



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS

NATURALES

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE LA
ESTRUCTURA LIGOCELULÓSICA DE LA PULPA DE
TUNA (*Opuntia ficus-inica*) A PARTIR DEL HONGO
(*Pleurotus Ostreatus*) GRIS Y BLANCO”**

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del título de Ingenieros
Agroindustriales

Autores:

Gaibor Prado Jonathan Alexander

Toaquiza Vilca Diana Gissela

Tutor:

Romero Corral Renato Agustín

LATACUNGA – ECUADOR

Febrero 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Gaibor Prado Jonathan Alexander con cédula de ciudadanía No. 1726414467; y Toaquiza Vilca Diana Gissela, con cédula de ciudadanía N° 0550495733, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE LA ESTRUCTURA LIGNOCELULÓSICA DE LA PULPA DE TUNA (*OPUNTIA FICUSINDICA*) A PARTIR DEL HONGO (*PLEUROTUS OSTREATUS*) GRIS Y BLANCO”**, siendo el Ingeniero Mg. Romero Corral Renato Agustín, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 17 de febrero de 2025



Gaibor Prado Jonathan Alexander
CC: 1726414467
ESTUDIANTE



Toaquiza Vilca Diana Gissela
CC: 0550495733
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **GAIBOR PRADO JONATHAN ALEXANDER**, identificado con cédula de ciudadanía **1726414467** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Dra. Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la Carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE LA ESTRUCTURA LIGNOCELULÓSICA DE LA PULPA DE TUNA (*OPUNTIA FICUS-INDICA*) A PARTIR DEL HONGO (*PLEUROTUS OSTREATUS*) GRIS Y BLANCO**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico:

Inicio de la carrera: octubre 2019 – marzo 2020

Finalización: octubre 2024 – marzo 2025

Aprobación en Consejo Directivo. – 12 de diciembre de 2024

Tutor: Ingeniero. Mg. Romero Corral Renato Agustín

Tema: “**EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE LA ESTRUCTURA LIGNOCELULÓSICA DE LA PULPA DE TUNA (*OPUNTIA FICUS-INDICA*) A PARTIR DEL HONGO (*PLEUROTUS OSTREATUS*) GRIS Y BLANCO**”.

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 17 días del mes de febrero del 2025.



Gaibor Prado Jonathan Alexander

EL CEDENTE

Dra. Idalia Eleonora Pacheco Tigselema

LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **TOAQUIZA VILCA DIANA GISSELA**, identificada con cédula de ciudadanía **0550495733** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Dra. Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la Carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE LA ESTRUCTURA LIGNOCELULÓSICA DE LA PULPA DE TUNA (OPUNTIA FICUS-INDICA) A PARTIR DEL HONGO (PLEUROTUS OSTREATUS) GRIS Y BLANCO**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico:

Inicio de la carrera: octubre 2019 – marzo 2020

Finalización: octubre 2024 – marzo 2025

Aprobación en Consejo Directivo. – 12 de diciembre de 2024

Tutor: Ingeniero. Mg. Romero Corral Renato Agustín

Tema: “**EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE LA ESTRUCTURA LIGNOCELULÓSICA DE LA PULPA DE TUNA (OPUNTIA FICUS-INDICA) A PARTIR DEL HONGO (PLEUROTUS OSTREATUS) GRIS Y BLANCO**”.

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA**

CESIONARIA a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la

resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 17 días del mes de febrero del 2025.



Toaquiza Vilca Diana Gissela

Dra. Idalia Eleonora Pacheco Tigselema

LA CEDENTE


LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE LA ESTRUCTURA LIGNOCELULÓSICA DE LA PULPA DE TUNA (*OPUNTIA FICUS-INDICA*) A PARTIR DEL HONGO (*PLEUROTUS OSTREATUS*) GRIS Y BLANCO”, presentado por Gaibor Prado Jonathan Alexander y Toaquiza Vilca Diana Gissela, de la Carrera de Agroindustria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 17 de febrero de 2025



Ing. Romero Corral Renato Agustín, Mg
CC: 1717122483
DOCENTE TUTOR

:


AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Gaibor

Prado Jonathan Alexander y Toaquiza Vilca Diana Gissela, con el título del Proyecto de Investigación **“EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE LA ESTRUCTURA LIGNOCELULÓSICA DE LA PULPA DE TUNA (*OPUNTIA FICUS-INDICA*) A PARTIR DEL HONGO (*PLEUROTUS OSTREATUS*) GRIS Y BLANCO”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 17 de febrero de 2025


Ing. Ana Maricela Trávez Castellano, Mg
CC: 0502270937
LECTOR 1 (PRESIDENTA)


Ing. Gabriela Beatriz Arias Palma, Mg
CC: 1714592746
LECTOR 2 (MIEMBRO)


Quim. Jaime Orlando Rojas Molina, Mg
CC: 0502645435
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, especialmente a la carrera de Agroindustria por impartirme todos los conocimientos adquiridos durante esta etapa de mi vida, así como también a todos mis docentes, un infinito agradecimiento.

Agradezco a mi familia, especialmente a mi madre y mis abuelitos por todos los consejos y apoyo incondicional que me brindaron durante todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy,

A mi hermano menor por brindarme ese infinito cariño tan puro y sincero a lo largo de esta etapa de mi vida.

A mi pareja, que me brindó su paciencia, su amor, su apoyo y su tiempo, haciéndome alcanzar mis metas y convertirme en una mejor persona.

A mi fiel compañero de aventuras Floky, quien me enseñó que la felicidad y el éxito no se miden solo por los logros, sino por la compañía y el amor que recibimos en el camino.

A mi colega y amiga de tesis Diana Toaquiza, por la ayuda en este proyecto y por la amistad brindada.

Y, por último, a mi tutor y guía Ing. Mg. Renato Romero por su ayuda, paciencia y consejos brindados para el desarrollo de este proyecto.

Gaibor Prado Jonathan Alexander

AGRADECIMIENTO

Esta tesis está dedicada a mi padre, quien me demostró que la ausencia de apoyo puede ser el catalizador para encontrar la propia fortaleza y perseverancia.

También está dedicada a mi madre quien me enseñó que la vida es un proceso de crecimiento y aprendizaje, y que todas las metas que nos proponemos son alcanzables si estamos dispuestos a trabajar duro y a nunca rendirnos.

Gaibor Prado Jonathan Alexander

DEDICATORIA

A Dios, quien ha sido mi refugio y mi guía en cada paso de este camino. Sin su fuerza y bendiciones, este logro no habría sido posible.

A mis amados padres, César Toaquiza y María Vilca, por ser mi mayor inspiración y mi pilar inquebrantable. Por

su amor infinito, sus sacrificios por enseñarme con su ejemplo que el esfuerzo y la dedicación siempre dan frutos. A toda mi familia, porque su cariño y apoyo incondicional han sido la base de mi crecimiento.

*A mi ser amado, **Christian Chachalo**, quien ha sido más que un compañero en este camino: ha sido mi refugio, mi fuerza y mi mayor motivación. Gracias por cada palabra de aliento, tu paciencia infinita y por recordarme, incluso en mis momentos de duda, que soy capaz de lograr lo que me proponga. Te amo profundamente y este logro también es tuyo.*

*A mi fiel amigo de cuatro patas, el **Guapo**, mi gatito incondicional, por su presencia silenciosa, su compañía y por nunca dejarme sola.*

*A mi colega y gran amigo **Jonnathan Gaibor**, cuya amistad y ayuda fueron fundamentales en la elaboración de este proyecto de investigación. Gracias por tu apoyo, por cada consejo.*

A todos ustedes, quienes han sido mi fortaleza y mi mayor fuente de inspiración, les dedico con amor y gratitud este gran logro.

Diana Gissela Toaquiza Vilca

AGRADECIMIENTO

Este logro no hubiera sido posible sin el apoyo y guía de personas fundamentales en mi formación académica y personal. En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis docentes de la Universidad Técnica

de Cotopaxi, quienes con su enseñanza y compromiso han sido pilares en mi crecimiento profesional.

Extiendo mi gratitud a la Ingeniera Maricela Trávez, al Químico Orlando Rojas y a la Ingeniera Gabriela Arias, por su paciencia, orientación y dedicación inquebrantable durante este proceso, que no estuvo exento de desafíos. Su apoyo ha sido clave para mi desarrollo tanto académico como personal.

