



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO DEL HONGO *Pleurotus
ostreatus*, CULTIVADO EN DOS SUSTRATOS (BAGAZO DE
CAÑA Y TAMO DE ARROZ) EN LA CIUDAD DE CUENCA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL**

AUTOR: KATHERINE DANIELA ROBLES DONOSO

DIRECTOR: ING. AUGUSTO POLIBIO MARTÍNEZ VEGA Mgs.

**CUENCA – ECUADOR
2022**

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO DEL HONGO *Pleurotus ostreatus*,
CULTIVADO EN DOS SUSTRATOS (BAGAZO DE CAÑA Y TAMO
DE ARROZ) EN LA CIUDAD DE CUENCA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL**

AUTOR: KATHERINE DANIELA ROBLES DONOSO

DIRECTOR: ING. AUGUSTO POLIBIO MARTÍNEZ VEGA Mgs.

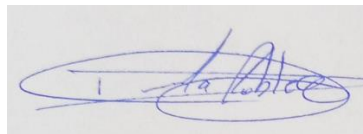
**CUENCA – ECUADOR
2022**

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Katherine Daniela Robles Donoso portador(a) de la cédula de ciudadanía N° 0105591689. Declaro ser la autora de la obra: "Evaluación de rendimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*, cultivado en dos sustratos (bagazo de caña y tamo de arroz) en la ciudad de Cuenca", sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 31 de agosto de 2022



F:

Katherine Daniela Robles Donoso

0105591689

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **Katherine Daniela Robles Donoso**, bajo mi supervisión.



Augusto Polibio Martínez Vega
DIRECTOR

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación es dedicado en primer lugar a Dios por darme vida y salud, muy especialmente dedico este logro a mis padres que me han apoyado en este tiempo y han sido mi ejemplo e inspiración, a mi hijo Alejandro Goyes que me ha dado las fuerzas necesarias para culminar esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por haberme permitido culminar esta etapa en mi vida, guiándome por las sendas del bien. Especialmente a mis padres ya que sin su apoyo incondicional no hubiese sido posible este logro alcanzado, al Ingeniero Polibio Martínez quien fue parte fundamental en el desarrollo de este tema de investigación, en especial al Ingeniero Wilson Quinteros supervisor de la granja “Miracielos” donde fue desarrollado el proyecto de investigación y cotutor de mi trabajo de titulación. A todos aquellos catedráticos que no escatimaron esfuerzos por darme esa mano amiga que fue de gran ayuda. A mis compañeros y amigos, en especial a mi familia por su apoyo y ayuda brindada en este tiempo y ayudarme a cumplir uno más de los objetivos planteados en mi vida, y muy especialmente a nuestra Alma Mater Universidad Católica de Cuenca, institución que me acogió durante 5 años para formarme como profesional.

RESUMEN

En la presente investigación se evalúa el rendimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en los sustratos de bagazo de caña de azúcar y tamo de arroz. Ambos sustratos son residuos generados por la producción agroindustrial, mismos que son quemados y a su vez provocan efectos perjudiciales al ambiente debido a la emisión de gases que contribuyen al efecto invernadero. Por ello, se requiere la reutilización de estos desechos para contribuir con el medioambiente y de tal forma darles un buen uso al producir con estos sustratos, hongos comestibles y saludables como es el *Pleurotus ostreatus*. Así, se llevó a cabo la investigación mediante 5 tratamientos, cada uno de ellos con combinaciones distintas de sustratos, donde se obtiene como resultado que el tratamiento 1 que corresponde al 100% bagazo de caña y; tratamiento 2 correspondiente al 75% bagazo de caña de azúcar con el 25% de tamo de arroz, son los que contribuyen a la mayor producción de hongos. Sin embargo, el tratamiento 2 que da como resultado un peso promedio de 0,097 kg de hongos, presenta mayor rendimiento en comparación al tratamiento 1 que corresponde a un peso promedio de 0,087 kg. De tal forma, se concluye que el mejor sustrato para la producción de hongo es el bagazo de caña de azúcar.

Palabras clave: Hongo *Pleurotus ostreatus*, bagazo de caña, tamo de arroz, tratamientos.

ABSTRACT

This research assesses *Pleurotus ostreatus* fungus growing on sugarcane bagasse and rice chaff substrates. Both substrates are wastes from agro-industrial processing, which are burnt and at the same time cause negative effects on the environment due to the emission of greenhouse gases. Therefore, the reuse of these wastes is required to contribute to the environment and provide them with proper use by producing edible and healthy mushrooms, such as *Pleurotus ostreatus*, with these substrates. Thus, the research was carried out using five treatments, each with different combinations of substrates, and the results were that treatment 1 corresponds to 100% sugarcane bagasse. Treatment 2, corresponding to 75% sugarcane bagasse with 25% rice chaff, is the one that produces the most fungi. However, treatment 2, with an average weight of 0.097 kg of mushrooms, has a higher yield than treatment 1, corresponding to an average weight of 0.087 kg. Thus, the best substrate for mushroom growth is sugarcane bagasse.

Keywords: *Pleurotus ostreatus* fungus, sugarcane bagasse, rice chaff, treatments.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD.....	I
CERTIFICACIÓN	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN.....	V
ABSTRACT	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VII
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABLAS	X
LISTA DE ANEXOS.....	XI
CAPÍTULO I	- 1 -
1. INTRODUCCIÓN	- 1 -
1.1. OBJETIVOS.....	- 3 -
1.1.1. <i>General</i>	- 3 -
1.1.2. <i>Específicos</i>	- 3 -
CAPÍTULO II	- 3 -
2. MARCO TEÓRICO	- 3 -
2.1. LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL MUNDO Y EN EL ECUADOR.....	- 3 -
2.2. TAXONOMÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR	- 4 -
2.3. MORFOLOGÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR	- 4 -
2.3.1. <i>Raíces</i>	- 5 -
2.3.2. <i>Tallo</i>	- 5 -
2.3.3. <i>Nudo</i>	- 5 -
2.3.4. <i>Entrenudo</i>	- 5 -
2.3.5. <i>Hojas</i>	- 5 -
2.3.6. <i>Flor</i>	- 6 -
2.4. SUBPRODUCTOS DE LA CAÑA.....	- 6 -
2.4.1. <i>La pulpa</i>	- 6 -
2.4.2. <i>El agua contaminada</i>	- 6 -
2.4.3. <i>Anti nutricionales en residuos de caña</i>	- 7 -
2.4.4. <i>Taninos</i>	- 7 -
2.5. RESIDUOS PRODUCIDOS POR LA COSECHA DE CAÑA	- 8 -
2.5.1. <i>Impacto de los residuos generados por caña de azúcar al medio ambiente</i>	- 8 -
2.6. EL TAMO DE ARROZ.....	- 9 -
2.6.1. EL TAMO DE ARROZ EN EL ECUADOR.....	- 10 -
2.7. GENERALIDADES DE LOS HONGOS	- 10 -
2.7.1. LOS HONGOS COMESTIBLES	- 11 -
2.7.1.1. <i>Tipos de hongos comestibles</i>	- 11 -
2.8. PROPIEDADES MEDICINALES DEL HONGO <i>PLEUROTUS OSTREATUS</i>	- 15 -
2.8.1. <i>Sistema de producción del hongo Pleurotus ostreatus</i>	- 15 -
2.8.2. SUSTRATOS UTILIZADOS EN LA PRODUCCIÓN DE HONGOS	- 16 -
2.8.3. RENDIMIENTO DE HONGOS	- 17 -

2.8.4.	LA DEGRADACIÓN LIGNOCELULÓSICA	- 17 -
CAPÍTULO III		- 18 -
3. MATERIALES Y MÉTODOS		- 18 -
3.1.	DEFINICIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	- 18 -
3.2.	MATERIALES.....	- 19 -
3.3.	DESARROLLO METODOLÓGICO.....	- 19 -
3.4.	<i>Determinación de crecimiento de hongo.....</i>	<i>- 20 -</i>
3.4.1.	<i>Fase 1: Preparación del sustrato</i>	<i>- 20 -</i>
3.4.2.	<i>Fase 2: Inoculación del micelio</i>	<i>- 21 -</i>
3.4.3.	<i>Fase 3: Inoculación</i>	<i>- 22 -</i>
3.5.	<i>Cuantificación del número de púalos</i>	<i>- 23 -</i>
3.5.1.	<i>Fase 4: Cuarto de fructificación.....</i>	<i>- 23 -</i>
3.6.	<i>Evaluación de rendimiento</i>	<i>- 24 -</i>
3.6.1.	<i>Fase 5: Cosecha y toma de datos.....</i>	<i>- 24 -</i>
3.7.	<i>Análisis estadístico</i>	<i>- 25 -</i>
3.8.	RESULTADOS DE LOS CINCO TRATAMIENTOS	- 26 -
CAPÍTULO IV.....		- 27 -
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		- 27 -
4.1.1.	<i>Resultados descriptivos.....</i>	<i>- 27 -</i>
4.1.2.	<i>Análisis de la varianza.....</i>	<i>- 28 -</i>
4.2.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	- 30 -
CAPÍTULO V.....		- 33 -
5. CONCLUSIONES.....		- 33 -
CAPÍTULO VI.....		- 34 -
6. RECOMENDACIONES		- 34 -
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		- 35 -
ANEXOS		- 41 -

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de La Granja Miracielos	- 18 -
Figura 2. Caña de azúcar (<i>Saccharum spp.</i>) recién cortada	- 8 -
Figura 3. La quema de la caña.....	- 9 -
Figura 4. El tamo de arroz.....	- 9 -
Figura 5. Morfología del hongo.....	- 10 -
Figura 6. Hongos comestibles	- 11 -
Figura 7. Hongo <i>Agaricus Bitorquis</i>	- 12 -
Figura 8. Hongo <i>Orellana</i>	- 12 -
Figura 9. Hongos <i>Epigeos</i>	- 13 -
Figura 10. Hongos <i>Portobellos</i>	- 13 -
Figura 11. <i>Craterellus cornucopioides</i>	- 14 -
Figura 12. Hongo <i>Múrgulas (Morchella)</i>	- 14 -
Figura 13. Setas de <i>Pleurotus Ostreatus</i>	- 15 -
Figura 14. Trituración del sustrato.....	- 20 -
Figura 15. Desinfección del sustrato	- 21 -
Figura 16. Pasteurización del sustrato	- 21 -
Figura 17. Bloques de sustrato.....	- 22 -
Figura 18. Inoculación	- 22 -
Figura 19. Micelio certificada.....	- 23 -
Figura 20. Fructificación	- 23 -
Figura 21. Cosecha de hongos	- 24 -
Figura 22. Diagrama de caja del peso en Kg	- 27 -
Figura 23. Diagrama de caja del Número de Hongos Producidos.....	- 27 -
Figura 24. Vivero antes de proyecto	- 43 -
Figura 25. Cambio de mallas al vivero y colocación de plástico negro.....	- 43 -
Figura 26. Construcción de la cámara de fructificación	- 43 -
Figura 28. Desinfección de cuarto de fructificación.....	- 44 -
Figura 29. Lavado de los tanques de agua	- 44 -
Figura 30. Trituración de bagazo.....	- 44 -
Figura 31. Lavado del sustrato.....	- 45 -
Figura 32. Peso de la cal en libras	- 45 -
Figura 33. Disolución de la cal en agua	- 45 -
Figura 34. Peso del sustrato.....	- 46 -
Figura 35. Mezcla del sustrato y la cal al 2% para desinfección.....	- 46 -
Figura 36. Pasteurización del sustrato	- 46 -
Figura 37. Elaboración de los bloques de prueba de bagazo y tamo de arroz.....	- 47 -
Figura 38. Mezcla de la micelio con el sustrato de bagazo de caña.....	- 47 -
Figura 39. Peso de tamo para la siembra de la micelio	- 47 -
Figura 40. Siembra de tamo de arroz.....	- 48 -
Figura 41. Mezcla de sustrato	- 48 -
Figura 42. Inoculación de los bloques en la cama húmeda	- 48 -
Figura 43. Bloques para el cuarto de fructificación	- 49 -
Figura 44. Desarrollo de Hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	- 49 -
Figura 45. Cosecha de hongos	- 49 -
Figura 46. Peso de púleos de cada tratamiento.....	- 50 -

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Especies de género <i>Sccharum</i>	- 4 -
Tabla 2. Diferencias entre la producción industrial y artesanal	- 15 -
Tabla 3. Sustratos utilizados en diferentes tipos de hongos	- 16 -
Tabla 4. Materiales utilizados	- 19 -
Tabla 5. Tratamientos y sustratos empleados.....	- 20 -
Tabla 6. Resumen del Número de hongos producidos	- 28 -
Tabla 7. Resumen del peso en Kg de los hongos producidos	- 28 -
Tabla 8. Análisis de la Varianza - Peso en Kg.....	- 29 -
Tabla 9. Comparación del peso en Kg por tratamiento (Bonferroni)	- 29 -
Tabla 10. Análisis de la Varianza - No. hongos producidos	- 30 -
Tabla 11. Comparación del No. de hongos producidos por tratamiento (Bonferroni)	- 30 -
Tabla 12. Comparación de resultados.....	- 32 -
Tabla 13. Resultados del tratamiento 1	- 41 -
Tabla 14. Resultados del tratamiento 2	- 41 -
Tabla 15. Resultados del tratamiento 3.....	- 41 -
Tabla 16. Resultados del tratamiento 4.....	- 42 -
Tabla 17. Resultados del tratamiento 5.....	- 42 -
Tabla 18. Prueba de Normalidad de Shapiro Wilk para las variables de resultado	- 42 -

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Resultados de los tratamientos.....	- 41 -
Anexo 2: Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.....	- 42 -
Anexo 3: Fotos del proceso de producción <i>Pleurotus ostreatus</i>	- 43 -

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo la agroindustria en el Ecuador se ha considerado uno de los pilares principales de la economía ecuatoriana desde los años 70, su crecimiento se fundamenta por el aumento de la demanda concentrada especialmente en productos alimenticios y provenientes del auge petrolero, además de otros factores como el aumento de ingresos de divisas al país, el incremento del número de habitantes y el cambio de hábitos de consumo (Baquero & Paredes, 2010). Sin embargo, al ser un sector con una participación representativa en la economía, también es generador de una gran cantidad de residuos que conllevan a una serie de problemas ambientales en varias zonas del Ecuador. Estos desechos se originan generalmente de la cosecha y procesamiento de la caña que, dada su elevada demanda tanto de azúcar como de subproductos, ha incrementado significativamente su producción a nivel nacional y en consecuencia, el nivel de desechos (Castillo & Silva, 2004).

