VARIABLE	INDICADOR	RESPALDO
Colonización del sustrato: Siembra del micelio en el bagazo de malta de cebada.	Se cuantifica el tiempo transcurrido a partir de la siembra	

<p>Estado adulto del hongo a pocos días de fructificación</p>	<p>Se considera el tiempo en que el hongo termina de colonizar todo el sustrato.</p>	
<p>Cosecha del hongo: días necesarios a partir de la etapa adulta del hongo para su cosecha.</p>	<p>Se considera el tiempo a partir que el hongo a colonizado todo el sustrato y empieza su crecimiento como tal.</p>	
<p>Diámetro de los sombreros o (píleo) recolectados.</p>	<p>Medida longitudinal de largo y ancho que posee cada sombrero recolectado</p>	
<p>Número de (píleos) recolectados por racimo</p>	<p>Por conteo directo se establece la cantidad de sombreros que se puede extraer por racimo</p>	

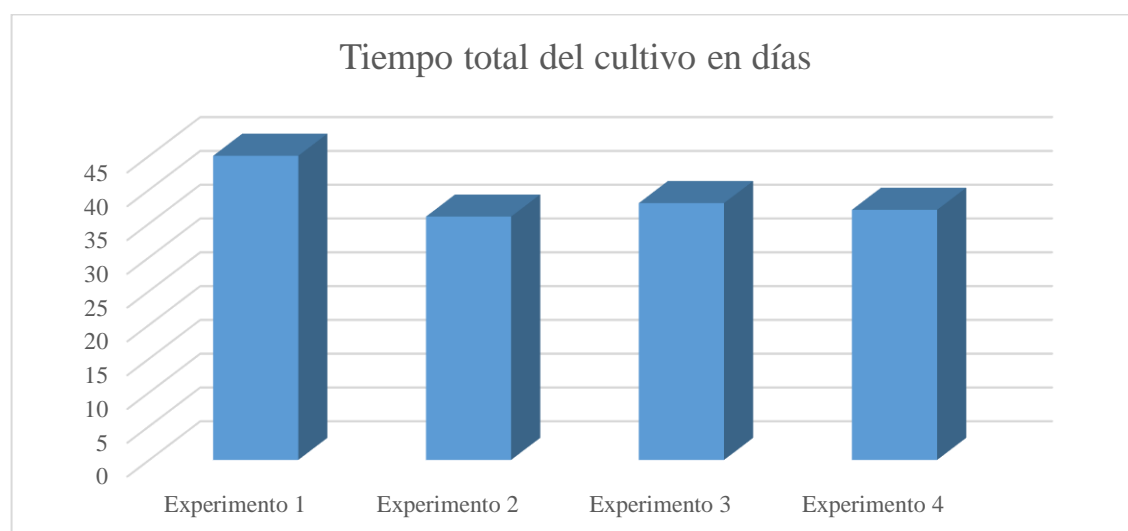
**Realizado por:** Coronel Sigcho, Oscar, 2021

### 3.9 Análisis de las variables registradas

**Tabla 8-3.** Tiempo total del cultivo del hongo en (días)

Variable analizada	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4
Tiempo total del cultivo en días	45	36	38	37

Realizado por: Coronel Sigcho, Oscar, 2021



**Gráfico 2-3.** Tiempo total de cultivo del hongo en días

Realizado por: Coronel Sigcho, Oscar, 2021

Los valores registrados en la Tabla 8-3, representan el tiempo total en que el hongo colonizo el sustrato y estuvo listo para ser cosechado, el primer experimento que tardó más fue el primero con un periodo de tiempo de 45 días, mientras que el experimento que tardó menos tiempo fue el experimento 2. Las variaciones en estos valores las atribuimos al FOSTYL pues en el primer experimento se lo utilizó disuelto en agua a una concentración del 0,02% mientras que en los demás experimentos no se utilizó ningún fungicida.

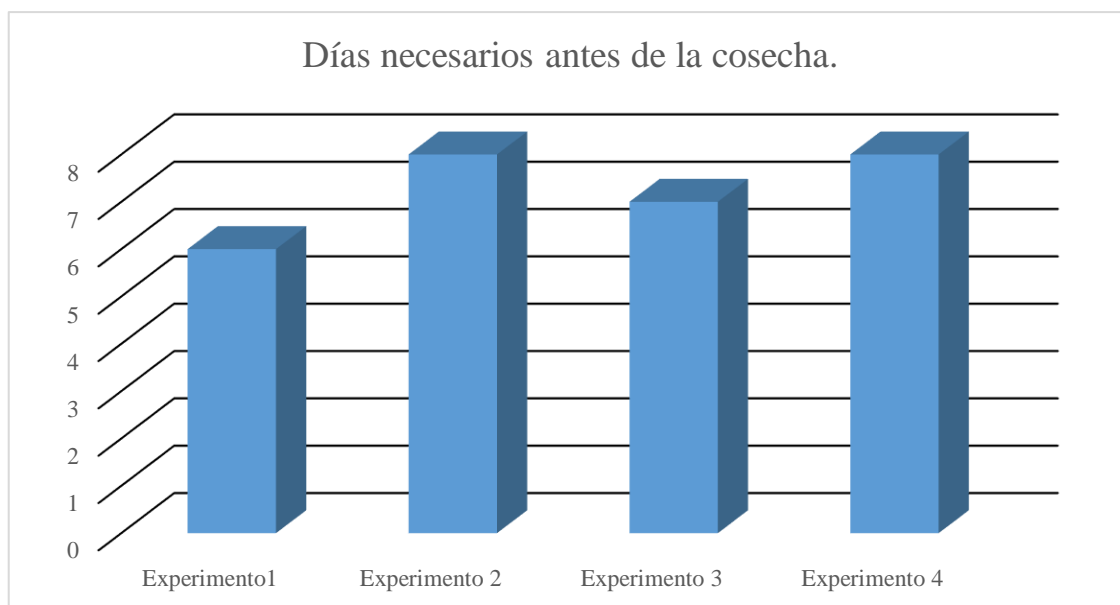
Podemos apreciar entonces que la utilización de un Fosfo-Silicato para el cultivo del hongo retarda el crecimiento del mismo, pero evita que el sustrato se vea contaminado por agentes patógenos que pudiesen contaminar el sustrato.

