



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE LA SETA *Pleurotus
ostreatus* SOBRE RESIDUOS DE TOTORA (*Schoenoplectus
californicus*)**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: ISABEL MAGALI LARA MENDOZA

DIRECTOR: Dr. EDGAR IVÁN RAMOS SEVILLA, Ph.D.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Isabel Magali Lara Mendoza

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

Yo, ISABEL MAGALI LARA MENDOZA, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 12 abril 2022.




Isabel Magali Lara Mendoza

060446139-2

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

El tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE LA SETA *Pleurotus ostreatus* SOBRE RESIDUOS DE TOTORA (*Schoenoplectus californicus*)**, realizado por la señorita **ISABEL MAGALI LARA MENDOZA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Juan Carlos Gonzáles García, Ph.D. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2022-04-12
Dr. Edgar Iván Ramos Sevilla, Ph.D DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	 _____	2022-04-12
BQF. Diego Vinueza Tapia, M.Sc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 _____	2022-04-12

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación lo dedico primeramente a Dios por permitirme llegar a esta etapa tan especial en mi vida, por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarte cada día más. A mis padres Omar Lara y Patricia Mendoza por ser mi ejemplo de perseverancia y constancia, a mi hija Mishell por ser mi motivo más grande e importante y a mi familia en general por su apoyo incondicional, por compartir sus palabras de aliento para seguir adelante, a mis amigos por convertirse en mi segunda familia y por último deseo dedicar este momento tan importante e inolvidable; a mí mismo, por no dejarme vencer en ningún momento.

A todos ustedes con mucho amor y cariño.

Isabel

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme permitido llegar hasta este momento, por darme salud para lograr mis objetivos, por su infinita bondad y amor.

A mis abuelitos Luis y Martha, tíos por sus consejos y palabras de aliento que hicieron de mí una mejor persona, por acompañarme en todos mis sueños y metas.

A Ruth y mis hermanos por estar siempre conmigo acompañándome y por el apoyo moral que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A los docentes de la Escuela de Ciencias Químicas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por compartir sus conocimientos a lo largo de mi carrera profesional y por formarme como futura profesional en el área Ambiental con ética y moral.

A la Facultad de Ciencias, Laboratorio de Biotecnología por permitirme hacer uso de las instalaciones, equipos y materiales.

Al Dr. Edgar Iván Ramos por ser una excelente persona y por brindarme todo su apoyo en mi trabajo de investigación.

Finalmente agradezco a todos mis amigos por apoyarme cuando más lo necesitaba, por extender su mano en momentos difíciles y por su amor brindado cada día, de verdad gracias infinitas por toda su ayuda y buena voluntad.

Isabel

TABLA DE CONTENIDO

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

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1. Antecedentes de la investigación.....	4
1.2. Marco conceptual.....	7
1.2.1. Totora (<i>Schoenoplectus californicus</i>).....	7
1.2.1.1. Clasificación taxonómica de la totora.....	7
1.2.1.2. Composición química de la totora.....	7
1.2.2. Hongos.....	7
1.2.3. Hongos Macromycetes.....	8
1.2.4. Ciclo de vida de los hongos Macromycetes.....	8
1.2.5. Clasificación de los hongos Macromycetes.....	8
1.2.5.1. Ascomycetes.....	8
1.2.5.2. Basidiomycetes.....	8
1.2.6. <i>Pleurotus ostreatus</i>.....	9
1.2.6.1. Clasificación y morfología.....	9
1.2.7. Características generales del <i>Pleurotus ostretus</i>.....	9
1.2.8. Requerimientos nutricionales.....	9
1.2.9. Hábitat.....	10
1.2.9.1. Temperatura y humedad.....	10
1.2.9.2. pH y luminosidad.....	10
1.2.9.3. Ventilación o aireación.....	10
1.2.10. Valor nutricional.....	10
1.2.11. Producción de <i>Pleurotus ostreatus</i>.....	11
1.2.11.1. Reproducción del micelio.....	11
1.2.11.2. Preparación del inóculo o semilla.....	11

1.2.11.3. Preparación del sustrato.....	11
1.2.11.4. Inoculación o siembra	12
1.2.11.5. Incubación	13
1.2.11.6. Inducción.	13
1.2.11.7. Fructificación	13
1.2.11.8. Cosecha... ..	14
1.2.12. Aplicaciones desde el punto de vista ambiental de <i>Pleurotus ostreatus</i>	14
1.2.13. Residuos agroindustriales	15
1.2.13.1. Composición química de los residuos agroindustriales	15

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO.....	17
2.1. Zona de estudio	17
2.1.1. Lugar de la investigación.....	17
2.2. Tipo de investigación	17
2.2.1. Hipótesis e identificación de variables.....	17
2.2.1.1. Variable independiente	17
2.2.1.2. Variables dependientes	17
2.2.1.3. Hipótesis alternativa.....	18
2.2.1.4. Hipótesis nula	18
2.2.2. Diseño experimental	18
2.2.2.1. Tipo de diseño.....	18
2.3. Recolección de datos	19
2.3.1. Toma de muestras del residuo de totora, cebada y trigo	19
2.3.2. Preparación y adecuación de las muestras.....	19
2.4. Producción del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	19
2.4.1. Preparación del micelio e inoculación	19
2.4.2. Obtención del inóculo o semilla.....	20
2.4.3. Preparación de sustrato y desarrollo de la fermentación de <i>Pleurotus ostreatus</i>	21
2.4.4. Siembra del hongo en el sustrato	21
2.4.5. Caracterización de los residuos de Totora	22
2.4.6. Caracterización de la biomasa fúngica	22
2.4.7. Cálculo de los parámetros a evaluarse	23
2.4.7.1. Precocidad.....	23
2.4.7.2. Producción.....	23
2.4.7.3. Rendimiento (R).....	23

2.4.7.4. <i>Eficiencia biológica (EB)</i>	23
---	----

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	24
3.1. Caracterización bromatológica de los residuos lignocelulósicos	24
3.2. Análisis de la producción de biomasa.....	24
3.3. Determinación de la eficiencia biológica	25
3.4. Determinación del rendimiento	26
3.5. Precocidad	27
3.6. Análisis bromatológico de la biomasa fúngica	28
3.7. Análisis estadístico	29
3.7.1. <i>Producción</i>	29
3.7.2. <i>Eficiencia biológica</i>	30
3.7.3. <i>Rendimiento</i>	31
3.7.4. <i>Precocidad</i>	32
CONCLUSIONES.....	33
RECOMENDACIONES.....	35
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Composición química de la totora	7
Tabla 1-2:	Diseño experimental.....	19
Tabla 1-3:	Análisis bromatológico de los residuos de totora, cebada y trigo	24
Tabla 2-3:	Producción de la biomasa de Pleurotus ostreatus	25
Tabla 3-3:	Porcentaje de la eficiencia biológica del Pleurotus ostreatus.....	26
Tabla 4-3:	Rendimiento obtenido del Pleurotus ostreatus.....	26
Tabla 5-3:	Tiempo en días de la precocidad obtenida de Pleurotus ostreatus	27
Tabla 6-3:	Resultados del análisis bromatológico de la biomasa fúngica en los residuos de totora, cebada y trigo	28
Tabla 7-3:	Análisis de varianza para la producción obtenida de Pleurotus ostreatus	29
Tabla 8-3:	Prueba de Tukey para la comparación de la producción de Pleurotus ostreatus ..	30
Tabla 9-3:	Análisis de varianza de la eficiencia biológica obtenida de Pleurotus ostreatus ..	30
Tabla 10-3:	Prueba de Tukey para la comparación de la eficiencia biológica de Pleurotus ostreatus	31
Tabla 11-3:	Análisis de varianza del rendimiento obtenido de Pleurotus ostreatus	32
Tabla 12-3:	Prueba de Tukey para la comparación de la eficiencia biológica de Pleurotus ostreatus	32
Tabla 13-3:	Análisis de varianza para el tiempo de precocidad de Pleurotus ostreatus.....	33
Tabla 14-3:	Prueba de Tukey para la comparación de la precocidad de Pleurotus ostreatus...33	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Inoculación del hongo	20
Figura 2-2:	Semillas de trigo.....	20
Figura 3-2:	Mezcla de los residuos lignocelulósicos con el hongo.....	21
Figura 4-2:	Biomasa fúngica.....	22

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Producción de la biomasa de <i>Pleurotus ostreatus</i>	25
Gráfico 2-3:	Comparación de la eficiencia biológica de <i>Pleurotus ostreatus</i>	26
Gráfico 3-3:	Comparación del rendimiento de <i>Pleurotus ostreatus</i>	27
Gráfico 4-3:	Comparación de los tiempos de precocidad de <i>Pleurotus ostreatus</i>	28
Gráfico 5-3:	Diagrama de cajas para la comparación de la producción de <i>Pleurotus ostreatus</i>	30
Gráfico 6-3:	Diagrama de cajas para la comparación de la eficiencia biológica de <i>Pleurotus ostreatus</i>	31
Gráfico 7-3:	Diagrama de cajas para la comparación del rendimiento de <i>Pleurotus ostreatus</i>	32
Gráfico 8-3:	Diagrama de cajas para la comparación del rendimiento de <i>Pleurotus ostreatus</i>	33

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS DE TOTORA, PREPARACIÓN DEL MEDIO E INOCULACIÓN DEL HONGO

ANEXO B: PROCESO DE MASIFICACIÓN DEL HONGO

ANEXO C: PREPARACIÓN DEL SUSTRATO Y RECOLECCIÓN DE LA BIOMASA FÚNGICA

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el crecimiento de la seta *Pleurotus ostreatus* sobre residuos de Totora (*Schoenoplectus californicus*), para lo cual se recolectó residuos de totora, cebada y trigo en la Laguna de San Antonio y en una zona del cantón Chambo. En el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias se realizó el análisis de la composición físico-química de los residuos utilizados, además se determinó el estudio bromatológico de la biomasa fúngica, cuyos parámetros fueron %humedad, %ceniza, %fibra, %grasa, carbono orgánico, nitrógeno y contenido proteico de la producción de biomasa. Se realizó la mezcla de los tres residuos donde se obtuvo un total de tres tratamientos cada uno con cuatro repeticiones. El análisis estadístico se determinó mediante Anova simple y prueba de comparación de Tukey. El tratamiento tres formado por residuos de totora, cebada y trigo fue el que presentó mejor tiempo de precocidad, rendimiento, eficiencia biológica y producción de la biomasa en comparación con los tratamientos uno y dos, que solo contenían residuos de totora y el otro por residuos de totora y cebada. Se determinó que el sustrato formado por totora, cebada y trigo para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* presentó el mejor rendimiento con un valor de 24.80%, una eficiencia biológica de 71.93%, producción de biomasa con 218.73 gramos y un tiempo de precocidad de 26 días, además que los cuerpos fructíferos registraron altos valores de contenido proteico con un 24.84%, por lo tanto, estas setas son consideradas como alimento por su valor nutritivo. Se concluyó que la mezcla de los tres residuos favorece la producción del hongo por lo tanto se recomienda hacer uso de estos residuos para próximas investigaciones.