El bagazo de caña, al ser producido en extensas cuantías, puede ser aprovechado y manipulado. Por ejemplo, se le puede usar con sustrato base de la producción de hongos comestibles. Para ello, se realiza la transformación utilizando cepas del género *Pleurotus*, el cual presenta una amplia gama de especies que son capaces de adaptarse a este tipo de sustratos y permiten una fácil manipulación durante la inoculación de este. El hongo *Pleurotus* se estudia con mayor frecuencia debido a las propiedades ligninolíticas que contiene. En los hongos basidiomicetos, las enzimas lignocelulolíticas sufren alteraciones debido a varios elementos de fermentación como: proporción de carbono a nitrógeno, composición media, temperatura, pH entre otras. De igual manera, la resistencia y la reproducción de los hongos se encuentra afín con diversos factores que logran actuar por separado o poseer efectos dinámicos entre ellos (Pinos, 2020).

El cultivo de caña, parte de la producción agroindustrial, genera varios subproductos como el bagazo de caña que es quemado y provoca efectos perjudiciales en el ambiente como el efecto invernadero y el calentamiento global (Burgos, F.; Michilena, 2015).

En el 2018, se produjeron 1'300.000 toneladas de bagazo de caña. Para el 2022, se estimó reducir en un 50% mediante la implementación de charlas y proyectos que estimulen la buena actividad económica además de concientizar a la sociedad (CINCAE, 2013). Igualmente, el tamo de arroz es uno de los residuos más abundantes a nivel mundial con aproximadamente 1.000 millones de toneladas (Cruz Ramírez, 2017). Por estos

motivos, se considera preciso mejorar el manejo de los residuos agrícolas mediante su reutilización.

En línea con lo anterior, se ha comprobado que la producción de hongos comestibles, como el *Pleurotus ostreatus*, además de ser amigable con el ambiente, ayuda a producir alimentos, generar ingresos, contribuir a la reutilización de desechos agroindustriales y evitar la acumulación e incineración de estos. En relación con tal situación, el hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) es bajo en carbohidratos y grasas, contiene entre 20 - 40% de proteínas y vitaminas colocándose por encima de la mayoría de vegetales, frutas y verduras respecto al valor nutricional que posee (Ardón López, 2007). De igual manera, es un material muy deseado en la gastronomía por su sabor y propiedades organolépticas.

Por otro lado, debido a que la sobrepoblación es una de las principales causas a problemas mundiales como la hambruna, es necesario generar nuevas fuentes de alimento con mejores formas de producción y así lograr satisfacer las necesidades de la población. Por ello, en este trabajo de titulación se busca evaluar el rendimiento del sustrato base de bagazo de caña y el tamo de arroz para utilizarlo en la siembra del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*.

Por otra parte, la falta de conocimiento en temas de educación ambiental y el desaprovechamiento de estos residuos agroindustriales (bagazo de caña y tamo de arroz) con potencial de incorporación a un nuevo proceso productivo, han anulado la posibilidad de que se refuerce una verdadera cultura de conservación del ambiente, que se aficione por el manejo correcto de los residuos generados en este tipo de actividades productivas. Adicionalmente, en el proceso de producción del arroz y la caña de azúcar, los agricultores solo se enfocan en el producto final, dejando de lado y no prestando interés a los subproductos generados (bagazo y tamo de arroz) y desechados en el proceso de producción, lo que refleja el desconocimiento de las propiedades y la utilidad de reaprovechamiento que se le podría dar a los mismos residuos (Bernal & Carvajal, 2019).

Así, en el presente trabajo se realizó un análisis cuantitativo de método experimental en el cual se probará la eficiencia de los sustratos de bagazo de caña y tamo de arroz en diferentes porcentajes para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*, luego se realizará un análisis estadístico en el software "Stata" y finalmente se espera identificar el mejor sustrato para la producción del hongo. Así, mediante este estudio se estableció cuál de los tratamientos resulto en un mejor rendimiento, contribuyendo al incremento del valor agregado de los residuos de caña y tamo de arroz, así como a la disminución del impacto ambiental derivado del proceso de producción.

1.1. Objetivos

1.1.1. General

Evaluar el rendimiento de *Pleurotus ostreatus* inoculado en el sustrato del bagazo de caña de azúcar y el tamo de arroz, en la ciudad de Cuenca.

1.1.2. Específicos

- Determinar el crecimiento del hongo mediante diferentes parámetros, 100% bagazo de caña (T1), 75% bagazo de caña y 25% tamo de arroz (T2), 50% bagazo de caña y 50% tamo de arroz (T3), 25% bagazo de caña y 75% tamo de arroz (T4), 100% tamo de arroz (T5), con el fin de establecer diferencias en cada tratamiento.
- Cuantificar el número de píleos (sombreros) desarrollados en cada sustrato con el propósito de determinar el mejor sustrato.
- Evaluar el rendimiento del hongo mediante registro de peso para conocer con el propósito de determinar el mejor sustrato

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. La caña de azúcar en el mundo y en el Ecuador

La caña es una gramínea de origen tropical que aglomera un jugo dulce en su interior; el tallo mide de 2 a 5 metros (m) de alto con un diámetro aproximado de 5 a 6 centímetros (cm) (Sarasti, 2015). Se establece como el cultivo sacarífero más relevante del mundo, siendo el responsable de la producción del 70% total de azúcar, se extiende a lo largo de trópicos y subtropicos desde España hasta Uruguay y Australia; además produce de 40 a 150 toneladas por hectárea (t/ha) de caña y entre 3,5 y 15 t/ha de azúcar (Romero et al., 2018). La caña de azúcar hace uso intensivo de agua y es un cultivo perenne dado que las mismas plantas pueden cosecharse después de 12 a 18 meses en un lapso de cinco años. Sin embargo, con el tiempo, el rendimiento es menor; de esta planta se obtiene el azúcar, el etanol, la melaza o jugo espeso y el bagazo. En este aspecto, según lo que señala la OCDE¹ los países que producen caña en grandes cantidades son: China, India, Brasil y los países de la Unión Europea (OCDE, 2021). Sin embargo, la productividad de la caña de azúcar varía de forma significativa, acorde a diversos factores como fertilidad variable del suelo, variedades utilizadas, prácticas culturales, utilización de fertilizantes, riego, control de malas hierbas, plagas y enfermedades, entre otros (Humbert & Bonnet, 1969).

Así, en 2020 - 2021, Brasil, India, la Unión Europea y China obtuvieron las cosechas de caña de azúcar más altas con 42,05; 33,76; 15,4 y 10,6 millones de toneladas respectivamente (Ingenio San Carlos, 2020; United States Department of Agriculture, 2021). Por su parte, en América del Norte, los países representativos son México y Estados Unidos (United States Department of Agriculture, 2021). Por ejemplo, México tiene más de 800.000 hectáreas (ha) de cultivo de caña ubicados en 267 municipios y 15 estados de la república (Francisco & Fernández, 2021). En este sentido, Colombia y Argentina son los países latinoamericanos con mayor producción de caña de azúcar con 2,2 y 1,83 millones de toneladas en el periodo mencionado (United States Department of Agriculture, 2021). Por su parte, Ecuador posee una producción aproximada a 82.000 ha con plantas de calidad genética y fitosanitaria, así como de diferentes tipos (Arellano et al., 2009). Además, según la FIADE² constituye una fuente de trabajo directo e indirecto teniendo personal en ingenios azucareros, cultivadores de caña e industrias o pequeñas empresas (FIADE, 2004). De tal forma, es una de las industrias más innovadoras en el país y que se encarga

¹ OCDE son las siglas de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

² FIADE son las siglas de la Fundación para la Investigación Azucarera del Ecuador.

de cubrir el proceso agroindustrial de la caña de azúcar representando el 8,7% del PIB agrícola en el Ecuador (CINCAE, 2018). Siendo Guayas, Manabí, Cañar, Los Ríos, Imbabura, Azuay y Loja las provincias donde existen cultivos de caña; constituyéndose como la zona de mayor producción la cuenca baja de Río Guayas con una superficie del 92% (72.000 ha), de lo cual, el 60% (43.200 ha) pertenece a los cañicultores y el 40% (28.800 ha) a los ingenios (CINCAE, 2011).

2.2. Taxonomía de la caña de azúcar

La caña es una hierba gigante que pertenece al reino vegetal, del tipo fanerógamas, con subtipo angiospermas, correspondiente a la clase monocotiledóneas y del orden glumales. Se encuentra dentro de la familia de las gramíneas, de la tribu *andropogoneae* y de la subtribu *Saccharinineae*. Su género es *Sccharum*. Hay dos especies salvajes de *Sccharum* confirmadas y cuatro domesticadas, se observar en la Tabla 1 (Bakker, 1999).

Tabla 1. Especies de género *Sccharum*

Especie	Tipo	Características
<i>S. Spontaneum L.</i>	Salvaje	Puede ser encontrada a lo largo de las zonas tropicales de África, Asia y Oceanía.
<i>Saccharum Robustum JESWIET et BRANDES</i>	Salvaje	Es única de Nueva Guinea e islas vecinas. Es larga, como una planta de bambú que regularmente alcanza 10 m de altura y se utiliza en casas y postes de cercas. Además, tiene una alta resistencia a plagas y enfermedades. Son plantas cultivadas provenientes, probablemente, de <i>S. Robustas</i> . Tienen el tallo grueso, a menudo con líneas coloridas a lo largo del tallo y de 3 a 5 m de altura con pocos macollos, alto contenido de sacarosa y corteza blanda.
<i>Saccharum officinarum</i>	Domesticada	Estas especies parecen estar restringidas a Melanesia e Indonesia, se la considera como un mutante de <i>S. officinarum</i> .
<i>Sacharon edule HASSK</i>	Domesticada	Tienen tallos delgados, resistentes a climas subtropicos y templados. Se cree que estas especies provienen del norte de la India como un híbrido del <i>S. spontaneum</i> and <i>S. officinarum</i> .
<i>Saccharum barberi JESWIET</i>	Domesticada	Estos son altos, vigorosos, con tallos duros y rosa; son un híbrido de <i>S. spontaneum</i> y <i>S. officinarum</i> .
<i>Saccharum sinense ROXBURGH</i>	Domesticada	

Fuente: Adaptado de (Bakker, 1999).

2.3. Morfología de la caña de azúcar³

La caña es una planta monocotiledónea con un procedimiento radical, un tallo, nudos, entrenudos, hojas, vaina y flor, los mismos se describen detalladamente a continuación.

³ Adaptado de (Osorio, 2007).

2.3.1. Raíces

Forman la parte interna subterránea de la planta, están encargadas de sujetarla y nutrirla. La planta tiene dos tipos de raíces: primordiales y permanentes. Las primeras corresponden a la primera estaca sembrada, son ramificadas y tienen un período de vida de tres meses. Las segundas surgen en anillos de los brotes nuevos, son abundantes, gruesas y se reproducen a medida que la planta va creciendo. La edad, cantidad, longitud y tamaño de las raíces permanentes dependen de la variedad de la planta y las circunstancias edafoclimáticas que posea (Osorio, 2007).

2.3.2. Tallo

Este órgano es el más importante, debido a que es el lugar en donde se aglomeran los azúcares. Así, características como el color, grosor y forma de desarrollarse dependen de la variedad a la que pertenecen, pero la extensión del tallo se basa en los factores ambientales, la variedad y la manera de manipular a la planta. En este aspecto, los tallos se dividen en tres clases: primarios, secundarios y terciarios. Así también, el tallo no presenta ramificaciones, tiene una sección circular y transversal, que se pueden visualizar en secciones compuestas por nudo y entrenudo (Marasca et al., 2015).