Comparando los valores obtenidos con los bibliográficos podemos encontrar valores similares por ejemplo; (VELASCO, 2017) menciona que cultivos del hongo hechos en "Uchuva (uvilla) el tiempo es de 41, en cascara de alverja menciona que es de 45 días y en tuza de mazorca de 52 días", esta información nos permite decir que el sustrato utilizado se encuentra en rangos de tiempo similares.

**Tabla 9-3.** Días necesarios antes de la cosecha del hongo

Variable Analizada	Experimento1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4
Días necesarios antes de la cosecha del hongo	6	8	7	8

Realizado por: Coronel Sigcho, Oscar, 2021



**Gráfico 3-3.** Días necesarios antes de la cosecha del hongo

Realizado por: Coronel Sigcho, Oscar, 2021

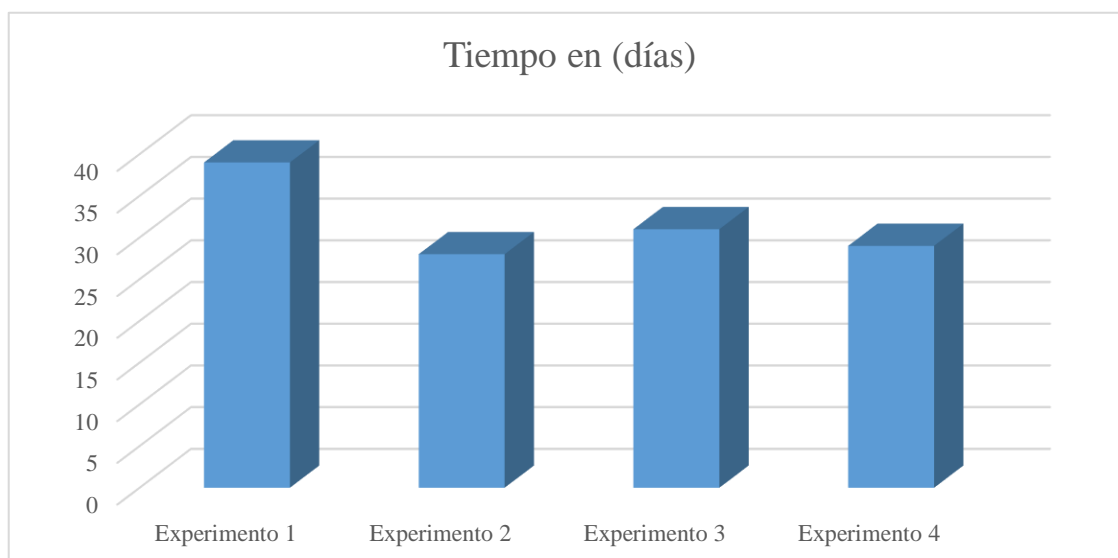
Una vez que el hongo ha fructificado todo el sustrato, pasa a su etapa adulta en la cual comenzará el crecimiento del hongo, la variable registrada es: el tiempo en que el hongo empieza a crecer hasta ser cosechado.

Se puede observar que el experimento 1 fue el que menos tiempo tardó en alcanzar la cosecha con un total de 6 días, mientras que el experimento 4 y experimento 2 se necesitó un total de 8 días para producir nuevos hongos, una variable a considerar en este cambio es la utilización del FOSTYL, si bien este fungicida retrasa el tiempo total de crecimiento, disminuye el tiempo de cosecha.

**Tabla 10-3.** Periodo en días necesarios para la obtención del micelio

Variable Analizada	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4
Tiempo en (días)	39	28	31	29

Realizado por: Coronel Sigcho, Oscar, 2021



**Gráfico 4-3.** Periodo en días necesarios para la obtención del micelio

**Realizado por:** Coronel Sigcho, Oscar, 2021

El tiempo en el cual el hongo colonizo por completo al sustrato fue registrado en la Tabla 10-3, se puede apreciar de manera clara que en el experimento 1 el hongo tardo mucho más tiempo en colonizar el sustrato, mientras que en los experimentos 2 y 3 el tiempo fue 28 y 29 días respectivamente.