Finalmente, quiero dedicar un reconocimiento especial a mi tutor, el Ingeniero Renato Romero, que nos ha brindado conocimientos y enseñanzas fueron fundamentales en la construcción de este trabajo. Su paciencia y constante acompañamiento hicieron de este camino una experiencia de aprendizaje invaluable.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento

Diana Gissela Toaquiza Vilca

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE LA ESTRUCTURA LIGNOCELULÓSICA DE LA PULPA DE TUNA (*OPUNTIA FICUS-INDICA*) A PARTIR DEL HONGO (*PLEUROTUS OSTREATUS*) GRIS Y BLANCO.

AUTOR:

Gaibor Prado Jonathan Alexander

Toaquiza Vilca Diana Gissela

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como finalidad evaluar la degradación de la estructura lignocelulósica de la pulpa de tuna (*Opuntia ficus-indica*) mediante el uso del hongo (*Pleurotus Ostreatus*) en sus variedades gris y blanco. Se evaluó el mayor grado de propagación micelial de los hongos (*Pleurotus Ostreatus*) gris y blanco durante 20 días entre tres tipos de sustrato (cebada pelada, trigo y avena con cáscara). Posteriormente se evaluó la eficiencia biológica del hongo utilizado como sustrato la paja de cereales. Para identificar el efecto de degradación lignocelulósica de la pulpa de tuna se realizó mediante la determinación de azúcares reductores (Método de lurf-schoorl). Se aplicó un modelo con arreglo factorial 3*2 más control, el primer factor con tres niveles (relación pulpa de tuna-medio de cultivo Honey Tek: 1:20, 1:25 y 1:30), y variedad de hongo *Pleurotus Ostreatus* (gris y blanco) con un total de seis tratamientos más el control con 3 repeticiones, la medición se realizó en los días 0, 3 y 6. Se identificó que la cebada pelada (CP) fue el único sustrato en el que se desarrolló la propagación, siendo el hongo gris el que presentó una propagación más rápida, alcanzando un 7% de colonización al día 3, un 80% al día 7 y el 100% al día 11. En contraste, el hongo blanco presentó el 15% al día 7, 70% al día 14 y 100% al día 18. La eficiencia biológica del hongo gris fue de 43% y la del hongo blanco de 20,07%. Según la metodología aplicada el único tratamiento que presentó diferencia significativa en la degradación lignocelulósica de la pulpa de tuna tanto en los días 3 y 6 fue el tratamiento T1 (relación pulpa de tuna- medio de cultivo Honey Tek 1: 20 + hongo gris) con valor final de 5,7 g/L de azúcares reductores en comparación al testigo que presenta 3,5 g/L de azúcares reductores. El presente sugiere que el hongo *Pleurotus Ostreatus* gris se destacó en la colonización, en la eficiencia biológica y en la degradación lignocelulósica de la pulpa de tuna, siendo una alternativa promisoría para la innovación en procesos agroindustriales.

Palabras claves: Colonización, degradación lignocelulósica, eficiencia biológica, honey tek, propagación.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

TITLE: “EVALUATION OF THE DEGRADATION OF THE LIGNOCELLULOSIC STRUCTURE OF PRICKLY PEAR (*OPUNTIA FICUS-INDICA*) PULP FROM THE GREY AND WHITE FUNGUS (*PLEUROTUS OSTREATUS*)”.

Authors:

Gaibor Prado Jonathan Alexander

Toaquiza Vilca Diana Gissela

ABSTRACT

The present research project aims to evaluate the degradation of the lignocellulosic structure of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) pulp using the fungus (*Pleurotus Ostreatus*) in its grey and white varieties. The highest degree of mycelial propagation of the grey and white fungi (*Pleurotus Ostreatus*) was evaluated for 20 days among three types of substrates (peeled barley, wheat and hulled oats). Subsequently, the biological efficiency of the fungus was evaluated using cereal straw as substrate. To identify the effect of lignocellulosic degradation of prickly pear pulp, reducing sugars were determined (Lurf-Schoorl method). A model with a 3*2 factorial arrangement plus control was applied, the first factor with three levels (prickly pear pulp to Honey Tek culture medium ratio: 1:20, 1:25 and 1:30), and *Pleurotus Ostreatus* fungus variety (grey and white) with a total of six treatments plus the control with 3 replicates, the measurement was carried out on days 0, 3 and 6. It was identified that peeled barley (CP) was the only substrate on which propagation developed, with the grey fungus showing the fastest propagation, reaching 7% colonization by day 3, 80% by day 7 and 100% by day 11. In contrast, the white fungus showed 15% at day 7, 70% at day 14 and 100% at day 18. The biological efficiency of the grey fungus was 43% and that of the white fungus 20.07%. According to the methodology applied, the only treatment that showed a significant difference in the lignocellulose degradation of prickly pear pulp on days 3 and 6 was treatment T1 (prickly pear pulp to Honey Tek 1:20 culture medium ratio + grey fungus), with a final value of 5.7 g/L of reducing sugars, compared to the control, which showed 3.5 g/L of reducing sugars. The present study suggests that the *Pleurotus Ostreatus* grey fungus excelled in colonization, biological efficiency and lignocellulosic degradation of prickly pear pulp, being a promising alternative for innovation in agro-industrial processes.

Key words: Colonisation, lignocellulosic degradation, biological efficiency, honey tek, propagation.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	vi
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	ix
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	x
AGRADECIMIENTO	xi
AGRADECIMIENTO	xii
DEDICATORIA.....	xiii
AGRADECIMIENTO	xiv
RESUMEN	xv

1.8. NOMBRES DE EQUIPO DE INVESTIGACIÓN	2
1.9. ÁREA DE CONOCIMIENTO	3
1.10. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	3
2. DISEÑO DEL PROYECTO	4
2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
2.2. MARCO CONTEXTUAL	4
2.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
2.4. OBJETIVOS	5
2.4.1. OBJETIVO GENERAL:	5
2.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	5
2.5. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS CON RELACIÓN A LOS PLANTEADOS	7
2.6. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA O MARCO REFERENCIAL	10
2.6.1. ANTECEDENTES	10
2.6.2. MARCO TEÓRICO	11
MADURACIÓN Y CALIDAD DEL FRUTO DE LA TUNA	13

CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DE LA TUNA	14
USOS AGROINDUSTRIALES DE LA TUNA	14
PULPA DE TUNA	15
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DEL HONGO (PLEUROTUS OSTREATUS) ..	17
CICLO DE VIDA DEL HONGO (PLEUROTUS OSTREATUS)	18
COMPOSICIÓN NUTRICIONAL	19
PROCESO GENERAL DE PRODUCCIÓN DEL HONGO	20
- PROPIEDADES MEDICINALES	21
SISTEMA ENZIMÁTICO DEL HONGO SOBRE LOS MATERIALES LIGNOCELULÓSICOS	22
2.6.3. MARCO CONCEPTUAL	25
2.7. METODOLOGÍA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	26
2.7.1. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	26
2.7.2. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	27
2.7.3. INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	28
2.7.4. PROCEDIMIENTO	29
RECEPCIÓN	29
SELECCIÓN	29
COCCIÓN	29
DESINFECCIÓN	29
ENFUNDADO	30
ESTERILIZADO	30
REPOSO	30

INOCULACIÓN	30
MONITOREO	31
2.7.5 DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA BIOLÓGICA	32
RECEPCIÓN	32
DESINFECCIÓN	32
ESTERILIZACIÓN	33
INOCULACIÓN	33
COLONIZACIÓN	33
FRUCTIFICACIÓN	33
RECEPCIÓN	35
ESTERILIZACIÓN	36
DESPULPADO	36
DISTRIBUCIÓN	36
ESTERILIZACIÓN	36
INOCULACIÓN	37
INCUBACIÓN	37
2.8. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	38
2.8.1. HIPÓTESIS NULA	38
2.8.2. HIPÓTESIS ALTERNATIVA	38
2.9. DISEÑO EXPERIMENTAL	38
2.10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	41
2.10.1. IDENTIFICACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO MÁS APTO PARA LA PROPAGACIÓN DE LOS HONGOS PLEUROTUS OSTREATUS GRIS Y BLANCO.	41