Palabras clave: <BIOTECNOLOGÍA>, < HONGO (*Pleurotus ostreatus*)>, <EFICIENCIA BIOLÓGICA>, <SUSTRATOS>, <PARÁMETROS>, <PRODUCCIÓN>, <INOCULACIÓN>.



0711-DBRA-UTP-2022

0711-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the growth of the *Pleurotus ostreatus* mushroom on Cattail (*Schoenoplectus californicus*) residues. For this, cattail, barley and wheat residues were collected in San Antonio Lagoon and in an area belonging to Chambo county. The physicochemical composition analysis of the residues used was carried out in the Biotechnology Laboratory, Faculty of Science, as well as the bromatological study of the fungal biomass, whose parameters were moisture, ash, fiber and fat percentage, organic carbon, nitrogen and protein content of the biomass production. Three residues were mixed to obtain a total of three treatments with four replicates each. The statistical analysis was determined by simple Anova and Tukey's comparison test. Treatment three, consisting of cattail, barley and wheat residues, reflected the best precocity time, yield, biological efficiency and biomass production in comparison with treatments one and two, which only contained cattail residues, while the other treatment, contained cattail and barley residues. It was determined that the substrate formed by cattail, barley and wheat for the cultivation of *Pleurotus ostreatus* presented the best yield with a value of 24.80%, a biological efficiency of 71.93%, a biomass production of 218.73 grams and a precocity time of 26 days; in addition, the fruiting bodies registered high values of protein content with 24.84%. Therefore, these mushrooms are considered as food due to their nutritional value. It was concluded that the mixture of the three residues contributes in the production of the mushroom. Thus, it is recommended to use these residues in future research.

Keywords: <BIOTECHNOLOGY>, <MUSHROOM (*Pleurotus ostreatus*)>, <BIOLOGICAL EFFICIENCY>, <SUSTRATA>, <PARAMETERS>, <PRODUCTION>, <INOCULATION>.



Lic. Paul Rolando Armas Pesántez Mg.

0603289877

INTRODUCCIÓN

Identificación del problema

Ecuador posee diferentes recursos y fibras naturales, por lo cual en diversos sistemas lacustres del país se ha desarrollado la fibra de totora, la misma que presenta un rol importante en la parte socioeconómica desde hace varios años, es decir, se ha convertido en un recurso utilizado artesanalmente para la fabricación de esteras, canastos, balsas, entre otras artesanías (Villagrán, 2015, p. 13).

El uso de esta planta acuática la convierte en un legado histórico hasta la actualidad debido a sus diseños figurados en diferentes artesanías, también se le da uso como alimento, medicina, abono y forraje, entre otros (Villagrán, 2015, p. 13).

La totora es una buena alternativa para los peces debido a que se ocultan y depositan sus huevos sobre ella, también purifica el agua contaminada y ayuda a la protección de la erosión al suelo en las orillas de los sistemas lacustres, otro uso de la totora es que las aves realizan sus nidos sobre ella, esto como medio protección (Villagrán, 2015, p. 13).

En la actualidad se conoce que los hábitos de crecimiento de la totora (*Schoenoplectus californicus*) la convierten en una planta o plaga acuática que se cultiva en promedio de 47 toneladas por hectárea en un año dependiendo de los nutrientes del sustrato en donde se desarrolla, es por eso que es casi imposible de controlar debido a que produce una excesiva descomposición de su materia orgánica causando eutrofización (Liñan, 2017, p. 17).

La totora acelera el proceso de enriquecimiento de nutrientes en lagos, lagunas y estanques y disminuye su espejo de agua; los procesos de restauración ecológica de estos sistemas con llevan el dragado y desbroce de las plantas macrófitas, es decir, la totora genera grandes volúmenes de residuos orgánicos que por sus características físico-químicas tienen una lenta degradación, muchas veces puede tardar años en descomponerse generando un foco de proliferación microbiana en fuentes hídricas principalmente en lagos y lagunas.

El mal uso y manejo de la totora se caracteriza principalmente por una falta de planificación, por su uso intensivo, poca valoración ecológica y económica, el desconocimiento de las funciones ambientales que desempeñan los cultivos de totora causando un peligro para el ambiente con la pérdida de especies existentes en fuentes hídricas que poseen esta planta.

JUSTIFICACIÓN

Una de las alternativas del uso de estos residuos de totora con características lignocelulosas se basa en el desarrollo sostenible por su papel como sustrato para la producción de hongos comestibles; además que este residuo se lo cosecha sin ningún problema por su fácil acceso.

La producción de hongo *Pleurotus ostreatus* representa un enorme potencial biotecnológico en el aprovechamiento de los residuos orgánicos, por esta razón se recomienda la producción de este hongo mediante residuos de totora como sustrato principal para evitar la contaminación ambiental que causa el crecimiento descontrolado de esta plaga (Maccapa, 2021, p. 45).

Mediante el desarrollo del cultivo del *Pleurotus ostreatus* permite contribuir en la preservación de los ecosistemas mediante la disminución del daño ecológico generado por métodos inadecuados del cultivo de totora, es decir, la producción de hongo *Pleurotus ostreatus* es una solución innovadora que promueve la protección y el manejo sustentable de los Sistemas Lacustres, así mismo satisface las necesidades de la población y brinda beneficios económicos, sociales y alimenticios (Cueva, 2018, p. 23).

Pleurotus ostreatus presenta una gran facilidad de ser cultivado en una variedad de residuos provenientes de la agroindustria del café, quinua, ají, cacao, aserrín, trigo, entre otros, con tiempos de crecimiento que oscilan de 40 a 60 días.

En la región sierra del Ecuador es donde se encuentra la mayor propagación de cultivos de Totora (*Schoenoplectus californicus*) principalmente en sistemas lénticos como lagos, lagunas, estanques; por eso es necesario evaluar el crecimiento de la seta *Pleurotus ostreatus* sobre residuos de Totora (*Schoenoplectus californicus*) para determinar su productividad como sustrato en el desarrollo del hongo comestible (Pérez, 2018, p. 34).

OBJETIVOS

General

- Evaluar el crecimiento de la seta *Pleurotus ostreatus* sobre residuos de Totorá (*Schoenoplectus californicus*).

Específicos

- Analizar la composición físico-química del residuo de Totorá (*Schoenoplectus californicus*).
- Determinar la precocidad, rendimiento y eficiencia biológica de crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en residuos de Totorá (*Schoenoplectus californicus*) mediante la fermentación en estado sólido.
- Realizar el análisis bromatológico de la biomasa fúngica en residuos de Totorá (*Schoenoplectus californicus*).

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la investigación

El proceso de cultivo de la totora se realiza de dos maneras que son: técnica de orilla y técnica de fondo, en la primera se planta la totora a 1m de profundidad bajo el nivel del agua y a 20 – 30 cm de profundidad de la tierra, esta técnica se realiza en época de invierno. La segunda técnica se la realiza a mayor profundidad de 1 a 2 metros bajo agua, esta es una técnica más complicada y por lo tanto se obtiene menor cantidad de totora (Vargas, 2016, p. 45).

El corte se realiza a 10 cm como mínimo sobre el nivel del agua para que la totora siga creciendo; para el secado se deja escurrir un poco al agua, se estiran y se ubican en montos al aire libre durante 8 a 10 días, una vez seca la totora adquiere un color amarillo, es decir, pierde su pigmentación, finalmente se aglomera en forma de cilindro hasta su uso (Vargas, 2016, p. 45).

La explotación de la totora se está convirtiendo en una gran fuente de ingresos para la mayoría de la población que la cultivan, ya que elaboran una variedad de artículos para comercializarlos en diferentes zonas (Vargas, 2016, p. 45).

El uso de la totora dentro de Latinoamérica está enfocado en su mayoría a los usos tradicionales, los cuales se conservan hasta la actualidad, ya que se puede evidenciar en la elaboración de esteras, artesanías, ornamentos, utensilios, etc., debido a sus técnicas de aplicación y aprovechamiento de su textura (Sánchez, 2020, p. 43).

En Ecuador se produce objetos derivados de totora como el papel de totora, que es el producto del reciclaje de los desperdicios de la construcción de muebles, además la totora se utiliza en la fabricación de esteras que presentan una capacidad aislante, acústica y térmica muy altas (Sánchez, 2020, p. 43) .

La fibra de totora puede ser utilizada como divisor de ambientes cumpliendo una doble función como en estéticos mediante una gama de colores y tejidos, así como también, aislantes puesto que aportan al acondicionamiento acústico y térmico de espacios interiores (Sánchez, 2020, p. 43).

Para la producción de *Pleurotus ostreatus* se emplea una gran diversidad de residuos lignocelulósicos, entre los cuales están: residuos del cultivo de avena, algodón, trigo, cortezas, hojas de maíz, desperdicios del cultivo de café, maní, harina de soya, semillas de girasol, yuca, residuos de papel, hojas de plátano, fibra del coco, bagazo de caña, paja de arroz, entre otros (Cáceres, 2017, p. 34).

El plátano posee altos porcentajes de compuestos lignocelulósicos tanto en tallos como hojas, además el fruto contiene alta concentración de micronutrientes, es por eso que este residuo es

eficaz para la producción de diversos hongos, ya que descompone la lignina y posteriormente la sintetiza en metabolitos de uso para la industria farmacéutica o alimentaria (Cueva, 2018, p. 23).

El uso del residuo de cacao posee ciertas limitantes debido a la propagación de patógenos que dañan el cultivo, pero a pesar de esto, en la actualidad hay diferentes estudios que demuestran el uso de la cáscara de cacao como un alimento para animales como es el caso del ganado, producción de sales de potasio y como sustrato para el crecimiento de hongos comestibles (Cueva, 2018, p. 23).

El cultivo del maíz causa una elevada cantidad de biomasa cerca del 50%, la misma que se utiliza para consumo humano y el otro 50% lo compone las diversas partes de la planta (caña, hoja, limbos y tuzas. La cantidad de residuo que contienen las partes de la planta depende en su mayoría de la variedad del cultivo, además de los niveles de fertilización utilizados y de la metodología de implementación en el cultivo (Cueva, 2018, p. 23).

La avena es un importante cultivo que se utiliza para pastura y heno debido a su crecimiento vigoroso. Las distintas variedades de hábito erguido generan más forraje que las de hábito postrado, es decir, las de hábito erguido son menos resistentes a las bajas temperaturas que las otras, es por eso que las convierte en menos deseables en épocas de otoño e invierno (Maccapa, 2021, p. 45).

La quinua es una planta herbácea, se desarrolla en condiciones ambientales extremas, no requiere de cuidados mayores, esta planta era utilizada en la agricultura para proteger a otras siembras susceptible como: maíz, la papa, etc. (Holgado, 2018, p. 54).

El cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* ha aumentado a nivel mundial, debido a su forma de adaptarse y de producirse, también por su composición nutricional y capacidad de utilizar residuos lignocelulósicos generados de actividades agroindustriales (Carvajal, 2010, p. 56).

El cultivo de este hongo que se usa como alimento se caracteriza principalmente por presentar un crecimiento rápido en diferentes tipos de sustratos utilizados como materia prima, entre estos están residuos de aserrín, hojas de pino, plátano, cacao, rastrojos de maíz, quinua, heno de totora, avena, entre otros (Carvajal, 2010, p. 56).