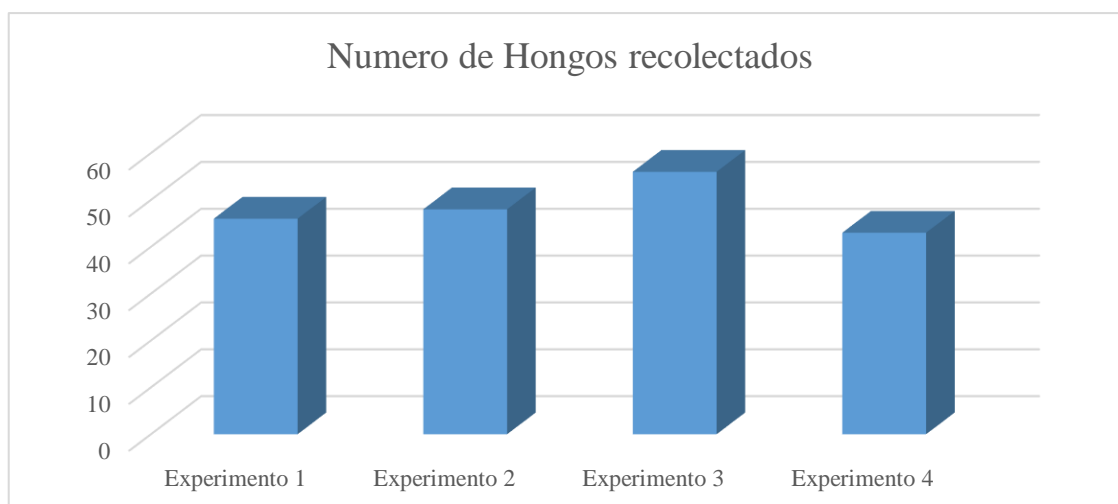
En bibliografía tenemos como referencia que “la tuza de mazorca tarda un aproximado de 27 días, el aserrín de roble 18 días y residuos como la cascara de arveja un total de 23 día” (VELASCO, 2017). Es entonces preciso decir que el tiempo el cual nuestro hongo coloniza todo el sustrato es similar a valores mencionados en otras investigaciones.

También podemos resaltar que la sustitución de FOSTYL por Benomyl no es un buen cambio pues los tiempos de crecimiento se ven afectados por la utilización del mismo.

**Tabla 11-3.** Número de hongos *Pleurotus o.* recolectados

Variable Analizada	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4
Numero de Hongos recolectados	46	48	56	43

**Realizado por:** Coronel Sigcho, Oscar, 2021



**Gráfico 5-3.** Número de hongos recolectados

**Realizado por:** Coronel Sigcho, Oscar, 2021

La cantidad de hongos recolectados después de las cosechas se ve reflejada en la Tabla 11-3, se puede apreciar fácilmente que el experimento 3 proporciono mayor cantidad de hongos recolectados con un total de 56, para este experimento no se utilizó FOSTYL y a su vez fue el que menos tiempo tardo en fructificar completamente el sustrato.

También se puede evidenciar que el experimento 3, tuvo menor rendimiento en cuanto a la producción de hongos, siendo éste el que más tiempo tardo en completar todo el ciclo de experimentación.

La razón por la cuales en los experimentos 2,3 y 4 tienen un mejor rendimiento en cuanto a producción las adjuntamos a que no se utilizó ningún fungicida, mientras que los valores reflejados en el experimento 1 nos permiten comprender que utilizar FOSTYL como tratamiento anti fúngico de prevención no es una buena alternativa, pues disminuye la eficiencia del hongo.

**Tabla 12-3.** Peso de los hongos recolectados

Variable Analizada	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4
Peso de los hongos recolectados	351,72	391,56	471,64	382,17

**Realizado por:** Coronel Sigcho, Oscar, 2021



**Gráfico 6-3.** Peso de los hongos recolectados

**Realizado por:** Coronel Sigcho, Oscar, 2021

El peso total de los hongos recolectados en cada experimento se lo evidencia en la Tabla 12-3, en está podemos evidenciar que los hongos recolectados dentro del experimento 3 tienen mayor peso que los demás alcanzado un valor de 471,64 gr de hongos *Pleurotus o.* por otra parte podemos presenciar que el experimento 1 es el que menor rendimiento en peso a alcanzado con un total de 351.72 gr resultado de su cosecha.

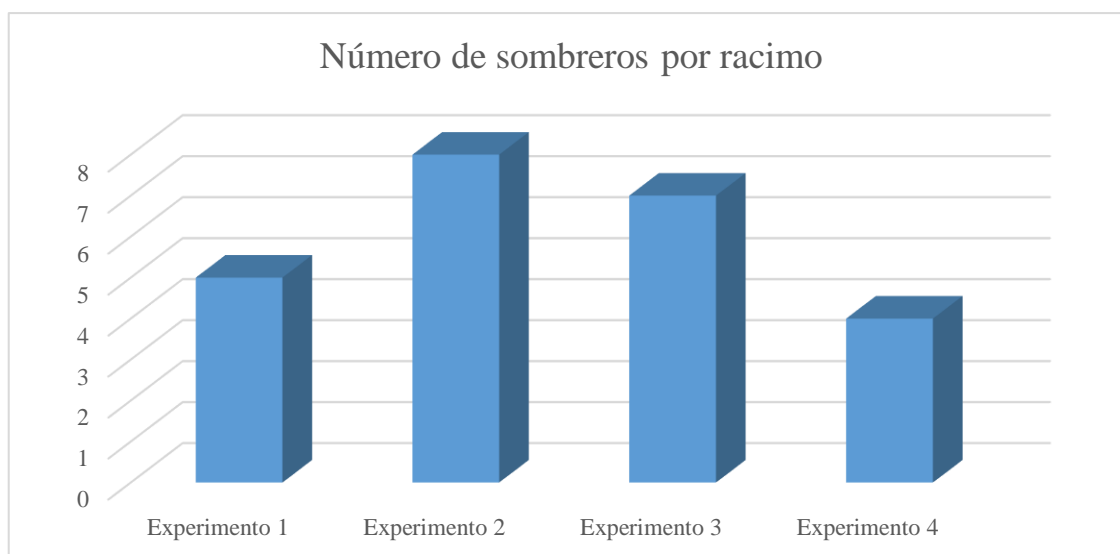
Si bien se obtuvo un total de 1597,09 gr de hongo resultado de la experimentación utilizando un total de 4kg de bagazo de malta de cenada, estos valores se pueden aumentar eliminando la aplicación de FOSTYL en el proceso.