2.10.2. EFICIENCIA BIOLÓGICA	44
2.10.3. EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE LA ESTRUCTURA LIGNOCELULÓSICA DE LA PULPA DE TUNA (OPUNTIA FICUS-INDICA)	48
3. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONOMICOS)	55
3.1. TÉCNICOS	55
3.2. SOCIALES	55
3.3. AMBIENTALES	55
3.4. ECONÓMICOS	55
4. RECURSOS Y PRESUPUESTO	56
5. CONCLUSIONES	58
6. RECOMENDACIONES	59
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
8. ANEXOS	2
ÍNDICE DE TABLAS	
Tabla 1 Actividades y sistema de tareas en la relación a los objetivos planteados.	7
Tabla 2 Taxonomía de la tuna (Opuntia ficus - indica)	12
Tabla 3 Contenido de vitaminas en diferentes partes de la fruta y cladodio de la tuna.....	14
Tabla 4 Clasificación taxonómica de Pleurotus Ostreatus	16
Tabla 5 Composición nutricional de Pleurotus Ostreatus	20
Tabla 6 Cuadro de análisis de varianza (ANOVA)	39
Tabla 7 Cuadro de variables	40

Tabla 8 Propagación de hongos Pleurotus Ostreatus gris y blanco sobre los sustratos.	41
Tabla 9 Porcentaje (%) de colonización de hongos Pleurotus Ostreatus gris y blanco sobre el sustrato paja de cebada.	44
Tabla 10 Peso de los hongos Pleurotus Ostreatus gris y blanco	45
Tabla 11 Peso seco de los sustratos, peso de la 1ra y 2da cosecha.	46
Tabla 12 Porcentaje de la eficiencia biológica de la 1ra y 2da cosecha.	47
Tabla 13 Análisis de varianza de la variable de degradación lignocelulósica del día 3 de la pulpa de tuna	49
Tabla 14 Prueba de Tukey al 5% de los tratamientos y el control	50
Tabla 15 Análisis de varianza de la variable de degradación lignocelulósica del día 6 de la pulpa de tuna	51
Tabla 16 Prueba de Tukey al 5% de los tratamientos y el control	52
Tabla 17 Presupuesto del proyecto	56

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Proliferación del hongo gris y blanco a lo largo de 20 días	42
<i>Figura 2</i> Eficiencia biológica del hongo gris y blanco.....	48
<i>Figura 3</i> Comportamiento de los promedios de la variable degradación de la lignocelulosa en el día 3 en la pulpa de tuna	50
<i>Figura 4</i> Comportamiento de los promedios de la variable degradación lignocelulosa en el día 6 en la pulpa de tuna	53

ÍNDICE DE ILISTRACIONES **Ilustración 1** Estructura de la planta de tuna **¡Error! Marcador no definido.**

Ilustración 2 Maduración del fruto de la tuna	13
--	----

Ilustración 3 Composición química, perfil nutricional y compuestos bioactivos de la pulpa de tuna	15
Ilustración 4 Morfología del hongo Pleurotus Ostreatus	18
Ilustración 5 Ciclo de vida del hongo (Pleurotus Ostreatus).....	19
Ilustración 6 Microencapsulación	23
Ilustración 7 Proyección de Físher de los azúcares	23
Ilustración 8 Medio de cultivo de la cebada pelada propagado por el hongo gris y blanco ...	43
Ilustración 9 Pesos del hongo Pleurotus Ostreatus gris y blanco gris y blanco de la 1era y 2da cosecha.....	46