La producción de *Pleurotus ostreatus* se logra a través del proceso de fermentación sólida que es una técnica muy utilizada hasta el momento, por su fácil implementación, manejo de residuos porque ofrece una inversión económica mínima en procesos biotecnológicos (Cueva, 2018, p. 23).

Toledo, (2008) en su trabajo de la utilización de residuos de maíz y quinua como sustratos para el cultivo de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*, concluye que el tratamiento con una proporción de 70:30 de maíz-quinua, ha obtenido el mejor rendimiento con un valor de 51,52% y una eficiencia biológica de 96.67%; mientras que los tratamientos de quinua y maíz al 100% dieron los más altos porcentaje de proteína con valores de 32.12% en quinua y 33.69% en maíz, respectivamente.

Díaz, (2014) evaluó la cantidad producida de *Pleurotus ostreatus* mediante el uso de fibra de palma de aceite como materia prima en diferentes concentraciones. Los resultados demostraron que no hay diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a su tamaño y cantidad de carpóforos; en los tratamientos se obtuvieron eficiencias biológicas de 29%. Uno de los tratamientos presentó un rendimiento del 15.8% en comparación con otro que tuvo un valor de 13.12%. Mediante el análisis químico de los sustratos se obtuvo que el tratamiento que presentó mayor rendimiento es apto para la alimentación de ganado, en conclusión, en este estudio demostraron que la fibra de palma de aceite influye en el crecimiento de *Pleurotus ostreatus*, comprobando su fácil adaptación a residuos agroindustriales.

Cáceres, (2017) concluye en su trabajo titulado como Cultivo de Champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*) sobre residuos de quinua y cebada, y efecto del almacenamiento a bajas temperaturas con solución conservante, que el sustrato conformado por 70% cebada más 30% quinua obtuvo mayor rendimiento con un valor de 53.13%, además este sustrato presentó 61% celulosa, 16.91% hemicelulosa, 37.80% lignina y 0.73 nitrógeno, en cuanto para la conservación de champiñón ostra se utilizaron las mejores condiciones de temperatura que fueron: 2.5% de cloruro de calcio y 4°C.

Cueva, (2008) en su estudio sobre el aprovechamiento de residuos de plátano, cacao y maíz como sustratos para la producción de "*Pleurotus ostreatus*", en el sector La Magdalena, provincia de Orellana, determinó que la cáscara de cacao es el mejor sustrato para el cultivo de "*Pleurotus ostreatus*", con una producción media de 262.49 g, un rendimiento de 23.86%, una eficiencia biológica de 90.24% y un tiempo de precocidad de 19 días, además los cuerpos fructíferos de "*Pleurotus ostreatus*" analizados registraron porcentajes adecuados de proteína (25.4%) ideal para consumo por su importante composición nutricional. Por último, se determinó que los residuos de maíz, cacao, plátano y mixto (cacao + maíz + plátano) presentaron porcentajes de rendimiento y eficiencia biológica con un valor de 10% y 50% respectivamente, por lo tanto, estos residuos pueden ser usados en la producción de hongos comestibles "*Pleurotus ostreatus*".

Las investigaciones ya mencionadas justifican la ejecución del presente trabajo de investigación debido a que los resultados obtenidos en estudios anteriores demuestran que es factible producir el hongo *Pleurotus ostreatus* sobre residuos lignocelulósicos, convirtiéndose en una alternativa sustentable por el uso de residuos producidos en la agroindustria disminuyendo la contaminación ambiental.

1.2. Marco conceptual

1.2.1. Totora (*Schoenoplectus californicus*)

La totora es una planta acuática macrófita que habita en aguas poco profundas, carece de hojas y sus tallos miden entre 2 a 3 metros de altura. En la actualidad la totora es una planta poco aprovechada debido a que la mayoría de la población opta por quemarla causando contaminación, extinción de fauna silvestre y de algunas especies de plantas (Maccapa, 2021, p. 46).

1.2.1.1. Clasificación taxonómica de la totora

FAMILIA: Cyperaceae

GÉNERO: *Schoenoplectus*

ESPECIE: *californicus*

NOMBRE COMÚN: Totora

1.2.1.2. Composición química de la totora

Tabla 1-1. Composición química de la totora

Composición	Tierna	Madura
Humedad	82.8%	78.7
	100% de materia seca	
Grasa bruta	1.50	1.80
Fibra detergente neutra	70.2	70.7
Fibra detergente ácido	44.9	51.7
Proteína cruda	10.50	6.5
Ceniza total	7.2	9.1
Carbohidratos no fibrosos	10.6	11.9

Fuente: (Maccapa, 2021, p. 46).

1.2.2. Hongos

Son organismos heterótrofos por la falta de clorofila y pigmentos en su composición, es por eso que se relacionan con otros seres vivos para poder sobrevivir, por medio de nutrientes orgánicos. Los hongos pueden ser unicelulares o filamentosos con células microscópicas en forma alargada y cilíndrica conocidas como hifas, las cuales crecen y forman el micelio del hongo; este micelio en la etapa de desarrollo vegetativo produce enzimas para degradar celulosa y lignina presente en el sustrato (Díaz, 2014, p. 67).

Los hongos se clasifican en macroscópicos y microscópicos, en el primer grupo el micelio forma una masa algodonosa de color blanco, que forma el cuerpo de reproducción, los mismo se subdividen en Ascomycetes y Basidiomycetes. A los hongos macroscópicos llamados también como Macromycetes que crecen en diferentes climas, con rangos de temperatura de 4 a 60°C y en variados residuos (Cáceres, 2017, p. 34).

1.2.3. Hongos Macromycetes

En su estructura presentan hifas alargadas y ramificadas, además se desarrollan en materia en descomposición mediante simbiosis con la vegetación para forman ectomicorrizas, estos hongos pueden ser comestibles o venenosos y para su crecimiento requieren humedad y poca luz (Holgado, 2018, p. 54).

1.2.4. Ciclo de vida de los hongos Macromycetes

La reproducción es por esporas, las mismas que son expuestas al exterior como medio de protección; las esporas son llevadas por el viento y el agua hasta acumularse en lugares aptos, las mismas germinan formando hifas. La ramificación y crecimiento de las hifas forman los micelios, que constituyen una parte estructural vegetativa del hongo (Carvajal, 2010, p. 56).

1.2.5. Clasificación de los hongos Macromycetes

1.2.5.1. Ascomycetes

Se encuentran en el suelo, agua, saprobios de animales y plantas; a este grupo forman parte los hongos de tipo microscópicos y macroscópicos. Pueden ser organismos unicelulares y su principal característica es que generan bolsas llamadas ascos mediante reproducción sexual (Cueva, 2018, p. 23).

1.2.5.2. Basidiomycetes

Las esporas que generan estos organismos son conocidas como basidios; estos hongos tienen la función de descomponer la madera, papel y otros residuos de origen natural ya que generan celulosa o enzimas que catabolizan la lignina como fuente de carbono y energía (Carvajal, 2010, p. 56).

1.2.6. *Pleurotus ostreatus*

Pleurotus ostreatus es un hongo saprofítico, descomponedor del grupo de la podredumbre blanca que crece de forma natural en árboles como aliso, balsa y arce, principalmente en los valles de los ríos. La palabra *Pleurotus* viene del griego “pleuro”, que representa la posición lateral con respecto al píleo. La palabra *ostreatus* en latín significa forma de ostra y se refiere a la apariencia o color del cuerpo fructífero (Pérez, 2018, p. 34).

1.2.6.1. Clasificación y morfología

Pleurotus ostreatus se encuentra clasificado taxonómicamente de la siguiente manera:

REINO: Fungi

SUBREINO: Fungi Superior

DIVISIÓN: Basidiomycota

SUBDIVISIÓN: Basidiomycotina

CLASE: Himenomycetes

ORDEN: Agaricales

FAMILIA: Tricholomataceae

GÉNERO: *Pleurotus*

ESPECIE: *ostreatus*

1.2.7. Características generales del *Pleurotus ostreatus*

El hongo *Pleurotus ostreatus* cambia de color desde su desarrollo inicial hasta su madurez, desde tonalidades blancas hasta el gris pardo-azulado, llegando a una presentación final de color amarillo oscuro. El carpóforo mide de 5 a 15 centímetros de diámetro, aunque pueden producirse ejemplares de mayor diámetro dependiendo de la edad del hongo. Este hongo crece en un ambiente natural, sobre árboles, arbustos y otras plantas leñosas, alimentándose de la madera y así destruyéndola (Díaz, 2014, p. 67).

1.2.8. Requerimientos nutricionales

El carbono, principalmente es la fuente directa de energía para su metabolismo, de la misma manera es ideal para la formación de las estructuras celulares del hongo, para la vida de la célula, es por eso que el carbono se lo necesita en mayores cantidades para ser utilizado por el hongo como fuente de polímeros, carbohidratos, lípidos, etc. (Ramos, 2018, p. 66).

1.2.9. Hábitat

Un factor importante para asegurar el crecimiento y desarrollo de los hongos es la provisión de un medio ambiente adecuado para su crecimiento, tanto vegetativo como reproductivo. Al no tener una capa protectora, los hongos son fácilmente afectados por las condiciones de crecimiento. Entre los principales factores ambientales que afectan el cultivo incluyen la temperatura, humedad, pH, luminosidad, oxígeno y ventilación, es por eso que para asegurar el crecimiento y desarrollo de los hongos es necesario considerar rangos óptimos (Cáceres, 2017, p. 34).

1.2.9.1. Temperatura y humedad

Microorganismos que requieren de una temperatura óptima de crecimiento entre 20 y 30 °C. La humedad adecuada para su desarrollo se encuentra entre 30 y 80% (Ramos, 2018, p. 66).

1.2.9.2. pH y luminosidad

Los hongos optan por un medio ácido para su crecimiento, en un rango de pH de 4 a 7, siendo el pH óptimo entre 5.5 y 6; en cuanto al parámetro de luminosidad en la etapa de colonización del sustrato debe ser bajo completa oscuridad, sin embargo, durante la fructificación es necesario alternar los períodos de luz y oscuridad (Ramos, 2018, p. 66).

1.2.9.3. Ventilación o aireación

Estos microorganismos al ser aerobios, requieren de aire fresco durante su crecimiento, pero necesitan más ventilación durante la etapa de fructificación (Ramos, 2018, p. 66).

1.2.10. Valor nutricional

Antes del cultivo el contenido nutricional de *Pleurotus ostreatus* presenta un alto valor nutritivo ya que posee minerales, vitaminas y proteínas, es por eso que se lo conoce como "bistec vegetal" por su alto contenido proteínico, es decir, su proteína es asimilable para consumo humano, además presenta buenas características organolépticas (Maccapa, 2021, p. 46).

El hongo presenta un valor bajo de grasa, sodio y alto contenido de potasio, esto hace que tenga una gran importancia en padecimientos cardiovasculares y estados de hipertensión. *Pleurotus ostreatus* presenta una fuente rica de vitamina C y D, ergosterol y minerales como fosforo, magnesio, calcio, hierro, magnesio, zinc, cobre, entre otros en diversas etapas de su desarrollo (Cáceres, 2017, p. 34).