Es factible utilizar el bagazo de malta de cebada como sustrato para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*, pero se recomienda al lector experimentar con diferentes cantidades de sustrato, mezclas y dimensiones, para mejorar su eficiencia.

**Tabla 13-3.** Número de sombreros (píleo) recolectados en cada racimo

Variable Analizada	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4
Número de sombreros recolectados	7	8	7	6

**Realizado por:** Coronel Sigcho, Oscar, 2021



**Gráfico 7-3.** Número de sombreros recolectados en cada racimo

**Realizado por:** Coronel Sigcho, Oscar, 2021

En la Tabla 13-3, se han registrado la cantidad de sombreros por racimo obtenidos, se puede apreciar que en el experimento 4 la cantidad de hongos obtenidos es de 6 por racimo con un peso aproximado de 7 a 9 gr por unidad, si bien la cantidad de sombreros es menor su tamaño y peso son mucho mayores que en el resto de los experimentos, el experimento 1 posee una cantidad moderada de sombreros la razón se debe a la utilización de FOSTYL,

Podemos apreciar que en los experimentos 2 y 3 la producción y rendimiento del hongo alcanza valores más altos, es preciso sugerir el no utilizar un fungicida en este sustrato, puesto que al terminal el proceso de maceración de la industria cervecera el residuo que se obtiene se encuentra pasteurizado por los procesos térmicos a los cuales es sometido y el utilizar un fungicida provoca que el hongo sufra estrés.

### 3.10 Análisis Bromatológico del hongo y sustrato

**Tabla 14-3.** Análisis Bromatológico del sustrato enriquecido de pleurotina.

NÚMER. LAB: L ID MUESTRA	MUESTRA ID	Proteína %	Fibra %	Grasa %	Humedad %	Ceniza %
	Sustrato enriquecido de pleurotina	18,25	15,28	0,98	61,85	3,55

**Fuente:** SAQMIC Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos



**Tabla 15-3.** Análisis Bromatológico del hongo cosechado

NÚMER. LAB: L ID MUESTRA	MUESTRA ID	Proteína %	Fibra %	Grasa %	Ceniza %
152-21	Hongo ( <i>Pleurotus ostreatus</i> )	26,78	10,26	2,6	6,41

Fuente: SAQMIC Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos

Los valores obtenidos de los análisis bromatológicos realizado por (SAQMIC Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos) en el sustrato enriquecido de pleurotina reportan un contenido de proteína del 18,25%, fibra 15,28%, grasas 0,98%, humedad 61,85% y cenizas 3,55%, estos valores demuestran que la cantidad de fibra, proteína, y grasa han aumentado esto se debe a que el hongo aprovecho los nutrientes lignocelulósicos disponibles así también las fuentes de carbono necesarias para su crecimiento y desarrollo y lo enriquecen.

Los valores de la Tabla 15-3, reflejan el % de fibra, grasa, y ceniza contenidos en el hongo *Pleurotus ostreatus* cosechado, dando como resultado para proteína 26.78%, fibra 10,26%, grasa 2,6% y ceniza 6,41%.

El hongo cosechado en los experimentos 2,3 y 4, presentan mejores características que los cosechados del experimento 1 en los cuales se aplicó FOSTYL como fungicida.

Los valores reportados en proteína, fibra y grasa nos permiten concluir que el hongo cuenta con un contenido significativo de nutrientes, que se pueden incorporar a la dieta humana como una alternativa alimenticia.

### **3.11 Análisis del Rendimiento y eficiencia biológica del hongo**

#### **3.11.1 Rendimiento**

Para el cálculo del rendimiento utilizamos los pesos del hongo en estado fresco sobre el peso del sustrato en estado húmedo

$$R = \frac{\text{Peso del hongo en estado fresco (gr)}}{\text{Peso del sustrato en estado humedo (gr)}} * 100\% \quad \text{Ec. 3 - 1}$$

**Tabla 16-3.** Cálculo del Rendimiento por experimento

Variable Analizada	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4
<b>Peso del hongo fresco (gr)</b>	351.72	391.56	471.64	382.17
<b>Peso del sustrato humedo (gr)</b>	1000	1000	1000	1000
<b>Rendimiento Biológico</b>	35.172%	39.156%	47.164%	38.217%