2.3.3. Nudo

Está formado por la cicatriz de la hoja, banda de raíces, nudo, anillo ceroso y la yema que, en su conjunto, forman la parte más dura y fibrosa de la planta. Este órgano es muy utilizado para el reconocimiento de la variedad a la que pertenece la caña de azúcar (Osorio, 2007).

2.3.4. Entrenudo

Se encuentra en el tallo, delimitado por los nudos. La apariencia del entrenudo suele ser cilíndrica, curvada y constreñida. Está ubicada entre dos nudos con un aspecto, grosor, extensión y color que provienen tanto de la variedad como del ambiente (Zerega, 2018).

2.3.5. Hojas

Estas surgen de los nudos de la planta de manera alterna y forman dos hileras opuestas; están constituidas por lámina foliar, yagua y vaina. La lámina foliar es el elemento más importante en la fase de fotosíntesis, su ubicación depende de la variedad y tiene la nervadura central a lo largo de su forma, aunque también posee protuberancias aserradas en los bordes. Además, es importante mencionar que las hojas que se encuentran en la parte superior reciben alrededor del 70% de luz solar, y dada esta situación se produce un

sombreo en las hojas inferiores lo cual hace que se disminuya su producción de fotosintatos (Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar, 2015).

2.3.6. Flor

Emitir flor es una propiedad natural de la caña que asegura la perpetuidad de la especie, sin embargo, está expuesta a diversos factores que pueden o no promover su aparición. Con una figura alargada, lisa y en espiga, la inflorescencia de la caña es hermafrodita. En este aspecto, la floración sucede de acuerdo a la temperatura, disponibilidad de agua y nutrientes, iluminación y buenas condiciones ambientales (Chaves, 2017).

2.4. Subproductos de la caña

En este aspecto, el 24% de la producción azucarera, que usa la caña de azúcar como producto básico, tiene un valor comercial. Sin embargo, el 76% restante está compuesto por residuos como el cogollo, bagazo, las pajas y hojas, bagacillo, melaza, melote, la cachaza y vinaza (Riveros, 2012; CINCAE, 2013).

2.4.1. La pulpa

La pulpa de la caña de azúcar proviene del bagazo, el cual es un subproducto industrial, resultado de la producción de azúcar (Aguilar, 2011). Según Roca et al. (2006), el bagazo podría llegar a tener aproximadamente del 26% al 29% del peso de caña molida; se encuentra formado por agua, algunos sólidos particulados y por sólidos solubles en cantidades más pequeñas. Además, menciona que los sólidos particulados se constituyen por dos estructuras distintas: fibras y meollo. Así, las fibras se forman por células redondas y tejidos vasculares que poseen paredes duras, mismas que pueden encontrarse en la corteza y en la parte interna. Por otro lado, el meollo incluye en su estructura células parenquimatosas irregulares y paredes finas con débil fuerza estructural, están ubicadas en el centro de la caña y son capaces de embeber alrededor de 20 veces su peso en agua (Roca et al., 2006).

2.4.2. El agua contaminada

Esencialmente, la producción de caña contamina el agua en dos formas, sea fijamente o difusamente. La forma fija se asocia a la producción de derivados como melazas, azúcar y etanol, principalmente; la segunda se relaciona con el cultivo en sí. De tal manera, aunque en la actualidad se ha reducido paulatinamente con los nuevos procesos productivos de azúcar y etanol la contaminación por fuentes fijas, existe la preocupación de que la generación de vinazas (provenientes de los nuevos procesos de

producción) incrementen la contaminación del suelo y agua. Otro subproducto que es contaminante hídrico y se genera de la producción de etanol es la flemaza (Pérez et al., 2011). Con respecto a la contaminación difusa, ésta involucra la transformación y transporte de desechos a través de distintos medios (Bravo et al., 2013). En este aspecto, los plaguicidas son las principales sustancias contaminantes que utilizan los productores y que llegan a las aguas superficiales y subterráneas al interactuar con el ambiente (Bravo et al., 2010).

2.4.3. Anti nutricionales en residuos de caña

Los anti nutrientes o factores anti nutricionales son compuestos que alteran la cantidad nutricional de ciertos alimentos, sobre todo de las micelios, ya que obstaculizan la síntesis de varios alimentos procedentes de origen vegetal, tales como los minerales y proteínas (Elizalde et al., 2009). Estos se clasifican como termo lábiles y termo estables. Dentro del primer grupo se tienen los inhibidores de proteasas, lectinas, goitrógenos y antivitaminas; siendo los más importantes lectinas e inhibidores de proteasas. Mientras que pertenecen al segundo grupo, los oligosacáridos, factores antigénicos, y aminoácidos no proteicos tóxicos, cianógenos, saponinas, fitatos y estrógenos (Ruiz, 2015).

En línea con lo anterior, en la alimentación animal, la principal limitación nutricional para el uso del bagazo es por los compuestos tóxicos o anti nutricionales que contiene, como las proteasas, lectinas, fitatos y taninos. Sin embargo, dada la naturaleza fibrosa, estos compuestos, se volverían más asimilables a través de métodos de degradación por oxidación con hongos (Valiño et al., 2004).

2.4.4. Taninos

Son compuestos polifenólicos que pueden unirse a proteínas, enzimas, ácidos nucleicos, polisacáridos entre otras; y constituir complejos con el hierro de los alimentos, impidiendo la asimilación de los nutrientes (Smithard, 2009; Lange et al., 2000; Caldas & Blair, 2004). Así también se distinguen por unirse a otras macromoléculas mediante fuerzas covalentes y no covalentes, por su sabor amargo, así como por tener características de desecación y contracción; sin embargo, tales propiedades varían dependiendo del tipo de tanino. Los mismos que han sido clasificados en cuatro grupos: condensados, hidrolizables, florotanninos y taninos complejos (Olivas et al., 2015). De tal forma, las plantas sintetizan taninos mientras se desarrolla la micelio para luego usarlos como fuente de aminoácidos y como un mecanismo de defensa frente a hongos, insectos y amenazas (Elizalde et al., 2009). De modo que, en las leguminosas, los taninos están en la cascarilla de las micelios (Griffiths, 1984).

2.5. Residuos producidos por la cosecha de caña

La industria azucarera en el Ecuador genera gran cantidad de subproductos, solo para el 2008 se originaron alrededor de 1'300.000 toneladas métricas (Tm) de bagazo. Generalmente, el bagazo es usado en cogeneración, no así con la ceniza, vinaza y cachaza, debido a que estas pueden utilizarse para aplicar al cultivo de caña de forma compostada o fresca (CINCAE, 2013). Aunque, en muchos lugares del país, este residuo no es aprovechado y es eliminado mediante la quema de caña, proceso que genera contaminación del suelo, aire y agua, de modo que suprime una parte importante de biomasa producida por la planta (Triana & León, 2014), para observar la caña de azúcar cortada donde se observa en la Figura 1.



Figura 1. Caña de azúcar (*Saccharum spp.*) recién cortada
Fuente: (Velasco et al., 2017)

2.5.1. Impacto de los residuos generados por caña de azúcar al medio ambiente

En este sentido, la caña de azúcar contiene una forma básica de energía en el reino vegetal, estas plantas transforman el dióxido de carbono y agua en sacarosa, durante la cual se produce la contaminación del agua. Donde, la sacarosa de la caña es un disacárido natural formado por el enlace bioquímico de los monosacáridos: glucosa y fructosa. No obstante, los residuos generados son quemados, donde se puede ver en la Figura 2. Lo cual produce gases de efecto invernadero, humo y partículas en el aire que son arrastradas hacia ríos o riachuelos. Asimismo, se manifiesta que la producción de caña provoca la degradación de los recursos naturales y crisis. Esta situación hace que sea necesario desarrollar nuevos proyectos que minimicen los impactos ambientales sin necesidad de reducir la producción y mejoren el bienestar de toda la población (Loberty, 2009).



Figura 2. La contaminación provocada por la quema de la caña
Fuente: (Macronorte, 2020)

2.6. El tamo de arroz

El arroz es el tercer cultivo más importante a nivel mundial. En consecuencia, el proceso productivo del tamo de arroz se ubica en el tercer lugar, como uno de los mayores productores de residuos agrícolas en el mundo, después de los residuos generados por las plantaciones de trigo y maíz. Así, la producción mundial estimada de tamo de arroz se ubicó entre 741 y 1.110 millones de toneladas en el 2014, según la FAO, considerando que por cada kilogramo de grano cultivado se producen de 1 a 1.5 kilogramos de tamo de arroz (Cruz, 2017). El tamo de arroz, se observa en Figura 3, posee una biomasa lignocelulósica compuesta por polímeros que complican su degradación, además, poseen una densidad baja, razón por la cual ocupa grandes espacios. Por tal motivo, gran parte de estos subproductos son trasladados a rellenos sanitarios o incinerados a cielo abierto lo que genera gases de efecto invernadero, afectando la calidad del ambiente y de la salud pública.

En Colombia, a diferencia del tamo, la cascarilla de arroz ha tenido diversos usos. Se estima que menos del 5% del total de los residuos de la cascarilla son utilizados en establos, avicultura, jardinería, entre otros procesos que no requieren del total de la biomasa. Esta situación evidencia que los residuos o subproductos del cultivo de arroz no han sido parte de potenciales usos que lleven beneficios para los productores y su entorno (Bernal & Carvajal, 2019).



Figura 3. El tamo de arroz
Fuente: (Ambientalum, 2015)

2.6.1. El tamo de arroz en el Ecuador

El tamo o cascarilla, se distingue por contar con una estructura simétrica formada por papilas simples, mismas que están separadas por surcos y granos de compuestos de silicio dispersos sobre toda la superficie (Arcos et al., 2007). Durante el crecimiento del arroz, la cascarilla representa baja densidad y gran volumen ya que cuenta con capas, que pueden ser: estructurales, fibrosas, esponjosas o celulares (Fernandes et al., 2016). Este producto tiene varios usos en el Ecuador, pues según el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), el 35% se utiliza en la industria florícola y criaderos de animales (MAGAP, 2010). Así, también se la utiliza como abono orgánico, o como combustible en el secado de cereales después de someterla a un proceso, debido a que es viable y provechoso para el medioambiente (Urquiza et al., 2011). Por otra parte, Zambrano et al. (2021) sostienen que se hace uso de la cascarilla de arroz con el fin de obtener fibras de celulosa y de tal forma evitar desperdicios ya que en Ecuador el cuarto cultivo más grande, es el de arroz y el tamo representa un 20% del peso en seco de la cosecha de este producto (Zambrano et al., 2021).

2.7. Generalidades de los hongos

Son considerados organismos heterótrofos, eucariotas y pluricelulares, se encargan de producir esporas y no poseen clorofila. El tipo de reproducción puede ser sexual o asexual, además su nutrición es mediante absorción. Es importante mencionar que los hongos son los organismos principales que se ocupan de descomponer la materia orgánica tales como plantas o desechos de animales. Por otra parte, la aglomeración de las células que componen los hongos crean el micelio que conforma la parte vegetativa de los hongos, pero es muy común en la mayoría de hongos comestibles. Así, en el momento de que los hongos fructifican, se fundan los ascomas (*Ascomycetes*) o basidiomas (*Basidiomycetes*) los cuales constituyen el cuerpo fructífero o “fruto” del hongo, conocido generalmente como seta. Es decir, los hongos se componen por setas y micelio (Calero, 2018; Guevara, 2018). En la Figura 4 se observan las partes del hongo.

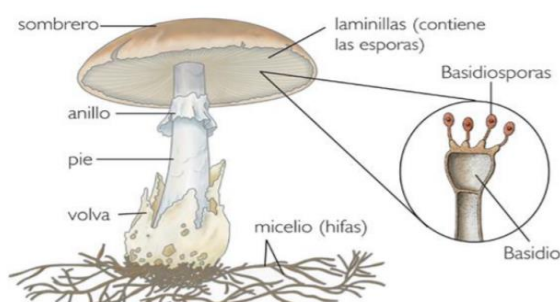


Figura 4. Morfología del hongo
Fuente: (Guevara, 2018)

2.7.1. Los hongos comestibles

Existen hongos de varios tipos, tanto comestibles como alucinógenos y venenosos, véase Figura 6. Frecuentemente, cuando se mencionan los hongos comestibles se los relaciona con el champiñón blanco (*Agaricus Bisporus*). Sin embargo, también están los hongos cultivados de gran potencial productivo como el *Pleurotus Ostreatus*, gírgolas o setas del género *Pleurotus* (*P. Ostreatus* y *P. pulmonarius* principalmente). Estos soportan gran variación de condiciones térmicas, enfermedades y plagas, además puede ser cultivada sobre cualquier sustrato lignocelulósico y tiene propiedades organolépticas. Dichos aspectos permiten que el hongo pueda cultivarse con poca tecnología de manera que se disminuye en gran proporción la inversión inicial y los costos operacionales, lo que ha posibilitado una rápida expansión de su cultivo (Ardón, 2007).