1.2.11. Producción de *Pleurotus ostreatus*

La producción de *Pleurotus ostreatus* incluye diferentes etapas, las mismas que requieren de diversas condiciones ambientales, así como características físico-químicas de los sustratos utilizados.

1.2.11.1. Reproducción del micelio

Esta etapa consiste en la siembra y propagación del micelio del hongo a partir de una cepa original en óptimas condiciones de asepsia. La siembra se la realiza en placa Petri, con medios nutritivos como agar malta, agar papa dextrosa, agar de Sabouraud, entre otros., y se procede a incubar de 25 a 28°C en oscuridad (Cárdenas, 2015, pp. 68-69).

1.2.11.2. Preparación del inóculo o semilla

El inóculo o "semilla" representa un sustrato intermedio que contiene micelios del hongo, con características óptimas para su reproducción. Como sustratos intermedios están: sorgo, trigo o aserrín, dependiendo del tipo de hongo (Zarate, 2015, p. 29).

El sustrato intermedio se limpia, se rehidrata en agua pura limpia durante 24 horas, luego se elimina el exceso de agua hasta alcanzar una humedad de 40 – 50%, se procede a preparar porciones de 200 gramos aproximadamente, luego se coloca en bolsas de polipropileno (Cárdenas, 2015, pp. 68-69).

Posteriormente, se realiza el proceso de esterilización a 121°C durante 30 minutos, se deja enfriar para poder inocularlo en condiciones estériles, se coloca un micelio proveniente de 1 cm² del hongo, que fue cultivado previamente en placa Petri. Una vez realiza la inoculación, se incuba durante 10-15 días a 28°C en oscuridad (Cárdenas, 2015, pp. 68-69).

1.2.11.3. Preparación del sustrato

Para la preparación del sustrato se toma en cuenta las propiedades físico-químicas del mismo, además el aporte de nutrientes que determinan el crecimiento del hongo. La forma de preparación

del sustrato va a depender principalmente de su estructura y composición química, por lo que la mayoría comprende la fermentación (en el caso de la pulpa de café o bagazo de caña), el picado (en el caso de pajas), el secado y la facturación o quiebra (en el caso de la cáscara de cacao o el trigo), la hidratación y escurrimiento, la pasteurización y, finalmente, el enfriamiento si se trata de una mezcla, el mezclado de los sustratos servirá como soporte para el crecimiento y fructificación del hongo (Carvajal, 2010, p. 56).

Se recomienda únicamente fermentar aquellos sustratos con alto contenido de azúcares solubles, para evitar el crecimiento rápido de mohos, levaduras y bacterias que pueden llegar a causar fuertes problemas de contaminación en la producción del hongo (Cárdenas, 2015, pp. 68-69).

Los sustratos usados para el cultivo de *Pleurotus* (cacao, pajas, fibra de algodón, rastrojos, trigo, etc.) presentan la ventaja de separarse fácilmente de la celulosa y la lignina, sin la necesidad de fermentarlos (Zarate, 2015, p. 29).

El proceso de preparación del sustrato consiste en humectarlos para brindar condiciones de humedad que favorezcan el desarrollo de las setas y desinfectarlos con el objetivo de eliminar macro y microorganismos que puedan competir con el crecimiento del hongo (Ardón, 2007, p. 90).

La hidratación se lleva a cabo con sustratos secos, en el caso de que los sustratos presenten segmentos muy grandes o largos, se recomienda reducir su tamaño a segmentos de aproximadamente tres a cinco centímetros lo que va a permitir una mejor retención de humedad; para la desinfección del sustrato se sumerge el sustrato en agua caliente a 85°C durante 40 minutos o también puede ser con vapor de agua a una temperatura entre 70 a 80 °C por dos o cuatro horas, otra forma de desinfección es la inmersión alcalina que consiste en sumergir el sustrato de 12 a 48 horas en agua con cal hidratada y la esterilización que se lleva a cabo en autoclave con vapor a 121°C durante una hora o dos según el tamaño del contenedor (Zarate, 2015, p. 29).

1.2.11.4. Inoculación o siembra

Esta etapa consiste en agregar la semilla del hongo al sustrato previamente preparado y estéril, para la siembra se recomienda el uso de semillas en una proporción de 2 a 5 % por cada 100 kg de sustrato húmedo, este valor es conocido como tasa de inoculación, que consiste en la cantidad de semilla que se usa en función de la cantidad de sustrato (Zarate, 2015, p. 29). En la mayoría se debe utilizar mayor cantidad de sustrato ya que mientras más baja sea la tasa de inoculación, menor será el costo de compra del inóculo, pero así mismo será mayor el tiempo requerido para que el hongo colonice el sustrato y esto podría causar un riesgo de contaminación (Cruz, 2010).

1.2.11.5. *Incubación*

En esta etapa se da la colonización del sustrato con los micelios del hongo, tomando en cuenta las condiciones de temperatura, luminosidad, ventilación y humedad óptimas, para poder obtener la mayor tasa de crecimiento o producción posible del hongo (Zarate, 2015, p. 29).

El tiempo requerido para la incubación se basa en varios factores como el tipo de sustrato, la cantidad de semilla y la temperatura (Zarate, 2015, p. 29). De la misma manera estos factores influyen en el desarrollo del micelio, adaptación de la cepa y cantidad de inóculo. Para esta etapa se recomienda utilizar un lugar cerrado, es decir, donde la luz sea mínima o de preferencia en completa oscuridad, además se debe colocar los sustratos en anaqueles y en lo posible se debe mantener una temperatura de 28 °C durante 15-21 días (Ardón, 2007, p. 90).

La temperatura necesaria en esta etapa es de 25 a 30 °C con una humedad entre 60 a 70 %. (Cruz, 2010). Es muy importante que la luminosidad sea escasa o nula ya que propicia que el hongo inicie el consumo de nutrientes y la degradación de la materia muerta.

El crecimiento durante las primeras 24 horas es lento porque el hongo *P. ostreatus* primero se va a adaptar a su nuevo medio de crecimiento con una temperatura de 18 a 22 °C y una ventilación adecuada (Carvajal, 2010, p. 56).

1.2.11.6. *Inducción*

Las bolsas que han culminado su periodo de incubación y que se encuentran totalmente colonizadas por el hongo *P. ostreatus* se trasladan al lugar de fructificación, el cual debe cumplir con los factores ambientales de temperatura entre 18 a 23 °C; humedad del aire de 80 al 95 % y se proporciona iluminación por 8 a 12 horas, esto para que la luz permita el brote de cuerpos fructíferos y puedan alcanzar su madurez (Carvajal, 2010, p. 56). En cambio, para la formación de los primordios se necesita una temperatura entre 18 a 26 °C, una humedad relativa de 85 al 95 % y ventilación constante para que la circulación de aire fresco favorezca la disminución de temperatura y de concentración de CO₂ ambiental (Ardón, 2007, p. 90).

1.2.11.7. *Fructificación*

Es la etapa productiva, debido a que los riegos son menos complejos y se puede lograr buenas cosechas manteniendo las condiciones ambientales de temperatura y humedad. Luego de varios días de pasar la etapa de fructificación empieza a aparecer los primeros primordios o cuerpos fructíferos, después de seis a ocho días, estos primordios se han desarrollado bien, por lo que llegan a cubrir totalmente la superficie de cada bolsa y están listos para ser cosechados alcanzando así su madurez comercial con un diámetro de 6 a 8 centímetros (Zarate, 2015, p. 29).

Para el desarrollo de cuerpos fructíferos del hongo *P. ostreatus*, se debe tener una humedad relativa entre 85 a 90 %, una temperatura entre 10 a 21 °C y luminosidad de 1000 a 1500 lux durante 8 a 12 horas diarias. (Cruz, 2010).

1.2.11.8. Cosecha

La cosecha es la etapa donde se realiza la recolección de los cuerpos fructíferos de forma manual usando una cuchilla estéril para evitar contaminaciones posteriores en los puntos del sustrato donde creció el hongo, la cosecha se divide en tres periodos, el primero se recoge el 50 % de la producción, el segundo el 30 % y el tercer periodo solamente el 20 % de la producción. En el cultivo de hongos no se recoge más de tres cosechas ya que la productividad es muy baja y el riesgo de contaminación es más frecuente (Zarate, 2015, p. 29).

1.2.12. Aplicaciones desde el punto de vista ambiental de Pleurotus ostreatus

Este hongo como biorremediador es muy efectivo debido a que produce una enzima extracelular denominada lacasa, esta cataliza una reacción que produce lignina por medio de peróxido de hidrogeno. Además, este hongo tiene un alto potencial en la descomposición de contaminantes en suelos estériles y no estériles, es por eso que se consideran como biorremediadores de suelos contaminados (Coello, 2011, p. 90).

Pleurotus ostreatus presenta muchas ventajas que facilitan su estudio en el proceso de biorremediación porque se encuentran en ambientes acuáticos y terrestres, también por la facilidad de simbiosis con bacterias por medio de sus hifas que le permiten penetrar los suelos contaminados produciendo enzimas extracelulares para la eliminación de contaminantes (Coello, 2011, p. 90).

También degradan compuestos orgánicos, disminuyen la acumulación de metales pesados como Cu, Hg, Pb, Cd y Zn; por medio de su enzima lacasa remueve compuestos xenobióticos de residuos acuosos, detoxifica compuestos fenólicos en vinos y obtiene hidrolizados de lignocelulosa antes de la fermentación alcohólica, además participa en la biorremediación de efluentes de pulpa de papel, textiles o de otras actividades que contienen cloroligninas (Coello, 2011, p. 90).

Los residuos de totora se utilizan como un material aislante térmico por sus propiedades, además como fitorremediador de agua contaminadas con arsénicos en pozos y en aguas servidas por su actividad fotosintética de sumergirse en aguas turbias.

1.2.13. Residuos agroindustriales

Residuo agroindustrial es un subproducto que se genera luego de su producción o manipulación a nivel agroindustrial y que no presenta valor para quien lo posee, es por eso que la mayoría lo desecha inadecuadamente causando contaminación en el ambiente (Cueva, 2018).

1.2.13.1. Composición química de los residuos agroindustriales

Estos residuos están constituidos de componentes ligninocelulolíticos y que en su estructura presenta celulosa y hemicelulosa, mismas que son unidas por lignina que es un polímero aromático altamente oxigenado y sobre esta se acumula una mezcla de compuestos de bajo peso molecular denominados extractivos (Díaz, 2014, p. 67).

1.2.13.1.1. Celulosa

Es el compuesto más simple que se encuentra en las plantas, además es el polímero más abundante en la biosfera formado por residuos de D-glucosa unidos por enlaces beta 1,4 con estructuras de microfibrillas. La celulosa ofrece estructura y soporte a la planta, además forma un cristal insoluble en agua y resistente a la hidrólisis (Díaz, 2014, p. 67).

1.2.13.1.2. Hemicelulosa

La hemicelulosa está compuesta por cadenas cortas en forma de polímeros heterogéneos con hexosas (azúcares de 6 carbonos) y pentosas (azúcares de 5 carbonos), estos azúcares se asocian con ácidos urónicos formando diferentes estructuras poliméricas se relacionan con la celulosa y la lignina (Díaz, 2014, p. 67).