Realizado por: Coronel Sigcho, Oscar, 2021

El rendimiento del hongo para este sustrato, supera facilmente el 39,92% como valor promedio general, demostrando que el sustrato permite el desarro del hongo *Pleurotus o.*

### 3.11.2 Cálculo de la eficiencia biológica de cada experimento

El cálculo de la eficiencia biológica se lo realiza dividiendo el peso de los hongos recolectados en estado fresco sobre el peso del sustrato en estado seco.

$$E.B = \frac{\text{Peso del hongo en estado fresco (gr)}}{\text{Peso del sustrato seco (gr)}} * 100\% \quad \text{Ec. 3 - 2}$$

**Tabla 17-3.** Cálculo de la eficiencia biológica del hongo en cada experimento

Variable Analizada	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3	Experimento 4
<b>Peso del hongo fresco (gr)</b>	351.72	391.56	471.64	382.17
<b>Peso del sustrato seco (gr)</b>	896.63	892.14	891.92	894.3
<b>Eficiencia Biológica</b>	39.23%	43.89%	52.88%	42.73%

Realizado por: Coronel Sigcho, Oscar, 2021

Podemos apreciar entonces que la eficiencia biológica general por experimento, supera el 44,68% promedio en los 4 experimento, es notable que la utilización de FOSTYL disminuye la eficiencia como se aprecia en el experimento 1, por otra parte en los experimentos 2 y 4 se aprecia que comparten un porcentaje similar en sus eficiencias, mientras que el experimento 2 presenta un porcentaje mucho más alto dentro de sus eficiencia biológica obtenido como resultado general,

que el cultivo del hongo *Pleurotus o.* en el sustrato: "bagazo de malta de cebada" es viable dentro de la industria por su rendimiento y eficiencia biológica alcanzada.

#### 4. DISCUSIÓN

Según (MARTÍNEZ, 2017) la utilización de la FES (fermentación en estado sólido) es una alternativa confiable para el cultivo del hongo *Pleurotus Ostreatus*, esta afirmación es correcta siempre y cuando las condiciones ambientales son las adecuadas para el cultivo del mismo. En nuestro estudio se verificó que el control de la temperatura en rangos que no sean menores a 25 °C permitirán que la zeta se desarrolle de mejor forma y en menor tiempo, si por lo contrario las temperaturas son muy altas es muy probable que el exceso de calor lo deshidrate, por esta razón la humedad ambiental y del sustrato tienen que ser similares pues el exceso de humedad sin calor provocaría que el sustrato se pudra.

Una recomendación que (Martínez, 2017) menciona; si el sustrato utilizado tiene un pH que ronda los 5 – 6 y es rico en fibra y proteína el desarrollo del hongo no se verá afectado. Este dato fue esencial en el desarrollo de esta investigación pues el bagazo de malta contiene azúcares fermentables y este, es un factor que va a cambiar el pH. Este cambio en sustrato no afectó el desarrollo y crecimiento del hongo, demostrando que esta recomendación ha sido de vital importancia.

(Díaz Muñoz et al., 2019) Menciona que el hongo *Pleurotus O.* aprovecha el contenido lignocelulósico del residuo para su desarrollo, considerando que mientras más alto sea el contenido de este mejor será el rendimiento y eficiencia biológica del mismo. Por la cantidad de fibra que registra nuestro sustrato inicial Tabla 1-5, consideramos que el enriquecimiento de nuestro sustrato con residuos que contribuyan a su enriquecimiento, permitirá que el hongo alcance un mejor rendimiento y eficiencia biológica.

En nuestra investigación se utilizó FOSTYL, un fungicida para la prevención de problemas fúngicos, en la localidad no se pudo conseguir BENOMYLO, mencionado en (MARTÍNEZ, 2017) como una alternativa para la prevención de estos problemas. Es apreciable como la utilización de este fungicida no brindó un buen resultado podemos atribuir este efecto a la manera en que se aplicó, por lo que se recomienda buscar otro tipo de tratamientos, que permitan un mejor resultado después de su aplicación, o disminuyendo la concentración del mismo antes de su tratamiento.

## 5. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

### 5.1 Comprobación de la hipótesis general



**Figura 1-3:** Etapa de cosecha del hongo *Pleurotus*.

**Realizado por:** Coronel , Oscar. 2021.

Se a demostrado atravez de 4 experimentos, que el residuo de la industria cervecera es un medio rico en estructuras lignocelulosas, y azucares, como fuentes de carbono necesarias para el crecimiento y desarrollo del hongo *Pleurotus O.* como se evidencia en la Figura 23-3, ANEXO D y ANEXO E.

### 5.2 Comprobación de las hipótesis específicas

#### 5.2.1 *Comprobación de la hipótesis específica 1*

Los análisis bromatológicos realizados al bagazo de malta de cebada, registran un contenido de: Grasa 2,32 %, cenizas 2,74 %, proteína 12,80 %, fibra de un 3,50%, valores que demuestran la existencia de fibra y proteína. Demostrando que es viable el cultivo del hongo en sustratos que posean características similares.

#### 5.2.2 *Comprobación de la hipótesis específica 2*

Se puede apreciar en la tabla 9-3, tabla 10-3, tabla 11-3, que el rendimiento del hongo *Pleurotus O.* es mucho mayor en las cosechas 2, 3 y 4, que en la primera. El control minucioso de estas condiciones y su estabilidad permite que el hongo mejore sus tiempos de colonización y de cosecha.