Asimismo, los hongos tienen una biología diferente a las plantas y animales, particularmente en características ecológicas, citológicas, fisiológicas y moleculares, por ende, la relación que tienen con múltiples grupos culturales y humanos son singulares. Los hongos silvestres comestibles están determinados por ciertos factores como la presencia de lluvias y humedad, que son de suma importancia para el desarrollo de los hongos (Mata, 2013).



Figura 5. Hongos comestibles
Fuente: (Ardón, 2007)

2.7.1.1. Tipos de hongos comestibles

➤ Champiñón (*Agaricus bitorquis*)

Es un organismo que se cultiva a nivel nacional con una producción estimada de 4 millones de toneladas y con un valor económico significativo. Son una fuente de alimentación muy nutritiva, tienen vitamina D, calcio y antioxidantes que, aunque no ayudan a la reparación del ADN, reducen las probabilidades de que las células malignas acaben derivando en cáncer, enfermedad que afecta la salud humana

(Hernández et al., 2012). Para observar el hongo *Agaricus bitorquis*, se observa en la Figura 6.



Figura 6. Hongo Agaricus Bitorquis
Fuente: (Fungipedia, 2019)

Características

El sombrero mide de 4 a 18 cm de diámetro, es convexo y extendido. La cutícula es blanca, con características de sequedad, lisa o en algunos casos escamosa. El margen es curvo y se extiende por fuera de las láminas. El píleo o sombrero del hongo es grueso, de color blanco y firme. Posee olor y sabor suave (Ahrendts, 2005).

➤ **Hongo Orellana (*Pleurotus ostreatus*)**

Este tipo de hongo son macromicetes comestibles pertenecientes al reino Fungi, considerados como setas, no poseen clorofila y por ello necesitan crecer en un sustrato que les brinde nutrientes necesarios para su supervivencia (Benavides, 2013). Para observar el hongo Orellana, se observa en Figura 7.



Figura 7. Hongo Orellana
Fuente: (IDOC PUB, 2019)

➤ **Hongos Epigeos**

La micofagia ha contribuido fundamentalmente en la evaluación de los sistemas reproductivos y mecanismos de dispersión de los hongos hipogeos y epigeos. Las esporomas de estos hongos dispersan las esporas, de acuerdo al viento, además, la intervención de los animales micófagos ayuda a que exista una dispersión más efectiva y dirigida, debido a que, cuando los consumidores despedazan, mordisquean e ingieren

los esporomas, pueden depositar las esporas directamente en las raíces de los árboles asociados a través de su excremento (Castillo et al., 2012). En la Figura 8 se observa los hongos epigeos.



Figura 8. Hongos Epigeos
Fuente: (Planfor, 2020)

➤ **Portobellos (*Agaricus bisporus*)**

Se conocen como champiñones frescos o setas doradas y son hongos que pertenecen al campo de los vegetales inferiores debido a que no poseen raíces, tallos y hojas. Este hongo que se comercializa, es el cuerpo fructífero de la especie llamada *Agaricus bisporus*, véase Figura 9. Cuenta con las siguientes características: tiene un sombrero marrón tostado y es más grande que el champiñón blanco común, es un producto delicado y altamente perecedero por lo que debe estar refrigerado a 4 grados centígrados siempre, con el fin de conservarlos (Setas, 2017).



Figura9. Hongos Portobellos
Fuente: (Setas Doradas, 2018)

➤ **Trompeta de los muertos (*Craterellus cornucopioides*)**

Es una especie fácil de reconocer por su forma y color característicos, se observa en la Figura 10. Aunque es similar al *Craterellus Cinereus*, de aspecto y coloraciones, el *Craterellus Cornucopioides* tiene el himenio formado por arrugas más definidas, crece en bosques de hayas, robles y encinas, prefiere terrenos calcáreos, pero también aparece en terreno silíceo. Es un hongo comestible muypreciado por la gastronomía debido a su sabor y aroma (Cuesta & Rodríguez, 2019).



Figura 10. *Craterellus cornucopioides*
Fuente: (iNaturalist, 2018)

➤ **Múrgulas (*Morchella*)**

Son setas primaverales con pie hueco y sombrero alveolado, se observa en Figura 11. Existen diversas especies del género *Morchella* y se conocen con varios nombres: múrgulas, colmenillas o rabasolas. Tienen un alto valor gastronómico, aunque no deben consumirse crudos o poco cocinados porque podría provocar hemólisis. A causa de su toxicidad precisan ser desecadas y cocinadas por un largo período de tiempo. A simple vista, destaca su forma de pie cilíndrico y tronco blanquecino que sostiene el sombrero esférico de color rosado pero tienen un sabor delicioso (Carrasco, 2013).



Figura 11. Hongo Múrgulas (*Morchella*)
Fuente: (Casas, 2021)

➤ **Hongo *Pleurotus ostreatus***

Este tipo de hongos son macromicetes comestibles pertenecientes al reino Fungi, considerados como setas, no tienen clorofila, por lo tanto, necesitan crecer en un sustrato que les brinde suficientes nutrientes para su supervivencia (Benavides, 2013). Estos son descomponedores de madera, saprofitos, se alimentan de la materia orgánica en la que están creciendo y se encargan de degradar las sustancias con enzimas liberadas al medio acuoso del que se encuentran rodeados. Por esta razón es importante abastecerse de un sustrato apropiado cuando se desee cultivar esta especie (Rodríguez, 2015). El cultivo de este tipo de hongo, como se observa en la Figura 12, cuenta con un rápido desarrollo y gran aprobación por parte de los clientes, debido a sus características nutricionales, sabor y por la diversidad de remanentes naturales en

los cuales puede crecer y adaptarse a un extenso intervalo de temperatura (Ardón, 2007).



Figura 12. Setas de *Pleurotus ostreatus*
Fuente: (Ardón, 2007)

2.8. Propiedades medicinales del hongo *Pleurotus ostreatus*

Se identifica por su propiedad organoléptica, que refleja el aspecto y buen aroma, utilizado en la preparación de varios platillos. Este hongo tiene diferencias en la composición química que posee, las cuales presentan cambios debido al sustrato, procedimiento de cultivo, origen geográfico de la cepa. Además, los minerales se agrupan vigorosamente en los organismos fructíferos, de tal manera, el potasio se congrega 3,2 veces, el sodio 1,64, el fósforo 1,7 y el cadmio 2,75 veces, comparado con la concentración de tales minerales en la base o sustrato (Ardón, 2007).

2.8.1. Sistema de producción del hongo *Pleurotus ostreatus*

La suficiencia del *Pleurotus ostreatus* para crecer en una amplia variedad de sustratos lignocelulósicos residuales y a un extenso rango de temperatura hace que esta especie, sea la más sencilla de cultivar. Este hongo puede ser cultivado de forma industrial o artesanal con las diferencias que se observan en la Tabla 2.

Tabla 2. Diferencias entre la producción industrial y artesanal

	INDUSTRIAL	ARTESANAL
Sustrato	Composición perfeccionada con aditivos	Material lignocelulósico, residuos agroindustriales
Picado	Picadora industrial	Granulometría
Humectación	Estanques de concretos y sistemas de humectación	Con recipientes de metal o de plástico
Esterilización	Calor húmedo, puede ser por túneles de pasteurización y autoclaves)	Tratamientos con agua caliente
Incubación	De forma mecánica	Manualmente
Control de factores ecológicos	Sistema de aire acondicionado o de riego por nebulización	Abriendo puertas y ventanas, riego manual.
Infraestructura	Diferentes salas de procesos	Todos los procesos en una misma sala.

Fuente: Adaptado de Robalino (2017).

2.8.2. Sustratos utilizados en la producción de hongos

Los sustratos deben ser previamente evaluados con respecto a la humedad y esterilizados por tratamiento térmico para utilizarse en la producción de hongos. De tal manera, en la Tabla 3 se presenta el tipo de hongo, los sustratos empleados para su cultivo y la organización en la que han sido suministrados tales sustratos.

Tabla 3. Sustratos utilizados en diferentes tipos de hongos

Tipo de Hongo	Abreviatura	Sustrato	Suministrado por
	PO1	En mezcla de: 18% de salvado; 35% de aserrín; 2,8% de carbonato cálcico; 42% de viruta; 2,2% de melaza	Asociación de Mujeres Micelios de Futuro (Amusef)
<i>Pleurotus ostreatus</i> (PO)	PO2	En mezcla de: 50% caña; 30% frijol; 20% cáscara de cacao	Asofungicol
	PO3	En mezcla de: 8,25% de tallos y vainas de frijol; 9,75% capacho; tallos y hojas de maíz; 26,5% tamo de arroz; 5,0% cascarilla de arroz; 1,4% de carbonato cálcico	Asofungicol
<i>Pleurotus pulmonarius</i> (PP)	PP1	En mezcla de: 50% bagazo de caña; 25% tamo de maíz; 25% tamo de frijol	Asofungicol
	PP2	En mezcla de: 50% bagazo de caña; 30% tamo de frijol; 20% cáscara de cacao	Asofungicol
<i>Pleurotus sajor-cajú</i> (PSC)	PSC1	Cultivada sobre zoca de café	Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé)
	PSC2	Mezcla de zoca y pulpa de café 1:1	Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé)

Fuente: Adaptado de Nieto & Chegwin (2010).

Además de darse el cultivo de hongos con los sustratos anteriormente descritos, existen otros estudios que indican la viabilidad de cultivar comercialmente *Pleurotus ostreatus* utilizando sustratos selectivos basados en la reutilización de sustratos post cultivo del mismo hongo, empleando como aditivos dos suplementos nutritivos comerciales a dos dosis distintas. De tal forma, el cultivo con sustratos suplementados con Calprozime⁴ a dosis de 20 y 10 g kg⁻¹ presenta el mejor comportamiento agronómico, proporcionando altos valores de eficiencia biológica tales como: 41,8 y 35,0 g por 100 kg de sustrato, de manera respectiva (Pardo et al., 2021).

⁴ Suplemento nutritivo comercial.

2.8.3. Rendimiento de hongos

El rendimiento varía dependiendo de cada tipo de hongo, pues aún en hongos de la misma especie varían los sustratos que se utilizan debido a las distintas condiciones de cultivo a las que están expuestos. De la misma manera, es importante la disponibilidad de sustrato disponible ya que de este factor depende el rendimiento de hongos frescos (Rajarithnam & Bano, 1991; García, 2020). Así también, se considera que para elevar la producción de hongos se debe seleccionar variedades de alto rendimiento y perfeccionar la tecnología del cultivo (Grodzinskaya et al., 2002).

Por otra parte, según un estudio realizado por Díaz et al. (2019) la producción más alta de *Pleurotus ostreatus* se obtuvo cuando se usó el bagazo de caña como sustrato, pues se obtuvo una eficiencia biológica de 16,77% y un rendimiento de aproximadamente 0,90% (Díaz et al., 2019). De tal manera, para tener los mejores rendimientos del cultivo, la dimensión de la partícula de los sustratos debe estar alrededor de 0,5 y 2,0 cm (Rodríguez et al., 2006).

2.8.4. La degradación lignocelulósica

Puede llevarse a cabo a través de una gran cantidad de microorganismos, aunque existen pocos que tienen la capacidad de degradarla. Los hongos de podredumbre blanca, llamados saprótrofos, son los organismos ligninolíticos por excelencia, debido a que estos efectúan en la mayoría de ocasiones los procesos de degradación de lignina en la naturaleza (Pinos, 2020).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo el desarrollo productivo de cepas de hongo *Pleurotus ostreatus*, se necesita preparar el sustrato, materia prima que contenga celulosa y nitrógeno ya que son 2 ingredientes principales para la producción. En este trabajo se utilizó como sustrato base el tamo de arroz y el bagazo de caña, los cuales se emplearon en diferentes porcentajes para 5 tratamientos.

3.1. Definición de la zona de estudio

La investigación se realizará en la Granja Miracielos que pertenece a la Universidad Católica de Cuenca, la cual se ubica en la parroquia Ricaurte de la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay, véase Figura 13. Los desechos de bagazo de caña serán obtenidos de las procesadoras de caña del cantón Santa Isabel; mientras que los residuos de tamo de arroz serán obtenidos de los restos de cultivos que existen en el cantón el Triunfo provenientes de la Piladora de los hermanos Andrade.



Figura 13. Ubicación de La Granja Miracielos
Fuente: (Google Earth Pro, 2019)

La investigación es de tipo cuantitativo experimental, dado que permitió la recolección y el análisis de datos numéricos con respecto a las variables establecidas (Hernández et al., 2014). Considerando como variables de interés: el número o cantidad de hongos *Pleurotus ostreatus* producidos y/o el peso en kilogramos de los hongos *Pleurotus ostreatus* producidos. Para analizar el rendimiento se consideró la variable (Peso gr del producto final (hongos) / Peso gr total del sustrato usado inicialmente para cada tratamiento). Adicionalmente, dado que el desarrollo de los cuerpos fructíferos requirió del

consumo de nutrientes y degradación de materia muerta, se elaboraron bloques estériles para el período de incubación en el proceso; para que de tal manera sea posible generar las condiciones ambientales propias del lugar de producción y así simular las condiciones de crecimiento en el ambiente natural (Robalino, 2017).