1.2.13.1.3. Lignina

Es un polímero muy complejo que es insoluble y posee alto peso molecular, la lignina está formada por unidades de fenilpropano cuyos enlaces son relativamente fáciles de hidrolizar por vía química o enzimática (Díaz, 2014, p. 67).

La lignina es un polímero encargado de la rigidez, resistencia al estrés y a ataques microbianos de las diversas plantas; esta se encuentra químicamente unida a la hemicelulosa, rodeando las fibras compuestas por celulosa (Díaz, 2014, p. 67).

1.2.13.1.4. Extractivos

Se encuentran presentes en las diferentes fibras vegetales, pero no se consideran carbohidratos, tales como ácidos grasos, terpenos, fenoles y resinas que son solubles en agua o disolventes orgánicos polares como metanol, etanol o acetona que pueden llegar a ser usados por los hongos comestibles (Díaz, 2014, p. 67).

En el presente trabajo de investigación se utilizan los residuos de totora, cebada y trigo que representan al grupo de los residuos lignocelulósicos generados de la actividad agroindustrial y estos presentan un alto potencial para ser aprovechados en diferentes procesos que incluyen elaboración de nuevos productos, agregación de valor a productos originales y recuperación de condiciones ambientales alteradas.

Actualmente, se conoce que la producción de totora es aproximadamente 47 toneladas por hectárea en un año dependiendo de los nutrientes y condiciones ambientales e donde se desarrolla, razón por la cual es casi imposible de controlar su crecimiento por su excesiva descomposición de su materia orgánica causando eutrofización (Liñan, 2017, p. 17).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Zona de estudio

La población de estudio del presente trabajo corresponde a los diferentes sustratos (totora, trigo y cebada), recolectados en la Laguna de San Antonio y en el cantón Chambo, respectivamente, que serán utilizados en la producción de la seta *Pleurotus ostreatus*.

2.1.1. Lugar de la investigación

La presente investigación se realizó en dos etapas, la primera tuvo lugar en el Laboratorio de Biotecnología de la ESPOCH que consistió en la preparación del micelio y de la semilla, mientras que la etapa de desarrollo y fructificación se ejecutó en una comunidad de Chambo, de la provincia de Chimborazo, con una ubicación da 2780 m s. n. m, humedad el 85% y temperatura promedio de 14°C.

2.2. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es técnico – experimental debido a que permitirá conocer las metodologías necesarias para el óptimo crecimiento de la seta *Pleurotus ostreatus* desde el momento de su inoculación en el sustrato hasta su cosecha, mediante la combinación de varios sustratos (totora, trigo y cebada) para conocer en cual sustrato la seta presenta mayor producción.

2.2.1. Hipótesis e identificación de variables

2.2.1.1. Variable independiente

- Sustratos (Totora, trigo y cebada)

2.2.1.2. Variables dependientes

- Precocidad
- Eficiencia biológica
- Rendimiento

2.2.1.3. *Hipótesis alternativa*

El uso de residuos de totora, cebada y trigo, como sustratos para la producción de la seta *Pleurotus ostreatus* constituyen un sustrato óptimo que permite obtener eficiencias biológicas altas.

2.2.1.4. *Hipótesis nula*

El uso de residuos de totora, cebada y trigo, como sustratos para la producción de la seta *Pleurotus ostreatus* no constituyen un sustrato óptimo que permite obtener eficiencias biológicas altas.

2.2.2. *Diseño experimental*

El presente estudio consta de un diseño completamente al azar conformado de 3 tratamientos (T) diferentes, cada uno con 4 repeticiones (R) sometidos a las mismas condiciones de temperatura, humedad, pero con diferente cantidad de sustrato, dando así un total de 12 unidades experimentales.

El análisis estadístico consiste en un ANOVA para obtener diferencias significativas, mientras que la prueba de Tukey demuestra la separación de medias.

2.2.2.1. *Tipo de diseño*

El diseño empleado es de tipo DCA (Diseño completamente al azar), mediante la comparación de las diferentes variables de estudio como: precocidad, eficiencia biológica, rendimiento y producción.

Tratamiento (T): Sustratos

T1 = Totora 100%

T2 = Totora 80% - Cebada 20%

T3 = Totora 40% - Cebada 30% - Trigo 30%

Repeticiones (R)

R1 = Repetición 1

R2 = Repetición 2

R3 = Repetición 3

R4 = Repetición 4

Tabla 1-2. Diseño experimental

Tratamiento	R1	R2	R3	R4
1	T1R1	T1R2	T1R3	T1R4
2	T2R1	T2R2	T2R3	T2R4
3	T3R1	T3R2	T3R3	T3R4

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

2.3. Recolección de datos

2.3.1. Toma de muestras del residuo de totora, cebada y trigo

El muestreo de residuos de totora se realizó en la Laguna San Antonio, ubicada vía a Guano, mientras que los residuos de cebada y trigo se recolectaron de una zona rural del cantón Chambo, ambos lugares pertenecientes a la provincia de Chimborazo.

Las muestras se tomaron en el mes de noviembre 2021, mediante el muestreo aleatorio simple, las mismas que posteriormente fueron trasladadas a Laboratorio para su estudio.

2.3.2. Preparación y adecuación de las muestras

Los residuos de totora, cebada y trigo, recolectados fueron secados mediante luz solar directa por un período de 10 días.

2.4. Producción del hongo *Pleutorus ostreatus*

2.4.1. Preparación del micelio e inoculación

Para este proceso se preparó en cajas Petri con el medio de cultivo Agar Sabouraud, la solución se calentó hasta alcanzar un color turbio, esta se autoclavó a una temperatura de 110°C por 40 minutos, luego se colocó el medio de cultivo en las cajas, luego que se solidificó el medio se procedió a tapar las cajas. Este procedimiento se ejecutó en la cámara de seguridad biológica para evitar que el medio se contamine.

La cepa se obtuvo en el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias – ESPOCH, esta cepa se replicó en 20 cajas de Petri con medio Agar Sabouraud y se incubó durante 15 días a 28°C (Figura 1-2) hasta obtener la formación de una cubierta micelial de color blanca.



Figura 1-2. Inoculación del hongo

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

2.4.2. Obtención del inóculo o semilla

Se usó granos de trigo, luego se procedió a limpiar para eliminar todo tipo de partículas que pudieran actuar como agente contaminante, posteriormente, se lavó con agua y las semillas se sumergió en agua fría durante 24 horas hasta alcanzar una humedad de 80%.

Una vez finalizado el tiempo de remojo, estos granos húmedos se colocaron en frascos de vidrio de 700cm³, los mismos que contenían 300 gramos de trigo hidratado y esterilizado en autoclave; donde se agregó 2cm² de micelio replicado en medio Agar Sabouraud, posteriormente se incubó durante 15 días a 28°C (Figura 2-2).



Figura 2-2. Semillas de trigo

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

2.4.3. Preparación de sustrato y desarrollo de la fermentación de *Pleutorus ostreatus*

Luego del proceso de masificación del hongo comestible se procedió a desarrollarlo en los diferentes residuos lignocelulósicos como totora, trigo y cebada con la finalidad de obtener cuerpos fructíferos.

Los residuos de totora, trigo y cebada se trituraron hasta alcanzar un tamaño de 2 a 3.5 cm, éstos se lavaron con agua durante 30 minutos, luego se sumergieron durante 24 horas a temperatura ambiente, luego se eliminó el exceso de agua y se pasteurizó durante ocho horas a 90°C.

Una vez que se concluyó el proceso de pasteurización, posteriormente se escurrió y se expuso al aire hasta obtener una humedad del 50% aproximadamente.

2.4.4. Siembra del hongo en el sustrato

Para la colonización total del micelio se colocó los residuos en una superficie previamente esterilizado con alcohol potable, estos residuos se sembraron con el inóculo obtenido en bolsas plásticas a una temperatura de 24 – 28°C en un lugar oscuro hasta lograr la invasión completa del hongo en el sustrato, este proceso duró aproximadamente 21 días, las fundas se cierran y se identifican correctamente.

Luego que el hongo ha colonizado los sustratos se procedió a colocar las unidades experimentales en el local de fructificación que consistió en proporcionar luz natural por un periodo de 12 horas por día con las condiciones ambientales como humedad, temperatura y ventilación adecuadas para el desarrollo del hongo.



Figura 3-2. Mezcla de los residuos lignocelulósicos con el hongo

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

A partir de los 8 días de inoculación con un bisturí se realizó cortes en las fundas para facilitar la entrada de aire; una vez que el sustrato ha sido invadido completamente por el hongo, estas se expusieron a la luz para el desarrollo de primordios y posteriormente se realizó la cosecha del hongo para poder determinar la eficiencia biológica de la producción.



Figura 4-2. Biomasa fúngica

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

2.4.5. Caracterización de los residuos de Totorá

Para determinar las características generales del residuo de totora empleado durante el proceso de experimentación, se hizo el análisis de las propiedades de mayor interés como: % cenizas, humedad, carbono orgánico, nitrógeno, grasa, fibra, celulosa, lignina y hemicelulosa conocido como análisis proximal; finalmente se determinó pH. Para esto, se recolectó aproximadamente 500 gramos de muestra seca que fueron analizados en el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias perteneciente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

2.4.6. Caracterización de la biomasa fúngica

Luego del proceso de fructificación se procedió la recolección de los hongos para poder analizar el mejor tratamiento, entre estos destacan los parámetros como: bromatológicos (fibra, grasa, humedad, cenizas y proteína), rendimiento, eficiencia biológica y precocidad. Para este proceso se escogió aproximadamente 300 gramos de muestra seca del hongo ostra.

2.4.7. Cálculo de los parámetros a evaluarse

2.4.7.1. Precocidad

Es el período que comprende desde el inicio de la siembra hasta la aparición de los primeros primordios.

2.4.7.2. Producción

Es el peso (g) obtenido del *Pleurotus ostreatus* durante el proceso de crecimiento y desarrollo del hongo.

2.4.7.3. Rendimiento (R)

Es la relación entre el peso fresco del hongo y el peso del sustrato húmedo:

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

2.4.7.4. Eficiencia biológica (EB)

Este parámetro es determinado por la relación dada en porcentaje del peso fresco del hongo y el peso del sustrato seco:

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

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Caracterización bromatológica de los residuos lignocelulósicos

Los resultados de los análisis bromatológicos del residuo se detallan a continuación en la tabla 3-3, donde se determina que los residuos presentan cantidades de carbono y nitrógeno, indispensables para el desarrollo del hongo para degradar biomoléculas por medio de sus enzimas.

Tabla 1-3. Análisis bromatológico de los residuos de totora, cebada y trigo

Parámetros	Residuo de Totora	Residuo de cebada	Residuo de trigo
Humedad (%)	89.88	73.81	87.53
Ceniza (%)	3.26	9.75	10.64
Grasa (%)	1.78	2.35	2.80
Carbono orgánico (%)	3.25	4.10	3.56
Fibra (%)	37.70	51.89	57.71
Nitrógeno (%)	0.25	0.84	0.46
Hemicelulosa	30.71	35.45	31.68
Celulosa	66.79	59.58	67.74
Lignina	27.8	26.53	24.48
pH	6.23	6.36	6.51

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

En la tabla 3-3 se puede observar que los valores obtenidos son similares a los establecidos por (Maccapa, 2021, p. 45) quien determina valores importantes en residuos de totora para la producción de hongos, entre estos destacan 66.79% de celulosa, 30.71% de hemicelulosa y 27.8% de lignina.