### **5.2.3 Comprobación de la hipótesis específica 3**

Los valores mostrados en la Tabla 16-3 y en la tabla 17-3, corresponden a los valores promedio alcanzados, El valor de 39,92% corresponde al rendimiento de producción alcanzado por el hongo en sobre el peso sustrato húmedo, y el valor de 44,68% correspondiente a la eficiencia biológica alcanzada, por el hongo en una relación del peso del hongo cosechado sobre el peso del sustrato seco. Siendo porcentajes aceptables para un sustrato de estas características pues se puede incrementar estas eficiencias aplicando sustratos o mezclas que enriquezcan a este residuo.

### **5.2.4 Comprobación de la hipótesis específica 4**

Los análisis bromatológicos correspondientes al ANEXO C, TABLA 1-3, demuestran que el sustrato bagazo de malta de cebada aumenta sus valores de proteína y fibra en comparación con los valores registrados en el ANEXO A, TABLA 14-3. Demostrando que esta materia orgánica residual conocida como pleurotina es capaz de enriquecer el suelo en el que se lo deposite por su contenido de carbono.

## CONCLUSIONES

- El bagazo de malta de cebada, producto de la industria cervecera resulta ser un sustrato que permite el desarrollo y crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*, presentando un rendimiento similar a las investigaciones mencionadas en bibliografía. Los análisis bromatológicos del sustrato bagazo de malta de cebada cuentan con los nutrientes necesarios para el desarrollo del hongo en este medio.
- El sustrato empleado fase de fermentación de sólidos: "Bagazo de Malta de cebada" contiene una cantidad importante de fuentes de carbono y de estructuras lignocelulósicas que permiten un crecimiento y desarrollo adecuado para el hongo *Pleurotus o.* Se obtienen mejores resultados en residuos que no son sometidos al tratamiento anti fúngico con FOSTYL, debido a los fosfo-silicatos que este presenta y que dificultan el crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*. La utilización de fungicidas como alternativa para el control del sustrato, aumentó los tiempos de colonización del sustrato y disminuyó la producción en peso y cantidad de sombreros recolectados en comparación con los experimentos que no tuvieron este tratamiento
- El control y estabilidad de la temperatura y humedad resultan de importancia, pues son las variables más importantes que van a definir el desarrollo y crecimiento del hongo pues brindan las condiciones físicas para que el hongo pueda crecer.
- Los análisis bromatológicos realizados antes y después de los experimentos determinan que el bagazo de malta de cebada es un sustrato que cuenta con las características necesarias para el crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*. El pH del bagazo de malta de cebada, no ejerce una influencia significativa en la fase de Fermentación en estado sólido por lo cual descartamos esta variable.
- Los valores reportados en los análisis bromatológicos realizados en el hongo *Pleurotus O.* muestran un contenido de: fibra 10,26%, proteína 26,78%, y grasa 2,60%, indicadores que determinan que es una alternativa proteica para la dieta humana. Por otra parte, los resultados del análisis bromatológico de la pleurotina demuestran que puede ser utilizada como un fertilizante natural.

## RECOMENDACIONES

- Experimentar con fungicidas que no estresen el proceso de desarrollo del hongo *Pleurotus Ostreatus*. Acompañando la técnica de cultivo (FES) Fermentación es estado sólido, como una alternativa para tratar los residuos.
- Ensayar con diferentes sustratos que enriquezcan al bagazo de malta buscando maximizar valores de producción y rendimiento.
- Controlar las condiciones de temperatura, humedad, y CO<sub>2</sub> del medio, utilizando humidificadores y calentadores de ambiente en conjunto con el control de ventilación, pues son variables importantes, y de ellas depende en su totalidad el desarrollo del hongo.
- Aprovechar los residuos de pleurotina como fertilizantes naturales por contenido de carbono.
- Cuidar y controlar la asepsia del medio en el que se cultivara el hongo, pues es muy susceptible a la contaminación.