3.2. Materiales

Para llevar a cabo los tratamientos con los sustratos de bagazo de caña y el tamo de arroz, se usaron los materiales que se detallan en la Tabla 4.

Materiales utilizados
Picadora de pasto para ensilaje
Cal viva
Ollas industriales
Cocina industrial
Agua
Bolsas de polietileno
Recipiente
Guantes
Micelio del hongo <i>Pleurotus Ostreatus</i>
Balanza
Cámaras húmedas
Plástico negro
Sarán
Madera
Alambre inoxidable
Balanza
Agua

3.3. Desarrollo metodológico

Esta investigación considera como población a los diferentes tipos de tratamiento, que se proporcionó debido a la mezcla en diferentes porcentajes de sustratos de residuos de bagazo de caña y tamo de arroz, en donde se inoculó una cantidad conocida de sepas de hongo *Pleurotus ostreatus*, y la muestra corresponde al total de la población. El proceso se desarrolló en 5 fases; así en la primera fase, el micelio se desarrolló en bagazo de caña y tamo de arroz en diferentes porcentajes, las imágenes se pueden visualizar en el Anexo 3. Para ello, se realizaron 5 tratamientos y 3 repeticiones con el fin de establecer la eficiencia de cada uno de los sustratos, es decir, cuáles proporcionan los mejores nutrientes para el crecimiento del hongo. Los tratamientos y la mezcla correspondiente a los sustratos se detallan en la Tabla 5.

Tabla 5. Tratamientos y sustratos empleados

Tratamientos	Sustratos	Peso sustrato	Peso micelio
Tratamiento 1	100% bagazo de caña	1598 gr	159 gr
Tratamiento 2	75% bagazo de caña y 25% tamo de arroz	1506 gr	150 gr
Tratamiento 3	50% bagazo de caña y 50% tamo de arroz	1513 gr	151 gr
Tratamiento 4	25% bagazo de caña y 75% tamo de arroz	1245 gr	124 gr
Tratamiento 5	100% tamo de arroz	1269 gr	126 gr

3.4. Determinación de crecimiento de hongo

Para de determinación de del crecimiento de hongo ostra gris se realizó las siguientes fases:

3.4.1. Fase 1: Preparación del sustrato

Para determinar el crecimiento del hongo en los diferentes parámetros ya visto en la tabla 5, primero se trató los remanentes industriales de tamo de arroz y bagazo de caña, que se trituran hasta alcanzar un tamaño de 1.5 y 2 centímetros. Después se realiza el lavado con abundante agua por aproximadamente 30 minutos entre cada interacción, véase Figura 14.



Figura 2. Trituración del sustrato

Luego se procede a colocar el 0,02% de cal viva y se deja reposar durante 24 horas a temperatura ambiente. Posteriormente, en 100 litros de agua se deposita 1,5kg de cal en un tanque de 150 litros con la finalidad de desinfectar el agua y regular el pH. Donde se coloca 14.5kg de sustrato de tamo de arroz, en otro tanque con 50 litros de agua se añadió 0.75kg cal viva donde se deposita 10kg de bagazo de caña para su desinfección, véase Figura 15.



Figura 3. Desinfección del sustrato mediante la colocación de la cal viva.

Luego de la desinfección del sustrato se procede a escurrir el excedente de agua y se pasteuriza una hora con una temperatura de 80 a 90 °C de temperatura. Finalmente, se escurre el sustrato de manera absoluta y se exponen al aire hasta alcanzar una humedad aproximada del 50%, véase Figura 16. A continuación, se realiza la inoculación de los sustratos y la incubación.



Figura 4. Pasteurización del sustrato para la desinfección de este.

3.4.2. Fase 2: Inoculación del micelio

Para evaluar el rendimiento del hongo mediante registro de peso para conocer con certeza la producción de cada tratamiento. Primero se realizó fabricación de los bloques de sustrato se realiza en un área fresca, oscura y cerrada con el objetivo de mantener una humedad relativa de un 70% a 80%, como primer paso se realizó un bloque de prueba para el calcular la cantidad de micelio que requiere cada bloque.

Después de tener la cantidad de micelio que se coloca en cada bloque se mezcla el sustrato ya preparado y la micelio en bolsas de polietileno de alta densidad con unas dimensiones de 15 x 30cm de 3kg de capacidad de volumen de sustrato en cada una, véase Figura 17. Cada bolsa se pesó, para así verificar la cantidad de micelio que coloca en cada bloque que fue de 100 a 200g.



Figura 5. Elaboración de los bloques de prueba del sustrato

3.4.3. Fase 3: Inoculación

Esta fase se realizó en unas cámaras húmedas acopladas con plástico negro para su absoluta oscuridad, donde se colocó cada bloque por un periodo de 22 a 25 días, donde es necesario que la temperatura sea controlada y la humedad relativa sea de un 70 a 90% y pueda mantenerse de 23 a 25 °C y así evitar el daño en el proceso del desarrollo de micelio, véase Figura 18.



Figura 6. Desarrollo del micelio en la cámara húmeda.

El micelio que se utiliza es certificada, ya que se adquirió en una distribuidora correspondiente a micelios de setas, por lo tanto, está lista para ser inoculada en los diferentes tratamientos y sustratos preparados. Además, cabe recalcar que los micelios se mantuvieron bajo las condiciones determinadas por el local comercial, véase Figura 19.



Figura 7. Micelio certificado

3.5. Cuantificación del numero de púleos

Para la cuantificación del micelio se realizó en el cuarto de fructificación, durante las 3 semanas de producción en la fase cuatro:

3.5.1. Fase 4: Cuarto de fructificación

Después de que los bloques inoculados haya cumplido 22 a 25 días en las cámaras húmedas, con una humedad relativa y oscuridad absoluta, se pasa al siguiente cuarto de fructificación, donde se realizó dentro de un vivero para controlar la temperatura, dentro se construyó un cuarto con dimensiones de 3 x 3m, con madera y plástico negro para controlar la oscuridad a 80%, con este porcentaje se garantiza la inducción a la fructificación del micelio, también se utilizó sarán negro y alambre para sostener cada bloque, véase Figura 20.

Al pasar cada bloque al área de fructificación, se pesa cada bloque, y este proceso se observa en cada tratamiento, donde el sustrato cambió, a ser más blanquecino. Lo cual indica el desarrollo del micelio, donde el tratamiento 1 y tratamiento 2, ya estaban en un proceso de fructificación.



Figura 8. Estado de fructificación del micelio.

3.6. Evaluación de rendimiento

Para la evaluación de rendimiento del sustrato, se determinó mediante el número de píleos y el peso de cada uno de los tratamientos.

3.6.1. Fase 5: Cosecha y toma de datos

Al transcurrir el tiempo de inoculación, de dos a tres días en el cuarto de fructificación, los carpófagos se han desarrollado de manera favorable y se puede proceder su cosecha. El punto de cosecha es cuando los cuerpos fructíferos no se encuentran desplegados completamente y aún se encuentran en curva al final de carpófago, si se lo deja pasar por más tiempo, el hongo empieza su fase de basidios y pierde su carnosidad, cada bloque cumple un ciclo de 3 producciones, en un tiempo de 3 semanas. Para cuantificar el número de píleos (sombreros) desarrollados en cada sustrato con el propósito de determinar el mejor sustrato, se realizó un conteo de píleos (sombreritos) de cada cepa, y se ha tomado como dato el peso en kg de la producción de cada bloque, véase Figura 21.



Figura 9. Cosecha de hongos

La recolección se hizo de forma normal, arrancando desde la base de cada sepa sin lastimar el hongo, y el peso se determinó mediante una balanza en gramos, este procedimiento se realizó de 3 a 4 veces, dependiendo la producción de cada tratamiento.

3.7. Análisis estadístico

Para el estudio de los datos se consideraron las siguientes técnicas estadísticas:

Prueba de Shapiro-Wilk

Esta prueba se realiza con el fin de comparar la normalidad en el caso de que el tamaño de la muestra sea inferior a cincuenta datos. Esta técnica se basa en ordenar la muestra de manera ascendente, para así tener un vector muestral, donde se procede a estimar la media muestral y la varianza. Luego, se rechaza la hipótesis nula en el caso de que el estadístico de Shapiro-Wilk sea menor que el valor crítico dado por la tabla que realizan los autores, con su debido tamaño muestral y nivel de significancia (Flores & Flores, 2021), véase ecuación 1.

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i Y_i^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (1)$$

En donde las hipótesis son:

- Ho: Los datos siguen una distribución normal.
- H1: Los datos no siguen una distribución normal.

El p-valor indica el nivel de significancia, es decir, señala la probabilidad de haber obtenido el resultado que se ha obtenido, suponiendo que la hipótesis nula Ho es cierta.

La regla de decisión es la siguiente (0.05 es el nivel de significancia).

- Si P-valor > 0.05; se acepta la Ho.
- Si P-valor < 0.05; se rechaza la Ho.

Análisis de la varianza (ANOVA de un factor)

Un método de ANOVA de un factor explora el efecto de un único factor (que tiene tres o más condiciones), este es un método estadístico que sirve para evaluar las diferencias en las medias de tres o más grupos.

Usualmente este método se utiliza cuando se investiga una variable dependiente y un solo factor. Entonces, al comparar medias de tres o más grupos, se puede indicar si existe mínimo un par de medias significativamente diferente. Y los supuestos que se necesitan para aplicar este método es que la variable dependiente se encuentre distribuida de manera normal en cada grupo y que la variabilidad dentro de cada uno de ellos sea similar en todos (Statistical, 2022).

Las hipótesis estadísticas con k medias se definen como:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k$$

H_1 : *Al menos dos de las medias no son iguales*

En resumen, la tabla ANOVA muestra lo siguiente:

- Fuente: De variación incluyendo el factor examinado, el error y el total.
- Grados de libertad: Para cada fuente de variación.
- Suma de cuadrados.
- Media de los cuadrados.
- Razón F: División de la media de los cuadrados del factor entre la media de los cuadrados del error.
- Prob > F: Es el p-valor.

Tanto con la razón F como con el p-valor se puede tomar una decisión.

- $F_{calculado} > F_{\alpha,gl}$, se rechaza la hipótesis nula a favor de la alternativa cuando el F calculado es mayor al F crítico (con un nivel de significancia y grados de libertad dados).
- $Pvalor < 0.05$; se rechaza la hipótesis nula a favor de la alternativa, en este caso el nivel de significancia es del 5% (Walpole et al., 2012).

3.8. Resultados de los cinco tratamientos

En esta parte, se presentan los resultados de los 5 tratamientos aplicados, para las variables de peso y número de púleos (sombreros) producidos.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1. Resultados descriptivos

En primer lugar, para evaluar el rendimiento de *Pleurotus ostreatus* inoculado en el sustrato del bagazo de caña de azúcar y el tamo de arroz, en la ciudad de Cuenca. Se realiza un diagrama de caja para representar las variables de resultado. Con respecto al peso en kilogramos, se observa que el tratamiento 2 (75% bagazo de caña y 25% tamo de arroz) presenta un mayor promedio de producto que los demás tratamientos. Los datos del tratamiento 2 tienen un sesgo hacia arriba, a comparación del tratamiento 1. Además, el tratamiento 2, presenta un dato atípico de 0,217 kg, véase Figura 22.

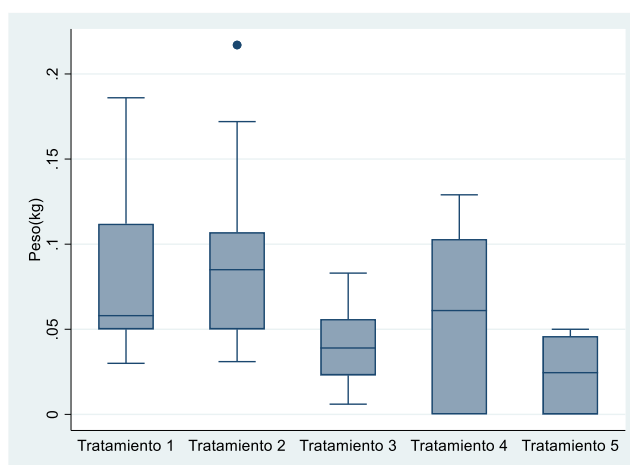


Figura 10. Diagrama de caja del peso en kg

Con respecto a la variable número de púalos producidos se observa que el tratamiento 1 y 2, en promedio aproximadamente produjeron la misma cantidad, siendo esta de 14 hongos (púalos). Mientras que los resultados promedios del tratamiento 3 y 5 son los más bajos, con una producción de 5 y 1,83 hongos, véase Figura 23.