3.2. Análisis de la producción de biomasa

En la tabla 2-3 se presentan los datos de la producción de la biomasa fúngica.

Tabla 2-3. Producción de la biomasa de *Pleurotus ostreatus*

Repetición	R1	R2	R3	R4	Promedio	Desviación estándar	CV
Tratamiento							
1	180.33	170.67	175.15	178.33	176.12	4.213	0.0239
2	183.32	189.25	190.31	194.72	189.40	4.694	0.0247
3	225.10	218.67	212.62	218.51	218.73	5.097	0.0233

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

En el gráfico 1-3 se puede observar que el sustrato correspondiente al tratamiento 3 formado por residuos de Totorá, cebada y trigo, presentó mayor producción de *Pleurotus ostreatus* con una media de 218.73 g, mientras que el tratamiento 1 compuesto solo por residuos de Totorá fue el que menos producción presentó con una media de 176.12 g.

Los valores obtenidos en esta investigación están relacionados con el estudio realizado por (Maccapa, 2021, p. 45) quien determinó que el sustrato compuesto por totora presentó la tasa de producción más alta con un valor de 240 g.

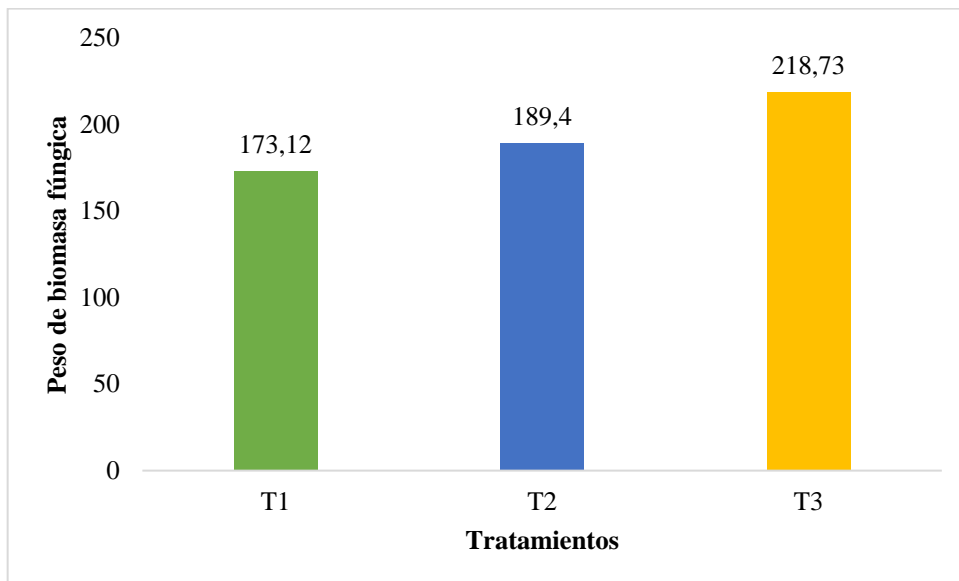


Gráfico 1-3. Producción de la biomasa de *Pleurotus ostreatus*

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

3.3. Determinación de la eficiencia biológica

Los resultados obtenidos de la eficiencia biológica obtenida en los tres sustratos se detallan en la tabla 3-3:

Tabla 3-3. Porcentaje de la eficiencia biológica del *Pleurotus ostreatus*

Repetición	R1	R2	R3	R4	Promedio
Tratamiento					
1	64.14	60.23	62.03	64.52	62.73
2	68.32	65.35	61.23	66.54	65.36
3	70.64	70.12	72.68	74.29	71.93

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

Con los resultados obtenidos en la tabla 5-3 se puede evidenciar que el tratamiento 3 presentó una mayor eficiencia biológica correspondiente al 71.93%, valor que está relacionado con el dato obtenido en la investigación realizada por (Maccapa, 2021, p. 45) que registró un valor de 86.80%, mientras que la menor eficiencia biológica se registró en el tratamiento 1 con un 62.73%.

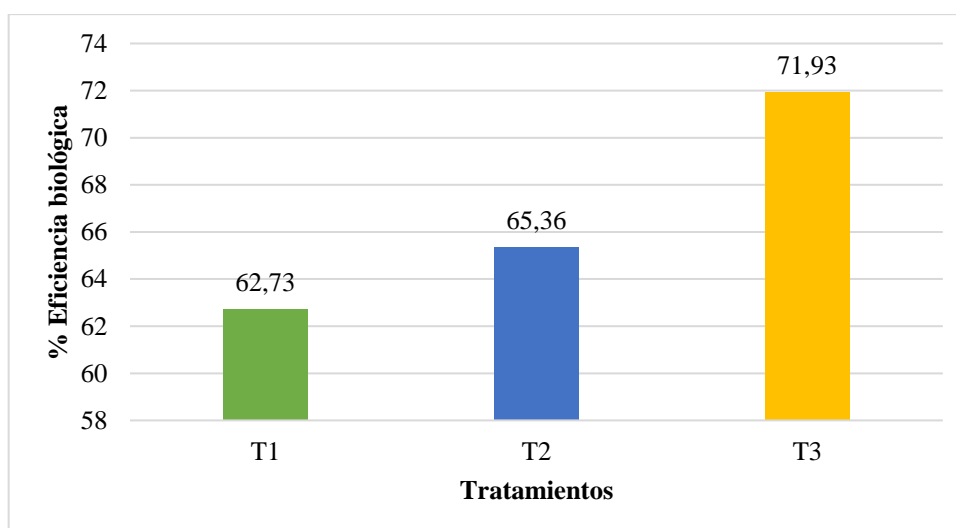


Gráfico 2-3. Comparación de la eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus*

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

3.4. Determinación del rendimiento

En la tabla 8-3 se detallan los porcentajes de rendimiento obtenidos en la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*.

Tabla 4-3. Rendimiento obtenido del *Pleurotus ostreatus*

Repetición	R1	R2	R3	R4	Promedio
Tratamiento					
1	16.12	17.43	17.93	18.23	17.43
2	20.72	20.85	23.75	26.72	23.01
3	22.37	25.21	24.32	27.30	24.80

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

Con los resultados obtenidos en la tabla 6-3 se determina que la mezcla de los sustratos de residuos de totora, cebada y trigo presentó el mejor rendimiento con un 24.80%, y el sustrato con residuos de totora registró un rendimiento bajo con un 17.43%.

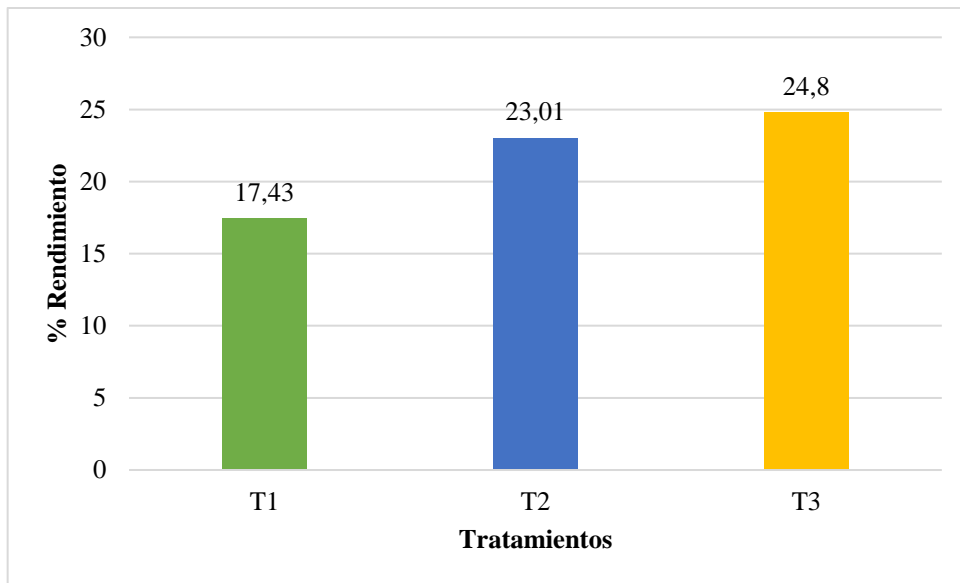


Gráfico 3-3. Comparación del rendimiento de *Pleurotus ostreatus*

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

3.5. Precocidad

A continuación, en la tabla 7-3, se registran los tiempos de precocidad obtenidos durante el proceso de desarrollo del hongo en los diferentes sustratos, este parámetro se obtiene cuando aparecen los primordios.

Tabla 5-3. Tiempo en días de la precocidad obtenida de *Pleurotus ostreatus*

Repetición	R1	R2	R3	R4	Promedio
Tratamiento					
1	25	32	38	41	34
2	22	28	34	38	31
3	18	22	31	33	26

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

Como se puede observar en el gráfico 4-3 el sustrato compuesto por residuos de totora, cebada y trigo presentó los mejores tiempos de precocidad con una media de 26 días, en cuanto al sustrato con residuos de totora y cebada registró una precocidad de 31 días y el residuo de totora 34 días.

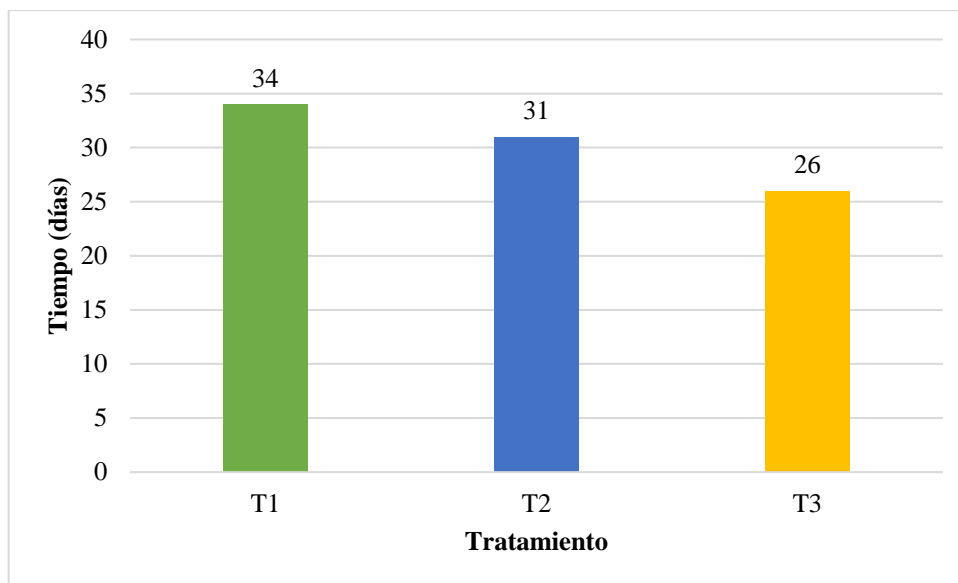


Gráfico 4-3. Comparación de los tiempos de precocidad de *Pleurotus ostreatus*

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

Mediante la evaluación de los tiempos de precocidad que fueron registrados en esta investigación, se puede evidenciar que son valores aproximados a los reportados en otros estudios (Maccapa, 2021, p. 45), donde se reporta un tiempo de 27 a 30 días de precocidad en el sustrato compuesto solo por residuos de totora.