## BIBLIOGRAFÍA

- CORREDOR, RICARDO ALFREDO HERNÁNDEZ. 2006.** “Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de cundinamarca.”
- DÍAZ, CASANOVA. 2019.** “Production of *Pleurotus Ostreatus* (Pleurotaceae) ICFC 153/99 Grown on Different Waste Lignocellulosic.” *Arnaldoa* 26(3):1177–84.
- EDIFARM. 2019.** “ECUAQUIMICA.” Retrieved February 4, 2021 ([https://gestion.edifarm.com.ec/edifarm\\_quickagro/pdfs/productos/FOSTYL-20191025-123139.pdf](https://gestion.edifarm.com.ec/edifarm_quickagro/pdfs/productos/FOSTYL-20191025-123139.pdf)).
- FEDNA. 2020.** “Bagazo de Cerveza Húmedo | FEDNA.” 2020-11-29. Retrieved November 29, 2020 ([http://www.fundacionfedna.org/subproductos\\_fibrosos\\_humedos/bagazo-de-cerveza-humedo](http://www.fundacionfedna.org/subproductos_fibrosos_humedos/bagazo-de-cerveza-humedo)).
- Guevara, Lorena Estefanía Calero. 2018.** Facultad de Farmacia Universidad Complutense trabajo fin de grado.
- Hernández, Rigoberto Gaitán. 2015.** “GADM RIOBAMBA.” Plan de desarrollo y ordenamiento territorial con resoluciones.
- MAGAB Ar. 2019.** Bagazo de cerveza: un subproducto con múltiples aplicaciones.
- Martínez, Marcela. 2017.** Aprovechamiento de los residuos de la cascara de haba (*Vicia faba*) Mediante el cultivo de hongos *Pleurotus ostreatus*.
- Nora García Oduardo. 2011.** “Formulaciones de sustratos en la producción de setas comestibles pleurotus.” Retrieved November 23, 2020 ([http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852011000300002&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852011000300002&script=sci_arttext&tlng=en)).
- Poveda, Santiago David Jurado. 2018.** Universidad Técnica del Norte Facultad de Ingeniería en Ciencias Tesis Presentada Como Requisito Para Optar Por El Título de Ingeniero.
- Suárez Arango, Carolina, and Ivonne Jeannette Nieto. 2013.** “Cultivo Biotecnológico de Macrohongos Comestibles: Una Alternativa En La Obtención de Nutracéuticos.” *Revista Iberoamericana de Micología* 30(1):1–8.
- Torre, Christian Amable Vallejo. 2017.** “Calidad alimenticia del hongo *Pleurotus ostreatus*, fresco y deshidratado, cultivado en tres residuos agrícolas.” 2017. Retrieved November 30, 2020



([https://www.researchgate.net/publication/325985655\\_CALIDAD\\_ALIMENTICIA\\_DEL\\_HONGO\\_Pleurotus\\_ostreatus\\_FRESCO\\_Y\\_DESHIDRATADO\\_CULTIVADO\\_EN\\_TRES\\_RESIDUOS\\_AGRICOLAS](https://www.researchgate.net/publication/325985655_CALIDAD_ALIMENTICIA_DEL_HONGO_Pleurotus_ostreatus_FRESCO_Y_DESHIDRATADO_CULTIVADO_EN_TRES_RESIDUOS_AGRICOLAS)).

**VELASCO, VERÓNICA GERMANIA ROBALINO. 2017.** Aprovechamiento del bagazo de malta de cebada como insumo en la elaboración de una barra de cereales alta en fibra. “Universidad Técnica del Norte Facultad de Ingeniería en Ciencias Tesis Presentada Como Requisito Para Optar Por El Título de Ingeniero.”

**Villee, Claude A. 1988.** Biología - Claude A. Villee - Google Libros.

## ANEXOS

**ANEXO A:** Prueba bromatológica realizada al "Bagazo de malta de cebada".



### EXAMEN BROMATOLÓGICO DE ALIMENTOS

**CÓDIGO: 153-21**

**CLIENTE:** Oscar Coronel

**TIPO DE MUESTRA:** Bagazo

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 02 de marzo del 2021

**FECHA DE MUESTREO:** 02 de marzo del 2021

**EXAMEN FISICO**

**COLOR:** Característico

**OLOR:** Característico

**ASPECTO:** Normal, libre de material extraño

DETERMINACIONES	UNIDADES	MÉTODO DE ANÁLISIS	RESULTADO
Proteína	%	INEN 1670	12.80
Grasa	%	INEN 523	2.32
Fibra	%	INEN 1235	3.50
Ceniza	%	INEN 401	2.74
Humedad	%	-	40.09
pH	Unid.	-	6.01

**RESPONSABLE:**

**Dra. Gina Álvarez R.**



El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

\*La muestra es receptada en laboratorio.

Contáctanos: 0998580374-032924322  
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes  
Riobamba – Ecuador

**ANEXO B:** Prueba bromatológica realizada en el hongo obtenido.



**EXAMEN BROMATOLÓGICO DE ALIMENTOS**

**CÓDIGO: 152-21**

**CLIENTE:** Oscar Coronel

**TIPO DE MUESTRA:** Hongo

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 02 de marzo del 2021

**FECHA DE MUESTREO:** 02 de marzo del 2021

**EXAMEN FISICO**

**COLOR:** Característico

**OLOR:** Característico

**ASPECTO:** Normal, libre de material extraño

DETERMINACIONES	UNIDADES	MÉTODO DE ANÁLISIS	RESULTADO
Proteína	%	INEN 1670	26.78
Grasa	%	INEN 523	2.60
Fibra	%	INEN 522	10.26
Ceniza	%	INEN 401	6.41
Humedad	%	INEN 1235	54.01

**RESPONSABLE:**



**Dra. Gina Álvarez R.**

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

\*La muestra es receptada en laboratorio.

Contáctanos: 0998580374-032924322  
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes  
Riobamba – Ecuador

ANEXO C: Prueba bromatológica realizada en el residuo enriquecido de pleurotina.



### EXAMEN BROMATOLÓGICO DE ALIMENTOS

CÓDIGO: 154-21

**CLIENTE:** Oscar Coronel

**TIPO DE MUESTRA:** Residuo

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 02 de marzo del 2021

**FECHA DE MUESTREO:** 02 de marzo del 2021

**EXAMEN FISICO**

**COLOR:** Característico

**OLOR:** Característico

**ASPECTO:** Normal, libre de material extraño

DETERMINACIONES	UNIDADES	MÉTODO DE ANÁLISIS	RESULTADO
Proteína	%	INEN 1670	18.25
Grasa	%	INEN 523	0.98
Fibra	%	INEN 522	15.28
Ceniza	%	INEN 401	3.57
Humedad	%	INEN 1235	61.85

**RESPONSABLE:**

**Dra. Gina Álvarez R.**



El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

\*La muestra es receptada en laboratorio.