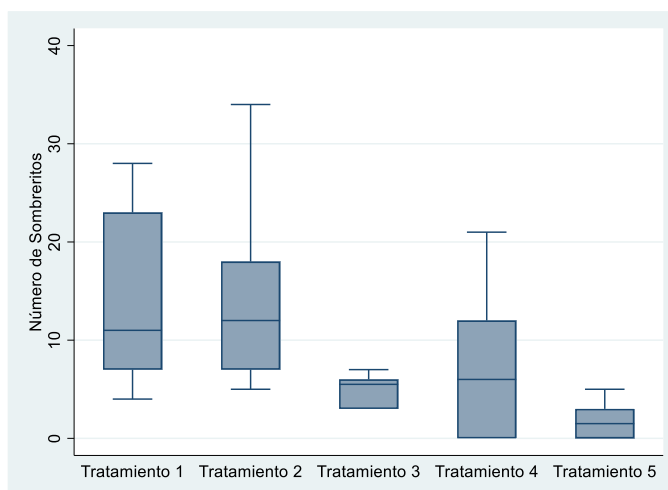


Figura 11. Diagrama de caja del número de hongos producidos

Para terminación del mejor sustrato se cuantifico el numero de púleos como se muestra en la Tabla 6, el total de hongos producidos en cada tratamiento, en donde el mayor número de hongos producidos se dieron con el tratamiento 2 y 1, en promedio fueron 14 hongos. Y la cantidad total de hongos obtenidos fue de 341, cabe resaltar que los hongos producidos dentro de los grupos tratamiento 4 y 5 son más grandes (en tamaño) a comparación de los demás.

Tabla 6. Resumen del total de hongos ostra gris producidos, No. Púleos

Tratamiento	Promedio	Dev. Estándar	Frecuencia	Total Hongos Producidos
Tratamiento 1	14,00	8,76	9	126
Tratamiento 2	14,33	9,91	9	129
Tratamiento 3	5,00	1,67	6	30
Tratamiento 4	7,50	8,02	6	45
Tratamiento 5	1,83	1,94	6	11
Total	9,47	8,69	36	341

Para la Evaluación el rendimiento del hongo se registro de peso para conocer con certeza la producción de cada tratamiento como nos da a conocer la Tabla 7, donde nos muestra un resumen del peso en kilogramos de los hongos obtenidos en cada tratamiento, en donde el mayor peso (kg) promedio de hongos producidos, fue con el tratamiento 2, seguido por el tratamiento 1 con un valor de 0,097 kg y 0,087 kg respectivamente, de la misma manera el tratamiento 2, presenta una mayor variación en sus datos.

Tabla 7. Resumen del peso en kg de los hongos producidos

Tratamiento	Promedio	Dev. Estándar	Frecuencia
Tratamiento 1	0,087	0,055	9
Tratamiento 2	0,097	0,061	9
Tratamiento 3	0,041	0,027	6
Tratamiento 4	0,059	0,055	6
Tratamiento 5	0,024	0,023	6
Total	0,066	0,054	36

4.1.2. Análisis de la varianza

Se realizó un análisis ANOVA de un factor con el fin de identificar la existencia o inexistencia de diferencias en las medias de los 5 tratamientos aplicados, para visualizar los resultados, véase Anexo 1. Este método se aplicó para las dos variables de resultado: peso en kg y número de hongos producidos. Antes de aplicar este método se realizaron pruebas de normalidad de los datos, para esto se realizó la prueba de Shapiro-Wilk, resultando que los datos para cada tratamiento se distribuyen de forma normal, véase Anexo 2, de esta manera, se continúa con el análisis.

Con respecto a la variable peso en kg, la Tabla 8, indica el resultado del análisis ANOVA de un factor, presentando así un p-valor de 0,045 el cual es inferior a 0,05 de nivel de significancia, lo que implica que se rechaza la hipótesis nula de igualdad de las medias de los tratamientos. Al menos uno de los tratamientos presenta una media diferente a los demás.

Tabla 8. Análisis de la Varianza - Peso en kg

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Prob > F
Entre grupos	0,027	4	0,007	2,760	0,045
Dentro de los grupos	0,075	31	0,002		
Total	0,102	35	0,003		

A fin de reconocer las diferencias de medias entre los distintos grupos, se realiza una prueba de comparaciones múltiples de Bonferroni, el cual está integrado en el comando *oneway* de Stata, véase Tabla 9. Estos resultados muestran que hay diferencias significativas entre el tratamiento 5 y 2, con un nivel de significancia de 10%, sin embargo, podemos notar que la diferencia entre el tratamiento 2 y 1, no es estadísticamente significativa, lo que nos indica que estos tratamientos en promedio son muy similares.

Tabla 9. Comparación del peso en kg por tratamiento (Bonferroni)

Promedio de la fila - Promedio de la columna	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Tratamiento 2	0,01			
Tratamiento 3	-0,045556	-0,055556		
Tratamiento 4	-0,027556	-0,037556	0,018	
Tratamiento 5	-0,062389	-0,072389	-0,016833	-0,034833
	0,223	0,089	1	1

Nota: El primer valor es la diferencia entre los tratamientos y el otro es el p-valor.

De la misma forma, se realizó el análisis ANOVA para la variable de resultado; número de hongos producidos (sombrecitos), los resultados muestran un p-valor inferior al 0.05, lo que quiere decir que se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias, y que existe al menos un tratamiento que es distinto a los demás, véase Tabla 10.

Tabla 10. Análisis de la Varianza - No. hongos producidos

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Prob > F
Entre grupos	890,64	4	222,66	3,93	0,0107
Dentro de los grupos	1754,33	31	56,59		
Total	2644,97	35	75,57		

Haciendo la prueba de comparaciones múltiples de Bonferroni, se estiman las diferencias de medias entre los distintos tratamientos, véase Tabla 11. Los resultados muestran que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos 5 y 1, y los tratamientos 5 y 2.

Tabla 11. Comparación del No. de hongos producidos por tratamiento (Bonferroni)

Promedio de la fila - Promedio de la columna	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Tratamiento 2	0,3 1			
Tratamiento 3	-9,0 0,3	-9,3 0,3		
Tratamiento 4	-6,5 1	-6,8 0,9	2,5 1	
Tratamiento 5	-12,2 0,0	-12,5 0,0	-3,2 1	-5,7 1

Nota: El primer valor es la diferencia entre los tratamientos y el otro es el p-valor.

Una vez presentado estos resultados, los dos tratamientos que mayor rendimiento brindaron, fueron el 1 y 2. Para calcular este rendimiento promedio, se dividió el resultado de la producción en gramos para el total de sustrato en gramos que se utilizó en cada tratamiento, luego se obtuvo la media para cada tratamiento. El rendimiento promedio para el tratamiento 1 fue de 5,42% y del tratamiento 2 fue de 6,41%. Esto quiere decir que por cada 1598 gramos de sustrato se obtienen 86,61 gramos del Hongo *Pleurotus ostreatus* con el tratamiento 1 (100% bagazo), mientras que con el tratamiento 2 (75% bagazo-25% tamo), por cada 1506 gramos de sustrato se obtienen 96,53 gramos del Hongo *Pleurotus Ostreatus*. Este análisis se usó en lugar de la variable “porcentaje del peso seco de los sustratos con respecto al peso fresco del cuerpo fructífero” con el fin de mejorar las interpretaciones.

4.2. Discusión de resultados

Se han realizado estudios a nivel de Ecuador, donde se demuestra que la producción de hongos *Pleurotus ostreatus* es baja cuando se da por la fermentación en estado sólido de residuos agroindustriales. Sin embargo, sucede lo contrario cuando se efectúa un proceso de fermentación en estado sólido del bagazo de caña utilizando la cepa

de *Pleurotus ostreatus* ya que, en este caso, los resultados representan un potencial de desarrollo industrial y una oportunidad de diversificar la industria azucarera. De tal forma, se obtiene una productividad máxima de 15,34 gramos de materia seca hoja (MSH) al emplear con 1,8 centímetros de dimensión de partícula y 30,48 centímetros de diámetro en biocelda (Pineda et al., 2016).

También se ejecutó una investigación acerca de la mejor productividad del hongo *Pleurotus Ostreatus* considerando cuatro residuos sólidos diferentes los cuales fueron: bagazo de caña de azúcar, aserrín, tallo de maíz, y sobras de café. Donde luego se evaluaron los efectos de los cuatros sustratos de forma individual y en mezclas, obteniendo como resultado que el rendimiento de los sustratos que tenían café tanto de manera individual como en las mezclas eran los mejores y más aun mezclando el café con bagazo de caña o con tallo de maíz, de tal forma la productividad estuvo entre 0,715 y 0,905 kg de hongos frescos por cada 100 kg de sustrato seco al día (Garzón & Cuervo, 2008).

Por otra parte, Ruilova y Hernández (2014) realizaron una investigación en Ecuador, provincia de Bolívar, acerca de la composición físico - química de los residuos agrícolas para ser empleados en el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*. Así, se estudiaron los siguientes residuos: el maíz, trigo, la cebada, lenteja, el bagazo de caña y la cascarilla de arroz donde se obtuvo como resultado que, en el extracto etéreo (fracción de lípidos del alimento Contiene principalmente aceites y grasas), los residuos con más bajo contenido fueron el bagazo de caña y la cascarilla de arroz con 0,67% y 0,30% respectivamente. Mientras que con respecto al contenido de nitrógeno resaltan los residuos de lenteja con 1,29%, bagazo de caña de azúcar con 1,11%, paja de cebada con 0,84% y cascarilla de arroz con un 0,77%. Con respecto a resultados de zinc, el valor más elevado fue para el bagazo de caña con un valor de 70 partes por millón (ppm). De tal forma, se concluye que se deben realizar mezclas estandarizadas con nitrógeno y otros materiales, acorde a las necesidades nutritivas para el óptimo crecimiento del hongo, una excelente producción y un numeroso contenido de proteínas en la composición del hongo (Ruilova & Hernández, 2014).

También se presenta una comparación de resultados con otros estudios realizados con respecto a la eficiencia biológica y rendimiento de la producción de hongos, véase Tabla 12.

Tabla 12. Comparación de resultados

Comparación de resultados con estudios relacionados			
Estudio	Producción de Pleurotus ostreatus (Pleurotaceae) ICFC 153/99 cultivado sobre diferentes residuos lignocelulósicos.	Producción de Pleurotus ostreatus sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia.	Evaluación de rendimiento del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> , cultivado en dos sustratos (bagazo de caña y tamo de arroz) en la ciudad de Cuenca.
Sustratos	Paja de arroz (PA), bagazo de caña de azúcar (BC), coronta de maíz (CM) y residuos de la poda de pasto de parques (RP)	Bagazo de caña de azúcar, tallo de maíz, aserrín y sobras de café de consumo humano	Tamo de arroz y bagazo de caña de azúcar
Resultado más favorable	Producción con bagazo de caña	Producción con mezcla de café con bagazo de caña de azúcar o con tallo de maíz	Producción con mezcla de 75% bagazo de caña y 25% tamo de arroz
Evidencia	Eficiencia biológica: 16,77% Rendimiento: 0,90%	Eficiencia biológica: 45,0% Rendimiento: 0,742%	Rendimiento: 6,41%

Fuente: (Garzón & Cuervo, 2008) y (Díaz et al., 2019).

De tal forma, en la Tabla 12 se observa que los mejores resultados en sustratos para la óptima producción de hongos, se obtienen con las mezclas que contienen bagazo de caña o aun si se lo usa individualmente, esto es porque el bagazo es adecuado para la propagación del micelio y la formación de los cuerpos fructíferos de los hongos debido a que es un sustrato lignocelulósico de composición en lignina semejante (García et al., 2011).

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

Este trabajo ha evaluado el rendimiento del Hongo *Pleurotus ostreatus*, cultivado en dos sustratos como son el bagazo de caña de azúcar y el tamo de arroz, mediante cinco tratamientos, con una combinación porcentual de sustrato distinta para cada uno de ellos, esta investigación se ha realizado en la ciudad de Cuenca. Así, los resultados del análisis ANOVA de un factor indican que existe al menos una diferencia de medias entre los distintos tratamientos y con la prueba de comparaciones múltiples de Bonferroni, se establece que los tratamientos 1 (100% bagazo de caña de azúcar); y 2 (75% de caña de azúcar y 25% tamo de arroz) son los que mayor producto (Peso en Kg) se obtiene a comparación de los demás tratamientos. También, se calcula el rendimiento del hongo (Peso gramos producto final/Peso en gramos sustrato del tratamiento), el cual indica que el tratamiento 2 brinda el mejor rendimiento.

Ante lo expuesto, se concluye que el mejor sustrato para la producción de hongo es el bagazo de caña de azúcar. Sin embargo, el sustrato de tamo de arroz también ayuda a mejorar el rendimiento de este cultivo, por lo que la relación entre bagazo de caña de azúcar y tamo de arroz óptima es de 3 a 1. Esto permite destacar la importancia de generar valor agregado a estos tipos de residuos o sustratos; por ejemplo, generando alimentos nutritivos, ricos en proteínas y vitaminas como es el Hongo *Pleurotus ostreatus*.