3.6. Análisis bromatológico de la biomasa fúngica

El análisis de la biomasa fúngica de los cuerpos fructíferos permite determinar los valores nutricionales que el hongo presenta al final de su producción, en la tabla 8-3 se presentan los resultados del análisis bromatológico del hongo.

Tabla 6-3. Resultados del análisis bromatológico de la biomasa fúngica en los residuos de totora, cebada y trigo

Parámetros	Residuo Totora	Residuos Totora - Cebada	Residuos Totora – Cebada - Trigo
Humedad (%)	81.39	86.53	91.61
Ceniza (%)	1.04	0.87	0.93
Grasa (%)	1.46	1.67	1.33
Carbono orgánico (%)	18.03	25.41	29.65
Fibra (%)	38.70	39.30	39.30
Nitrógeno (%)	0.26	0.35	0,48
Proteína	20.31	22.54	24.84
pH	6.79	6.81	6.77

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

Con respecto a los valores obtenidos de la cantidad de proteína en base seca del presente estudio se reporta que la biomasa fúngica producida en el sustrato compuesto por totora, trigo y cebada es el más óptimo para consumo humano por su contenido de proteína con un valor de 29.65%, fibra de 39.30% y alto contenido de humedad con el 91.61%, estos valores se asemejan al estudio realizado por (Carvajal, 2010, p. 56) que determinó un valor de 39% de proteína en base seca sobre sustratos de cebada y trigo.

3.7. Análisis estadístico

3.7.1. Producción

Hi: El uso de residuos de totora, cebada y trigo, como sustratos para el desarrollo y crecimiento de la seta *Pleurotus ostreatus* influyen en la producción, $p \leq 0.05$

Ho: El uso de residuos de totora, cebada y trigo, como sustratos para el desarrollo y crecimiento de la seta *Pleurotus ostreatus* no influyen en la producción, $p > 0.05$

El análisis de varianza permite determinar si se presentan diferencias significativas entre los pesos obtenidos en los sustratos utilizados en la investigación, el p-valor que se registró para la producción fue $<0,001$, por eso se acepta la hipótesis de que la producción de *Pleurotus ostreatus* varía con el uso de diversos sustratos.

Tabla 7-3. Análisis de varianza para la producción obtenida de *Pleurotus ostreatus*

F.V	S.C	g.l	C.M	F	p-valor
Modelo	1711,61	2	855,80	123,67	0,0001
Producción	1711,61	3	855,80	123,67	0,0001
Error	27,67	6	6,91		
Total	1739,28	11			

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

La prueba de comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey al 5% de confiabilidad, esto permitió determinar que entre los pesos medios registrados en las diferentes cosechas existen diferencias significativas, por lo tanto, el tratamiento 3 registró una cantidad mayor de *Pleurotus osteatus* en comparación con los otros tratamientos empleados.

Tabla 8-3. Prueba de Tukey para la comparación de la producción de *Pleurotus ostreatus*

Tratamiento	Medias	n	E.E
T1	178,33	3	1.12
T2	194,72	3	1.12
T3	218,51	3	1.12

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

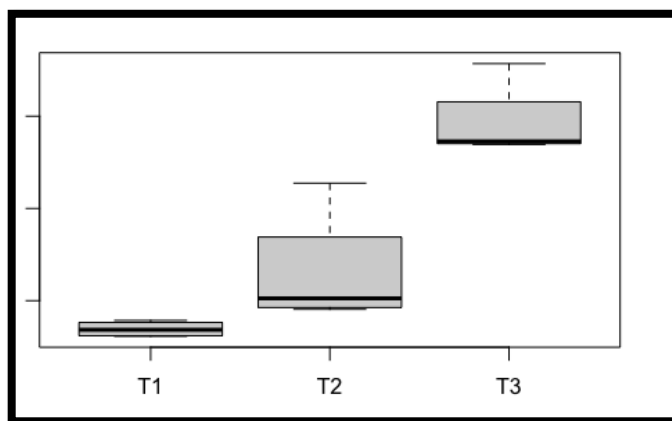


Gráfico 5-3. Diagrama de cajas para la comparación de la producción de *Pleurotus ostreatus*

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

3.7.2. Eficiencia biológica

Hi: El uso de residuos de totora, cebada y trigo, como sustratos para el desarrollo y crecimiento de la seta *Pleurotus ostreatus* influyen en la eficiencia biológica, $p \leq 0.05$

Ho: El uso de residuos de totora, cebada y trigo, como sustratos para el desarrollo y crecimiento de la seta *Pleurotus ostreatus* no influyen en la eficiencia biológica, $p > 0.05$

En el análisis de varianza se determinó que hay diferencias significativas entre los porcentajes de eficiencia biológica obtenidos de *Pleurotus ostreatus*, el p-valor que se obtuvo para la eficiencia biológica fue < 0.001 , por eso la hipótesis es aceptada y comprueba que el porcentaje de eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* varía con el uso de diferentes sustratos.

Tabla 9-3. Análisis de varianza de la eficiencia biológica obtenida de *Pleurotus ostreatus*

F.V	S.C	g.l	C.M	F	p-valor
Modelo	1076,01	2	538,02	103,67	0,0001
Producción	1076,01	3	538,02	103,67	0,0001
Error	17,67	6	2,91		
Total	1058,34	11			

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

La prueba de separación de medias de Tukey determinó que las diferencias existentes son altamente significativas, por tal razón el sustrato correspondiente al tratamiento 3 obtuvo un porcentaje mayor, en comparación con los otros sustratos.

Tabla 10-3. Prueba de Tukey para la comparación de la eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus*

Tratamiento	Medias	n	E.E
T1	62,73	3	0,45
T2	65,36	3	0,45
T3	71,93	3	0,45

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

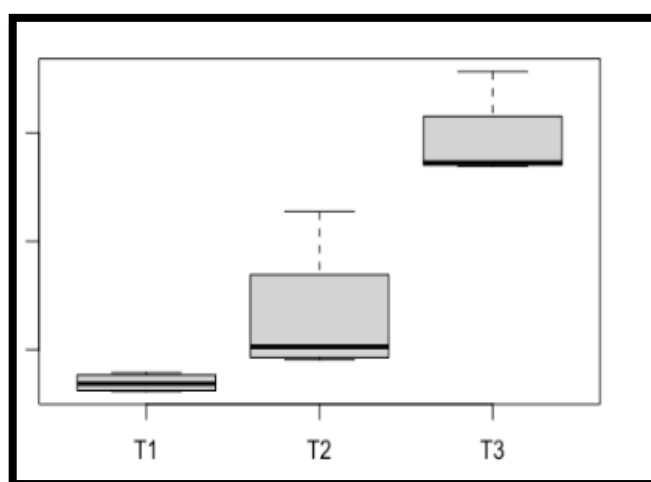


Gráfico 6-3. Diagrama de cajas para la comparación de la eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus*

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

3.7.3. Rendimiento

Hi: El uso de residuos de totora, cebada y trigo, como sustratos para el desarrollo y crecimiento de la seta *Pleurotus ostreatus* influyen en el rendimiento, $p \leq 0.05$

Ho: El uso de residuos de totora, cebada y trigo, como sustratos para el desarrollo y crecimiento de la seta *Pleurotus ostreatus* no influyen en el rendimiento, $p > 0.05$

En el análisis de varianza se determinó que hay diferencias significativas entre los porcentajes de eficiencia biológica obtenidos de *Pleurotus ostreatus*, el p-valor que se obtuvo para el rendimiento fue < 0.001 , por eso la hipótesis es aceptada y se comprueba que el porcentaje de rendimiento de *Pleurotus ostreatus* varía con el uso de diferentes sustratos.

Tabla 11-3. Análisis de varianza del rendimiento obtenido de *Pleurotus ostreatus*

F.V	S.C	g.l	C.M	F	p-valor
Modelo	16,01	2	8,02	113,67	0,0001
Producción	16,01	3	8,02	113,67	0,0001
Error	0,53	6	0,05		
Total	16,54	11			

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

La prueba de separación de medias de Tukey determinó que las diferencias existentes son altamente significativas, por tal razón el sustrato correspondiente al tratamiento 3 obtuvo un porcentaje de rendimiento significativamente mayor, en comparación con los otros tratamientos.

Tabla 12-3. Prueba de Tukey para la comparación de la eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus*

Tratamiento	Medias	n	E.E
T1	17,43	3	0,23
T2	23,01	3	0,23
T3	24,80	3	0,23

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

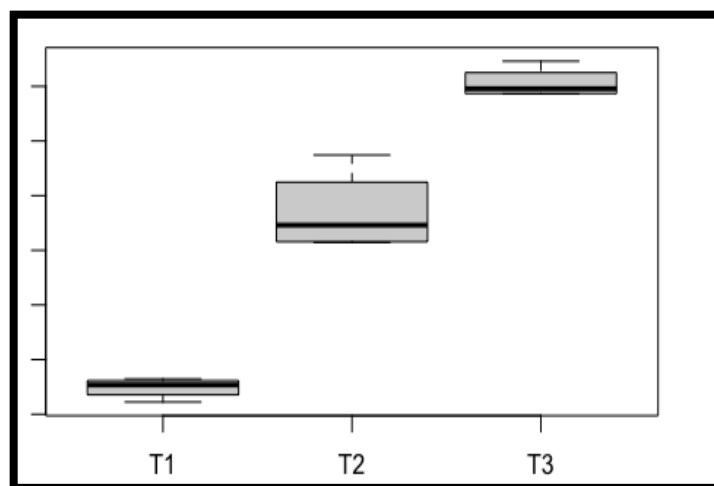


Gráfico 7-3. Diagrama de cajas para la comparación del rendimiento de *Pleurotus ostreatus*

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

3.7.4. Precocidad

Hi: El uso de residuos de totora, cebada y trigo, como sustratos para el desarrollo y crecimiento de la seta *Pleurotus ostreatus* influyen en la precocidad, $p \leq 0.05$

H₀: El uso de residuos de totora, cebada y trigo, como sustratos para el desarrollo y crecimiento de la seta *Pleurotus ostreatus* no influyen en la precocidad, $p > 0.05$

En el análisis de varianza se determinó que hay diferencias significativas entre los porcentajes de eficiencia biológica obtenidos de *Pleurotus ostreatus*, el p-valor que se registró para el tiempo de precocidad fue < 0.001 , por eso la hipótesis es aceptada y comprueba que el tiempo de precocidad de *Pleurotus ostreatus* varía con el uso de diferentes sustratos.

Tabla 13-3. Análisis de varianza para el tiempo de precocidad de *Pleurotus ostreatus*

F.V	S.C	g.l	C.M	F	p-valor
Modelo	42	2	18	23,67	0,0001
Producción	42	3	18	23,67	0,0001
Error	7	6	1		
Total	49	11			

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

La prueba de separación de medias en la prueba de Tukey determinó que las diferencias existentes son altamente significativas, por lo tanto, el sustrato correspondiente al tratamiento 3 obtuvo un menor tiempo de precocidad en comparación con los otros tratamientos.