Contáctanos: 0998580374-032924322  
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes  
Riobamba – Ecuador

**ANEXO D:** Siembra de *Pleurotus ostreatus*.



<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE                  CHIMBORAZO                  FACULTAD DE CIENCIAS                  ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b>  ELABORADO POR: Coronel Sigcho Oscar Rodrigo	<b>MEDICIÓN DE VARIABLES</b>		
a) Recolección del bagazo de malta de cebada. b) Siembra del sustrato con el micelio del hongo c) Crecimiento del hongo en el sustrato. d) Evaluación del Crecimiento del hongo	<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		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
			1	1:4	04/02/2021

**ANEXO E:** Cosecha del hongo *Pleurotus ostreatus*











<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b>	<p align="center"> <b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b> </p> <p align="center">                 ELABORADO POR:                  Coronel Sigcho Oscar Rodrigo             </p>	<b>MEDICIÓN DE VARIABLES</b>		
a) Colonización del Sustrato b) Etapa adulta del micelio c) Crecimiento del hongo que será cosechado d) Cosecha de los sombreros planos.	<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		<b>LÁMINA</b> 2	<b>ESCALA</b> 1:4	<b>FECHA</b> 04/02/2021

## Document Information

Analyzed document	CORONEL_SIGCHO_OSCAR_RODRIGO_TESIS.docx (D110442354)
Submitted	7/14/2021 5:28:00 AM
Submitted by	Ivan
Submitter email	eramos@epoch.edu.ec
Similarity	7%
Analysis address	eramos.epoch@analysis.orkund.com

## Sources included in the report

<b>W</b>	URL: <a href="https://1library.co/document/y9608kky-aprovechamiento-residuos-cascara-vicia-mediante-cultivo-pleurotus-ostreatus.html">https://1library.co/document/y9608kky-aprovechamiento-residuos-cascara-vicia-mediante-cultivo-pleurotus-ostreatus.html</a> Fetched: 8/14/2020 2:13:16 AM	 2
<b>W</b>	URL: <a href="http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/14068/1/236T0481.pdf">http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/14068/1/236T0481.pdf</a> Fetched: 12/2/2020 7:57:53 PM	 1
<b>W</b>	URL: <a href="https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/989/1/TMIPICYTB3A72005.pdf">https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/989/1/TMIPICYTB3A72005.pdf</a> Fetched: 12/2/2019 4:52:12 AM	 5
<b>SA</b>	<b>TESIS PARA URKUND Estefania Calero.docx</b> Document TESIS PARA URKUND Estefania Calero.docx (D40287683)	 1
<b>SA</b>	<b>INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN Pleurotus ostreatus.COTR-2019.docx</b> Document INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN Pleurotus ostreatus.COTR-2019.docx (D61844916)	 1
<b>SA</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO / Trabajo de Titulación Pleurotus.docx</b> Document Trabajo de Titulación Pleurotus.docx (D29559812) Submitted by: luis.santillanquirolga@epoch.edu.ec Receiver: luis.santillanquirolga.epoch@analysis.orkund.com	 3
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.researchgate.net/profile/Yineth_Pineros-Castro/publication/279448880_Aprovechamiento_de_biomasa_lignocelulosica_algunas_experiencias_de_investigacion_en_Colombia/links/5728c00608aef5d48d2c8661/Aprovechamiento-de-biomasa-lignocelulosica-algunas-experiencias-de-investigacion-en-Colombia.pdf">https://www.researchgate.net/profile/Yineth_Pineros-Castro/publication/279448880_Aprovechamiento_de_biomasa_lignocelulosica_algunas_experiencias_de_investigacion_en_Colombia/links/5728c00608aef5d48d2c8661/Aprovechamiento-de-biomasa-lignocelulosica-algunas-experiencias-de-investigacion-en-Colombia.pdf</a> Fetched: 7/30/2020 2:10:29 AM	 1
<b>W</b>	URL: <a href="https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/21390/1079032730.pdf?sequence=3&amp;isAllowed=y">https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/21390/1079032730.pdf?sequence=3&amp;isAllowed=y</a> Fetched: 2/7/2020 6:42:20 PM	 1



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**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:** 28 / 10 / 2021

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> <i>Oscar Rodrigo Coronel Sigcho</i>
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> <i>Ciencias</i>
<b>Carrera:</b> <i>Ingeniería Química</i>
<b>Título a optar:</b> <i>Ingeniero Química</i>
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> <i>Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.</i>

**LUIS  
ALBERTO  
CAMINOS  
VARGAS**

Firmado digitalmente por LUIS  
ALBERTO CAMINOS VARGAS  
Nombre de reconocimiento (DN):  
c=EC, ou=ESPOCH, o=ESPOCH,  
serialNumber=0602766974, cn=LUIS  
ALBERTO CAMINOS VARGAS  
Fecha: 2021.10.28 08:35:54 -0500'



0909-DBRAI-UTP-2021