En el caso específico del cultivo de *Pleurotus ostreatus*, el bagazo de caña es más importante que el tamo de arroz, ya que la diferencia entre utilizar 100% de bagazo de caña y 75% bagazo - 25% tamo, no fueron estadísticamente diferentes. Lo cual significa que, combinaciones superiores de 3 a 1 entre el bagazo de caña y tamo de arroz, proporcionan mejores resultados. De tal manera, se espera que los resultados de la presente investigación permitan aprovechar las propiedades naturales de la fibra vegetal residual, además de crear un método de producción innovador para un producto con propiedades nutricionales altas como es el *Pleurotus ostreatus* y contribuir al cuidado del medio ambiente.

CAPÍTULO VI

6. RECOMENDACIONES

- Se deben mantener protocolos de higiene y seguridad bien definidos para la producción de hongos, tanto en el lugar donde se llevará a cabo el proceso, como para las personas que van a participar en el mismo.
- Se debe realizar una desinfección adecuada de la persona que va a entrar al cuarto de fructificación de los hongos, además de usar botas y guantes para evitar la contaminación.
- Es imprescindible que se realice una desinfección total de los sustratos con el fin de reducir cualquier tipo de carga patógena del suelo y de tal manera tener un cultivo bajo condiciones óptimas de sanidad.
- Es recomendable que las cámaras húmedas permanezcan completamente cerradas para que de tal forma no se infiltren bacterias exteriores.
- Sería conveniente que se realicen más experimentos con otros tipos de sustratos como la cascarilla de café, corteza de cacao, residuos de maíz y otros, dado que son fáciles de conseguir en el medio y al reutilizarlos se contribuye a la disminución de la contaminación.
- Realizar otros estudios que permitan extender las combinaciones óptimas de sustratos, para diversificar los procesos en que se pueden producir los hongos *Pleurotus Ostreatus* y de tal manera aumentar su producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar-Rivera, N. (2011). Efecto del almacenamiento de bagazo de caña en las propiedades físicas de celulosa grado papel. *Revista de Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 12(2).
- Ahrendts, B. (2005). Hongos comestibles, Código Alimentario Argentino. Cap 16. *Trópico Rural*, 1 (2), 1–9.
- Ángel Riveros, M. (2012). *Aprovechamiento de subproductos de la caña panelera en la alimentación animal*. 20 p. :,ll.
- Arcos, C., Macíaz, D., & Rodríguez, J. (2007). Husk of rice as source of SiO₂. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia. N. O*, 41, 7–20. <https://www.redalyc.org/pdf/430/43004102.pdf>
- Ardón López, C. E. (2007). Evaluación de un biocomposito elaborado con residuos agroindustriales del cultivo de arroz (cascarilla y tamo) y su potencial aplicación en viviendas de interés social, Paz de Ariporo, Casanare. *La Produccion de Hongos Comestibles*.
- Arellano, A., Korneva, S., Fischer, F., Cabanilla, L., Tola, N., Ochoa, A., Ramos, M., & Pincay, A. (2009). Micropropagación de caña de azúcar en Ecuador. *Biotecnología Vegetal*, 9(4). <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/327>
- Bakker, H. (1999). Sugar Cane Cultivation and Management. In *Sugar Cane Cultivation and Management*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4725-9>
- Baquero, M., & Lucio Paredes, A. (2010). La Agroindustria ecuatoriana: un sector importante que requiere de una ley que promueva su desarrollo. *La Granja. Revista de Ciencias de La Vida*, 11(1), 44–46. <https://doi.org/10.17163/lgr.n>
- Benavides Calvache, O. L. (2013). *Aprovechamiento de residuos lignocelulosicos para el cultivo de orellnas (Pleurotus ostreatus)*.
- Bernal, A., & Carvajal, L. (2019). *Evaluación de un biocomposito elaborado con residuos agroindustriales del cultivo de arroz (cascarilla y tamo) y su potencial aplicación en viviendas de interés social, Paz de Ariporo, Casanare*. 123.
- Bravo, L., Saldaña, P., Mijangos, J., & Izurieta, M. (2013). La importancia de la contaminación difusa en México y en el mundo. *Atl El Portal Del Agua Desde México*, 1–10.
- Bravo, V., De la Cruz, E., Herrera, G., Moraga, G., & Ramírez, F. (2010). Uso de plaguicidas en cultivos de caña de azúcar en Guanacaste, impacto ambiental y salud humana. *Ambientico*, 252(2), 13–28.
- Burgos, F.; Michilena, J. (2015). Universidad de Guayaquil. *La Evasión Tributaria E Incidencia En La Recaudación Del Impuesto a La Renta De Personas Naturales En La Provincia Del Guayas, Periodo 2009-2012*, 136.
- Caldas, V., & Blair, M. (2004). *Cuantificación de taninos condensados e identificación de QTLs asociados a su acumulación en frijol común (Phaseolus vulgaris L.)*. Taller sobre taninos en la nutrición de rumiantes en Colombia. En: *Memorias de taninos en la nutrición de rumiantes en Colom*. 43.
- Calero, L. (2018). *Valoración del crecimiento del hongo Ostra Rosado (Pleurotus djamor) sobre formulaciones de sustratos de residuos agroindustriales y forestales de la provincia de Cotopaxi para la producción de setas comestibles en la empresa*

ASOPROTEC. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28371/1/BQ155.pdf>

- Carrasco, J. P. (2013). *Revista Española de medicina legal, Área de Praxis, Servicio de Responsabilidad Profesional, Colegio de Médicos de Barcelona, Barcelona, España*. 1.
- Casas, L. (2021). *Setas colmenillas, ¿peligro o manjar?* <https://informaciongastronomica.com/setas-colmenillas-peligro-o-manjar/>
- Castillo-Guevara, C., Lara, C., & Pérez, G. (2012). Micofagia por roedores en un bosque templado del centro de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(3), 772–777. <https://doi.org/10.7550/rmb.27445>
- Castillo, R., & Silva, E. (2004). Fisiología , Floración Y Mejoramiento. *Centro de Investigación de La Caña de Azúcar Del Ecuador*, 3, 17.
- Chaves, M. (2017). *Floración en la caña de azúcar*. [https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/wrKNhuNAYhgjnJUA mWaPcfIGhltHZEKp#:~:text=La biología floral de la,una “flor de flores”](https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/wrKNhuNAYhgjnJUA mWaPcfIGhltHZEKp#:~:text=La%20biolog%C3%ADa%20floral%20de%20la%20ca%C3%B1a%20de%20flores).
- CINCAE. (2011). Informe Anual. *Ministerio Del Interior Chile, Dirección Extranjería y Migración*, 17.
- CINCAE. (2013). *Utilización de subproductos de la caña de azúcar y de la industria alcoholera ecuatoriana para uso en la fertilización en los cultivos de caña* . 1–2.
- CINCAE. (2018). *Carta Informativa del Centro de investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador*. <https://cincae.org/wp-content/uploads/2013/04/Año-19.pdf>
- Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar. (2015). *FICHA TÉCNICA DEL CULTIVO DE LA CAÑA* . https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/141823/Ficha_T_cnica_Ca_a_de_Az_car.pdf
- Cruz Ramírez, C. A. (2017). Manejo biológico del tamo de arroz bajo diferentes relaciones C : N empleando co- inóculos microbianos y promotores de crecimiento vegetal Bio-based management of rice straw under different C : N ratios using microbial co-inocula and plant growth promoter. *Rev. Colomb. Biotecnol*, 19, 47–62.
- Cuesta, J. C., & Rodríguez, N. S. (2019). *Láminas de Hongos, características de los hongos Craterellus cornucopioides*. 1.
- Díaz, K., Casanova, M., León, C., Gil, L., Bardales, C., & Cabos, J. (2019). Producción de *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) ICFC 153/99 cultivado sobre diferentes residuos lignocelulósicos. *Arnaldoa*, 26(3), 1177–1184. <https://doi.org/10.22497/ARNALDOA.263.26322>
- Elizalde, A., Porrilla, Y., & Chaparro, D. (2009). Factores antinutricionales en micelios. *SciELO*. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v7n1/v7n1a07.pdf>
- FAO. (2011). *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura*. <https://www.fao.org/3/i1688s/i1688s.pdf>
- Fernandes, I. J., Calheiro, D., Kieling, A. G., Moraes, C. A. M., Rocha, T. L. A. C., Brehm, F. A., & Modolo, R. C. E. (2016). Characterization of rice husk ash produced using different biomass combustion techniques for energy. *Fuel*, C(165), 351–359. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2015.10.086>

- Flores, C., & Flores, K. (2021). Pruebas para comprobar la normalidad de datos en procesos productivos: Anderson-Darling, Ryan-Joiner, Shapiro-Wilk y Kolmogórov-Smirnov. *Periodicidad: Semestral*, 23(2).
- Francisco, A., & Fernández, J. (2021). 8° Informe estadístico del Sector Agroindustrial de la caña de azúcar y reporte final de producción de caña y azúcar de la Zafra 2020/21. ATAM. <https://atamexico.com.mx/noticia-de-interes/8-informe-estadistico-del-sector-agroindustrial-de-la-cana-de-azucar-y-reporte-final-de-produccion-de-cana-y-azucar-de-la-zafra-2020-21/>
- Fundación para la Investigación Azucarera del Ecuador (FIADE). (2004). Fisiología, floración y mejoramiento genético de la caña de azúcar en Ecuador. In *Ministerio de agricultura y ganadería*.
- Fungipedia. (2019). *Agaricus bitorquis*. <https://www.fungipedia.org/103-mi-blog/general/621--sp-1233924624.html>
- García, N., Bermúdez, R., & Serrano, M. (2011). Formulaciones de sustratos en la producción de setas comestibles Pleurotus. *Centro de Estudio de Biotecnología Industrial (CEBI)*, 31(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852011000300002
- García, O. (2020). *Rentabilidad del cultivo de hongos en sustratos artificiales*. Agroconsultora Plus. <https://www.agroconsultoraplus.com/hongos-comestibles-sustratos/>
- Garzón, J., & Cuervo, J. (2008). *Producción de Pleurotus ostreatus sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia*. <https://revistas.unicolmayor.edu.co/index.php/nova/article/download/113/225?inline=1>
- Google Earth Pro. (2019). *Ubicación de la Granja Miracielos*.
- Griffiths, D. W. (1984). The trypsin and chymotrypsin inhibitor activities of various pea (*Pisum* spp.) and field bean (*Vicia faba*) cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 35(5), 481–486. <https://doi.org/10.1002/JSFA.2740350502>
- Grodzinskaya, A., Infante, D., & Piven, N. (2002). Cultivo de hongos comestibles utilizando desechos agrícolas e industriales. *Agronomía Tropical*, 52(4). http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2002000400002
- Gualotuña, L. (2013). Identificación de variedades de caña panelera (*Saccharum officinarum*) en cuatro provincias del país para formar un banco de germoplasma en pacto, Pichincha. Quito Ecuador. *Universidad Central Del Ecuador. Facultad De Ciencias Agrícolas. Carrera De Ingeniería Agronómica*, 108.
- Guevara, L. E. C. (2018). *Valoración del crecimiento del hongo Ostra*. 2018.
- Hernández, H. B., Zulueta, R., & Mata, G. (2012). Determinación de las características productivas de cepas mexicanas silvestres de *Agaricus bisporus*, para su potencial uso comercial. *Revista Mexicana de Micología*, 36, 9–15.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (6th ed.). McGRAW-HILL. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Humbert, R. P., & Bonnet, J. A. (1969). The Growing of Sugar Cane. *Soil Science*, 107(3), 233. <https://doi.org/10.1097/00010694-196903000-00021>

- IDOCPUB. (2019). *Hongo Orellana*. <https://idoc.pub/documents/hongo-orellana-d49gg1jj11n9>
- iNaturalist. (2018). *Craterellus cornucopioides*. CAB International, Centraalbureau voor Schimmelcultures (CBS) y Landcare Research New Zealand Limited (eds.). <http://www.indexfungorum.org/Names/NamesRecord.asp?RecordID=153130>
- Ingenio San Carlos. (2020). *Informe Anual 2020 Ingenio San Carlos*.
- JPM. (2022). *ANOVA de un factor*. Introducción a La Estadística | JMP. https://www.jmp.com/es_pe/statistics-knowledge-portal/one-way-anova.html
- Lange, C., Nyachoti, C., & Verstegen, M. (2000). *The significance of antinutritional factors in feedstuffs for monogastric animals*. 169–188. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20003033441>
- Loberty, A. (2009). *Identificación de Impactos Ambientales en las labores de cosecha de Caña de azúcar*.
- Macronorte. (2020). *Conoce algunas consecuencias de la quema de caña de azúcar*. <http://www.weyslab.com/conoce-algunas-consecuencias-de-la-quema-de-cana-de-azucar/>
- MAGAP. (2010). *Piladoras de arroz*. <https://www.magap.gob.ec>
- Marasca, I., Barbosa, R., Pereira, M., Paz, A., & Pereira, K. (2015). Morphology of sugar cane in preparation and deep bed soil. *IDESIA*, 33(4), 23–29. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v33n4/art04.pdf>
- Mata, G. (2013). Reseña del libro “Hongos comestibles y medicinales en iberoamérica: investigación y desarrollo en un entorno multicultural.” In *Revista Mexicana de Micología* (Vol. 38).
- Nieto, I., & Chegwin, C. (2010). Influencia del sustrato utilizado para el crecimiento de hongos comestibles sobre sus características nutraceuticas. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 12(1). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752010000100016
- OCDE. (2021). Azúcar. In *OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2021-2030*. OECD. <https://doi.org/10.1787/47A9FA44-ES>
- Olivas, F., Wall, A., González, G., López, J., Álvarez, E., De La Rosa, L., & Ramos, A. (2015). Taninos hidrolizables; bioquímica, aspectos nutricionales y analíticos y efectos en la salud. *Nutr Hosp*, 31(1), 55–66. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.7699>
- Osorio Cadavid, G. (2007). *Manual técnico buenas prácticas agrícolas (BBA) y buenas prácticas de manufactura (BPM) en la producción de caña y panela*. (p. 199 páginas).
- Pardo, A., Pardo, J. E., Picornell, M. R., & De Juan, J. A. (2021). *Suplementación de sustratos degradados por el cultivo de Pleurotus ostreatus para su utilización en nuevos ciclos de cultivo*. <http://www.sech.info/ACTAS/Acta nº 54>. VI Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas. XII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas/Comunicaciones/Suplementación de sustratos degradados por el cultivo de Pleurotus ostreatus para su utilización en nuevos ciclos de cultivo.pdf
- Parra Poveda, C. E. T. (2017). “La importancia de las estrategias publicitarias en el manejo de los desperdicios de la caña de azúcar de la ciudad de Baños de Agua Santa en la

Provincia de Tungurahua año 2015. 1, 105.