Tabla 14-3. Prueba de Tukey para la comparación de la precocidad de *Pleurotus ostreatus*

Tratamiento	Medias	n	E.E
T1	34	3	0,48
T2	31	3	0,48
T3	26	3	0,48

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

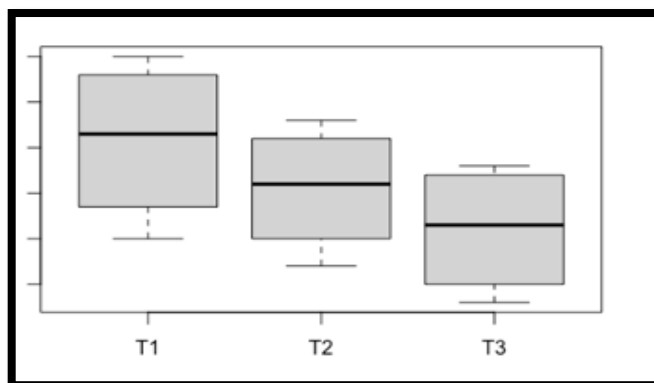


Gráfico 8-3. Diagrama de cajas para la comparación del rendimiento de *Pleurotus ostreatus*

Realizado por: Lara, Isabel, 2022.

CONCLUSIONES

- Las características físico-química de totora especialmente en lo que se refiere al contenido de lignina, hemicelulosa y celulosa permiten concluir que la totora constituye un residual adecuado para la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*.
- De los resultados obtenidos con respecto al rendimiento y eficiencia biológica en los tres tratamientos se establece que los valores se encuentran cercanos a los reportados por otras investigaciones por lo que se determina que el rastrojo de totora, trigo y cebada permiten obtener altos rendimientos en la producción a gran escala de *Pleurotus ostreatus*.
- Se estable en el análisis bromatológico de la biomasa fúngica que el parámetro de mayor importancia lo constituye la proteína que se encuentra en una concentración de 24.84%; este valor es comparado con otros datos de proteínas presentes en alimentos como carne, queso, huevo, leche, etc., es por eso que se determina que el hongo es apto para consumo humano por su alto valor nutritivo y que en su estructura está formado por aminoácidos esenciales.
- Este proceso se basa en la evaluación de la seta *Pleurotus ostreatus* debido a que podría eliminar la pobreza por su crecimiento económico generando fuentes de ingreso a la población, además crecimiento industrial e innovación tecnológica para mejorar las condiciones de vida. Otro de los objetivos que constituye este proyecto es hambre cero con respecto al contenido de proteínas formada de aminoácidos esenciales, además por la acción del clima por el valor agregado que se brinda a los residuos lignocelulósicos disminuyendo la contaminación ambiental mediante el reciclaje, reutilización y reducción, a partir de la revolución industrial generando cantidad de subproductos formando así un modelo de economía circular.

RECOMENDACIONES

- Valorar otros subproductos lignocelulósicos para ser utilizados en la producción de *Pleurotus ostreatus* a nivel industrial.
- Realizar un estudio de aprovechamiento del residuo obtenido luego del cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*, debido a que los residuos generados luego de la producción pueden ser utilizados para la obtención de bioenergéticos como biogas, bioetanol, biodiesel, biomasa energética; además en procesos de compostaje, alimento para animales, elaboración de ladrillos y estibas, en la recuperación de ambientes contaminados con metales pesados, hidrocarburos y colorantes.

BIBLIOGRAFÍA

ARDÓN, C. *La producción de hongos comestibles.* La producción de hongos comestibles. Guatemala : s.n., 2007, p. 90.

CÁCERES, C. *Cultivo de Champiñon ostra (Pleurotus ostreatus).* Sobreresiduos de quinua y cebada, y efecto del almacenamiento a bajas temperaturas con solución conservante. Puno : s.n., 2017, p. 34.

CÁRDENAS, Y. *Efecto de los sustratos a base de residuos agrícolas, en el cultivo del hongo comestible Pleurotus ostreatus Jacquin Fries Kummer,* Distrito de Santa Ana, la Convención. Cusco : s.n., 2015, pp. 68-69.

CARVAJAL, G. *Evaluación de la producción del hongo Pleurotus ostreatus sobre cinco.* Tipos de sustratos (tamo de trigo, tamo de cebada, tamo de vicia, tamo de avena y paja de paramo) enriquecidos con tuza molida, afecho de cebada y carbonato de calcio. Quito : s.n., 2010, p. 56.

COELLO, JESSICA. *Aplicación del hongo Pleurotus ostreatus como alternativa para la biorremediación de contaminados con metales pesados.* Aplicación del hongo Pleurotus ostreatus como alternativa para la biorremediación de contaminados con metales pesados. Guayaquil : s.n., 2011, p. 90.

CRUZ, PASCUAL. *Guía técnica de Producción de hongos comestibles de la especie Pleurotus ostreatus.* Guía técnica de Producción de hongos comestibles de la especie Pleurotus ostreatus. 2010.

CUEVA, CONSUELO. *Aprovechamiento de residuos de plátano, cacao y maíz como sustratos para la producción del hongo "pleurotus ostreatus",* en la comunidad la magdalena de francisco de orellana. Orellana : s.n., 2018, p. 23.

DÍAZ, CLAUDIA & CARVAJAL, EDUARDO. *Eficiencia biológica de Pleurotus ostreatus cultivado en fibra de palma de aceite.* Eficiencia biológica de Pleurotus ostreatus cultivado en fibra de palma de aceite. 2014, p. 67.

HOLGADO, M. *Evaluación de la Producción de Pleurotus ostreatus (Jacq. ex Fr.) Kumm (Basidiomycete) en residuos lignocelulósicos como alternativa agroecológica en la comunidad de Huayllay - Ccorca. Cusco, Arequipa : s.n., 2018, p. 54.*

LIÑAN, JOSÉ. *Control de Totora con Herbicidas. Control de Totora con Herbicidas. Portoviejo : s.n., 2017, p. 17.*

MACCAPA, LEYDEN. *Producción de hongo ostra (Pleurotus ostreatus (Jacq.) P. Kumm) sobre residuos lignocelulósicos en la provincia de Puno. Perú : s.n., 2021, p. 46.*

PÉREZ, GREGORIO. *Estudio de la experiencia de Cultivo de Hongo "Seta" Pleurotus Ostreatus en la ciudad de Arequipa. Perú : s.n., 2018, p. 34.*

RAMOS, NURIA. *Producción de tres especies de Pleurotus spp (P. Ostreatus, P. djamor y P. eryngii) utilizando diferentes sustratos en el centro agronómico k'ayra - San Jeronimo. Cusco : s.n., 2018, p. 66.*

ROMERO, OMAR. *Evaluación de la capacidad productiva de Pleurotus ostreatus. Uso de hoja de plátano (musa paradisiaca l.,cv. roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas . 2010.*

RUILOVA, MARÍA BERNARDA. *Evaluación de residuos agrícolas para la producción del hongo Pleurotus ostreatus. Evaluación de residuos agrícolas para la producción del hongo Pleurotus ostreatus. Guaranda : s.n., 2014.*


SÁNCHEZ, PABLO. *Fibras vegetales de totora y cabuya y su aplicación en espacios interiores de viviendas sociales de la Parroquia Totoras. Ambato : s.n., 2020, p. 43.*


TOLEDO, M. *Residuos de Maíz y Quinoa como potenciales sustratos para el cultivo de hongos comestibles Pleurotus ostreatus. . Riobamba : s.n., 2008.*

VARGAS, EDISON. *Centro de producción y estudios comunitario de totora en la parroquia San Rafael de la Laguna. Centro de producción y estudios comunitario de totora en la parroquia San Rafael de la Laguna. Quito : s.n., 2016, p. 45.*

VILLAGRÁN, OLGA. *Análisis del nivel de promoción y difusión del atractivo cultural: artesanías en totora de la parroquia San Rafael.* Análisis del nivel de promoción y difusión del atractivo cultural: artesanías en totora de la parroquia San Rafael. Ibarra : s.n., 2015, p. 13.


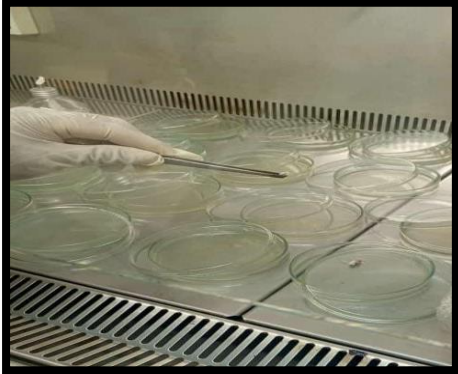

ZARATE, J. *Producción y desarrollo de cuatro aislamientos de Pleurotus ostreatus (Jacq.), cultivados en restos de cosecha.* Producción y desarrollo de cuatro aislamientos de Pleurotus ostreatus (Jacq.), cultivados en restos de cosecha. Lima : s.n., 2015, p. 29.



DIRECCION DE BIBLIOTECAS
Y RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE
Y LA INVESTIGACION
 Ing. Jonathan Parreño Ugullas MBA
ANALISTA DE BIBLIOTECA 1

ANEXOS

ANEXO A: RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS DE TOTORA, PREPARACIÓN DEL MEDIO E INOCULACIÓN DEL HONGO

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 			
<p>NOTAS:</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL ELABORADO POR: Lara Mendoza Isabel Magali</p>	<p>RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS DE TOTORA, PREPARACIÓN DEL MEDIO E INOCULACIÓN DEL HONGO</p>		
<p>a. Recolección del residuo de totora b. Preparación del medio de cultivo c. Inoculación del hongo</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar</p>		<p>LÁMINA</p>	<p>ESCALA</p>	<p>FECHA</p>
			<p>1</p>	<p>1:1</p>	<p>10/12/2021</p>

ANEXO B: PROCESO DE MASIFICACIÓN DEL HONGO

d)



e)



f)



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL ELABORADO POR: Lara Mendoza Isabel Magali	MASIFICACIÓN DEL HONGO		
d. Hidratación del trigo e. Esterilización del trigo f. Masificación del <i>Pleurotus ostreatus</i>	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			2	1:1	11/12/2021

ANEXO C: PREPARACIÓN DEL SUSTRATO Y RECOLECCIÓN DE LA BIOMASA FÚNGICA

g)



h)



i)



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL ELABORADO POR: Lara Mendoza Isabel Magali	PREPARACIÓN DEL SUSTRATO Y RECOLECCIÓN DE LA BIOMASA FÚNGICA					
g. Preparación del sustrato h. Cosecha del hongo i. Recolección de la biomasa fúngica	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		<table border="1"> <thead> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">1:1</td> <td style="text-align: center;">12/02/2022</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	3	1:1
LÁMINA	ESCALA	FECHA						
3	1:1	12/02/2022						



esPOCH

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: 26 / 05 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Isabel Ingalí Lara Mendoza
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería en Biotecnología Ambiental
Título a optar: Ingeniería en Biotecnología Ambiental
E. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.



0711-DBRA-UTP-2022