- Pérez, M., Peña, M., & Alvarez, P. (2011). Agro-industria cañera y uso del agua: Análisis crítico en el contexto de la política de agrocombustibles en Colombia. *Scielo*. <https://www.scielo.br/j/asoc/a/mn5CZX4DJschFHQDKqyH7wz/?lang=es&format=pdf>
- Pineda, J., Soto, C., Guzmán, R., Santiago, N., Huaca, J., Duarte, A., & Pineda, C. (2016). Production of oyster mushroom (*Pleurotus* spp) in cane bagasse. *ICIDCA*, 50(1), 50–54. https://www.researchgate.net/publication/311951459_Produccion_de_hongo_ostra_Pleurotus_spp_en_bagazo_de_cana_Production_of_oyster_mushroom_Pleurotus_spp_in_cane_bagasse
- Pinos Coello, Kattia P. (2020). *Aprovechamiento de hongos (pleurotus ostreatus) en la degradación lignocelulósica de residuos de cosecha para la obtención de abono orgánico, en la zona de mocache*. Universidad Estatal de Quevedo.
- Planfor. (2020). *Hongos epigeos*. <https://www.planfor.es/jardineria-consejos,cuidar-las-plantas-hongos.html>
- Rajarathnam, S., & Bano, Z. (1991). Biological utilization of edible fruiting fungi. *Marcel Dekker*, 3, 241–292.
- Robalino Velasco, V. G. (2017). *Escuela Superior Politécnica De Chimborazo “Aprovechamiento Integral De Residuos Frutales*. 31.
- Roca, G., Glauco, C., Olivares, E., & Cortez, L. (2006). *Caracterización del bagazo de la caña de azúcar: Parte I: características físicas*. Enc. Energ. Meio Rural. http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022006000100036&script=sci_arttext&tlng=es
- Rodríguez, J. (2015). Acción degradativa de hongos Basidiomycetes sobre residuos agroindustriales de cultivos de café y plátano. *Instituto de Investigación En Microbiología y Biotecnología Agroindustrial*. https://repositorio.ucm.edu.co/bitstream/10839/1094/1/Rafael_Rodriguez_nuñez.pdf
- Rodríguez, N., Araque, M., & Perdomo, F. (2006). Producción de los hongos comestibles Orellanas y Shiitake. *Cenicafé*. https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/857/1/Hongos_comestibles_Orellanas_Shiitake.pdf
- Romero, E., Scandaliaris, J., Digonzelli, P., Leggio, F., Giardina, J., Fernández, J., Casen, S., Tonatto, J., & Alonso, L. (2018). *La caña de azúcar: Características y ecofisiología*. <https://www.eeaoc.gob.ar/wp-content/uploads/2018/11/mdc1.pdf>
- Ruilova, M., & Hernández, A. (2014). Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. *ICIDCA*, 48(1), 54–59. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223131337008.pdf>
- Ruiz, M. (2015). *Efecto de dos procesos térmicos sobre la calidad biológica de la proteína de granos de Guandul (Cajanus sp) y Vitabosa (Mucuna sp) utilizando como modelo animal pollos de engorde*. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/56856/43071046.2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sarasti, C. A. (2015). Incidencia de las actividades productivas de la panela de caña de azúcar en la calidad ambiental del entorno. *Ekp*, 13(3), 1576–1580.
- Setas, D. (2017). *Descripción del hongo Portobello y su composición*. 1–2.

- Setas Doradas. (2018). *Champiñon Portobello*.
https://connectamericas.com/sites/default/files/company_files/FICHA TECNICA CHAMPIÑON SETAS DORADAS portobello 2018.pdf
- Smithard, R. (2009). Secondary plant metabolites in poultry nutrition. *Poultry Feedstuffs: Supply, Composition and Nutritive Value*, 237–278.
<https://doi.org/10.1079/9780851994642.0237>
- Triana-hernández, O., & León-martínez, T. S. (2014). Caracterización de los residuos de la cosecha de la caña de azúcar almacenados a granel. *ICIDCA. Sobre Los Derivados de La Caña de Azúcar*, 48(1), 65–70.
- United States Department of Agriculture. (2021). Sugar : World Markets and Trade Sugar Production Up Globally in 2021 / 22. *Foreign Agricultural Services.*, May, 1–8.
- Urquizo, I. J., Acero, H., & Rodriguez, J. (2011). Reemplazar el uso de diésel por cascarilla de arroz empleado para generación de vapor. Aspectos técnicos y económicos. *Revista Tecnológica ESPOL*. https://www.researchgate.net/profile/Javier-Urquizo/publication/279667898_Reemplazar_el_uso_de_diesel_por_cascarilla_de_arroz_empleado_para_generacion_de_vapor_aspectos_tecnicos_y_economicos/links/5980fe9f0f7e9b7b5245a475/Reemplazar-el-uso-de-diesel-por-c
- Valiño, E., García, R., & Albelo, N. (2004). Efecto de la inoculación de la cepa de *Trichoderma viride* 137 MCXI en mezclas de *Vigna unguiculata* y bagazo de caña de azúcar para disminuir factores antinutricionales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 38(1), 65–72. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193017870011.pdf>
- Velasco, J., Gomez, M., Hernandez, C., Salinas, R., & Guerrero, P. (2017). Residuos orgánicos de la agroindustria azucarera: Retos y Oportunidades. *Agro-Calidad*, 10(11), 99–104.
- Villacis, D. (2019). Utilizacion del bagazo de la caña de azucar para la fabricacion de complementos decorativos para el hogar. *Proyecto de Investigación*, 53(9), 1689–1699.
- Walpole, E., Myers, R., Myers, S., & Ye, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (Vol. 9).
- Zambrano, G., Cedeño, C., Garcia, V., & Ulbio, A. (2021). Aprovechamiento de la cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) para la obtención de fibras de celulosa Use of rice husk (*Oryza sativa*) for the production of cellulose fibres Uso de casca de arroz (*Oryza sativa*) para obtenção de fibras de celulose *Cienciasde nat. Polo Del Conocimiento*, 6(4), 415–437.
<https://doi.org/10.23857/pc.v6i4.2572>
- Zerega, L. (2018, March 20). *Técnica para la identificación de variedades y especies de caña de azúcar - Engormix*. <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/tecnica-identificacion-variedades-especies-t42077.htm>

ANEXOS

Anexo 1: Resultados de los tratamientos

Tabla 13. Resultados del tratamiento 1

Tratamiento 1			
100% bagazo de caña			
Fecha	Repeticiones	Peso	Nro. de píleos (sombreros)
6/4/2022	R1	112gr	28
6/4/2022	R2	186gr	23
6/4/2022	R3	145gr	23
27/4/2022	R1	30gr	5
27/4/2022	R2	56gr	10
27/4/2022	R3	58gr	11
16/5/2022	R1	110gr	15
19/5/2022	R2	50gr	7
20/5/2022	R3	32gr	4

Tabla 14. Resultados del tratamiento 2

Tratamiento 2			
75% bagazo de caña y 25% tamo de arroz			
Fecha	Repeticiones	Peso	Nro. de píleos (sombreros)
6/4/2022	R1	172gr	26
6/4/2022	R2	217gr	34
12/4/2022	R3	31gr	5
27/4/2022	R1	72gr	12
29/4/2022	R2	90gr	12
27/4/2022	R3	107gr	18
19/5/2022	R1	50gr	6
19/5/2022	R2	85gr	9
20/5/2022	R3	45gr	7

Tabla 15. Resultados del tratamiento 3

Tratamiento 3			
50% bagazo de caña y 50% tamo de arroz			
Fecha	Repeticiones	Peso	Nro. de píleos (sombreros)
11/4/2022	R1	56gr	5
11/4/2022	R2	6gr	3
11/4/2022	R3	83gr	6

18/4/2022	R1	23gr	6
18/4/2022	R2	37gr	3
18/4/2022	R3	41gr	7

Tabla 16. Resultados del tratamiento 4

Tratamiento 4			
25% bagazo de caña y 75% tamo de arroz			
Fecha	Repeticiones	Peso	Nro. de púeos (sombreros)
11/4/2022	R1	84gr	7
11/4/2022	R2	103gr	12
11/4/2022	R3	129gr	21
9/5/2022	R1	38gr	5
9/5/2022	R2	0gr	0
9/5/2022	R3	0gr	0

Tabla 17. Resultados del tratamiento 5

Tratamiento 5			
100% tamo de arroz			
Fecha	Repeticiones	Peso	Nro. de púeos (sombreros)
14/4/2022	R1	38gr	5
14/4/2022	R2	50gr	1
14/4/2022	R3	46gr	3
2/5/2022	R1	11gr	2
2/5/2022	R2	0gr	0
2/5/2022	R3	0gr	0

Anexo 2: Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk

Tabla 18. Prueba de Normalidad de Shapiro Wilk para las variables de resultado

Variable		Peso en Kilogramos				
Tratamiento	Obs	W	V	z	Prob>z	
Tratamiento 1	9	0,896	1,531	0,743	0,229	
Tratamiento 2	9	0,887	1,662	0,896	0,185	
Tratamiento 3	6	0,984	0,203	-1,853	0,968	
Tratamiento 4	6	0,910	1,116	0,161	0,436	
Tratamiento 5	6	0,850	1,852	1,000	0,159	
Variable		No. de Hongos producidos (sombreritos)				
Tratamiento	Obs	W	V	z	Prob>z	
Tratamiento 1	9	0,902	1,440	0,632	0,264	
Tratamiento 2	9	0,866	1,974	1,225	0,110	
Tratamiento 3	6	0,842	1,952	1,097	0,136	
Tratamiento 4	6	0,903	1,204	0,278	0,391	

Tratamiento 5	6	0,914	1,063	0,090	0,464
---------------	---	-------	-------	-------	-------

Anexo 3: Fotos del proceso de producción *Pleurotus ostreatus*

INFRAESTRUCTURA



Figura 12. Vivero antes de proyecto



Figura 13. Cambio de mallas al vivero y colocación de plástico negro



Figura 14. Construcción de la cámara de fructificación



Figura 15. Desinfección de cuarto de fructificación



Figura 16. Lavado de los tanques de agua

FASE 1



Figura 17. Trituración de bagazo



Figura 18. Lavado del sustrato



Figura 19. Peso de la cal en libras



Figura 20. Disolución de la cal en agua



Figura 21. Peso del sustrato



Figura 22. Mezcla del sustrato y la cal al 2% para desinfección



Figura 23. Pasteurización del sustrato

FASE 2



Figura 24. Elaboración de los bloques de prueba de bagazo y tamo de arroz



Figura 25. Mezcla de la micelio con el sustrato de bagazo de caña



Figura 26. Peso de tamo para la siembra de la micelio



Figura 27. Inoculación de tamo de arroz



Figura 28. Mezcla de sustrato para la inoculación del micelio



Figura 29. Inoculación de los bloques en la cámara húmeda

FOTOS FASE 4



Figura 30. Bloques en desarrollo en el cuarto de fructificación

FOTOS FASE 5



Figura 31. Hongo *Pleurotus ostreatus* en crecimiento



Figura 32. Cosecha de hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*)

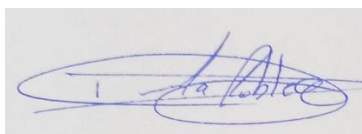


Figura 33. Peso de p iles de cada tratamiento

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Katherine Daniela Robles Donoso portador de la cédula de ciudadanía N.º 0105591689. En calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “Evaluación de rendimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*, cultivado en dos sustratos (bagazo de caña y tamo de arroz) en la ciudad de Cuenca” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 31 de agosto de 2022



F:

Katherine Daniela Robles Donoso

0105591689