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Datos informativos del tutor	
Anexo 2 Datos informativos del estudiante Gaibor Prado Jonathan Alexander	5
Anexo 3 Datos informativos de la estudiante Toaquiza Vilca Diana Gissela	6
Anexo 4 Limpieza de los granos (trigo, avena, cebada)	7
Anexo 5 Avena, trigo y cebada cosida	7
Anexo 6 Esterilización de los granos en la autoclave	7
Anexo 7 Grano de cebada pelada al día 11 obtuvo una proliferación total en el hongo gris y en el día 18 para el hongo blanco	8
Anexo 8 Semilla de trigo no existió colonización en el hongo P.O gris	8
Anexo 9 Semilla de trigo no existió colonización en el hongo P.O blanco	8
Anexo 10 Semilla de avena con cascara no existió colonización en el hongo P.O gris.	9
Anexo 11 Semilla de avena con cascara no existió colonización en el hongo P.O blanco.	9
Anexo 12 Paja de cebada, semilla cebada pelada al día 13 el hongo P.O gris colonizó por	

completo el sustrato.	9
Anexo 13 Paja de cebada, semilla cebada pelada al día 17 el hongo P.O blanco colonizó por completo el sustrato.	10
Anexo 14 Fructificación de hongo P.O gris	10
Anexo 15 Fructificación de hongo P.O blanco	10
Anexo 16 Peso en g del hongo P.O gris	
Anexo 17 Peso en g del hongo P.O blanca	11
Anexo 18 Cálculo EB de la primera cosecha P.O gris	11
Anexo 19 Cálculo EB de la primera cosecha P.O blanco	12
Anexo 20 Cálculo EB de la segunda cosecha P.O gris	12
Anexo 21 Cálculo EB de la segunda cosecha P.O blanco.....	12
Anexo 22 Limpieza y desinfección de las tunas y envases de vidrio.....	12
Anexo 23 Esterilización de tunas y envases de vidrio	13
Anexo 24 Extracción de la pulpa de tuna	13
Anexo 25 Medio Honey Tek, a diferentes concentraciones 1:20, 1:25 y 1:30	13
Anexo 26 Esterilización del medio	14
Anexo 27 Siembra de los hongos P.O gris y blanco	14
Anexo 28 Incubación	14
Anexo 29 Método de lurf Schoor	15
Anexo 30 Análisis de la pulpa de la tuna	17
Anexo 31 Análisis muestra de la pulpa de tuna en agua destilada 2,3 %	18
Anexo 32 Análisis muestra de la pulpa de tuna en agua destilada 1,6 %	19
Anexo 33 Análisis muestra de la pulpa de tuna en agua destilada 2 %	20

Anexo 34 Análisis de la pulpa de tuna 1,6 % al día 3 con el hongo blanco	21
Anexo 35 Análisis de la pulpa de tuna 2 % al día 3 con el hongo blanco.....	22
Anexo 36 Análisis de la pulpa de tuna 2,5 % al día 3 con el hongo blanco	23
Anexo 37 Análisis de la pulpa de tuna 1,6 % al día 6 con el hongo blanco	24
Anexo 38 Análisis de la pulpa de tuna 2 % al día 6 con el hongo blanco.....	25
Anexo 39 Análisis de la pulpa de tuna 1,6 % al día 3 con el hongo gris	26
Anexo 40 Análisis de la pulpa de tuna 2,5 % al día 3 con el hongo gris	27
Anexo 41 Análisis de la pulpa de tuna 2 % al día 3 con el hongo gris	28
Anexo 42 Análisis de la pulpa de tuna 1,6 % al día 6 con el hongo gris	29
Anexo 43 Aval de traducción	30

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la sociedad busca alimentos saludables con la finalidad de cuidar su salud, puesto que los productos son procesados con aditivos sintéticos, los cuales han sido asociados a diversas enfermedades como el cáncer, hipertensión, entre otros; por esta razón la industria alimentaria se encuentra en constante innovación, resultando como una posibilidad la microencapsulación de los compuestos bioactivos, con el propósito de ofrecer al consumidor un alimento saludable que satisfagan sus necesidades (Cardona, et al., 2021).

La problemática que se presenta en esta investigación se centra en la evaluación de la degradación de la estructura lignocelulósica de la pulpa de tuna (*Opuntia ficus-indica*) a partir del hongo (*Pleurotus Ostreatus*) gris y blanco, con el propósito de dar solución a la ineficiencia del proceso de microencapsulación de la pulpa de tuna, que tiene la empresa DLIP, esto ha ocasionado pérdidas económicas significativas a la empresa que dependen de este proceso, para la innovación de diversos productos.

El hongo *Pleurotus Ostreatus*, se alimenta de los componentes lignocelulósicos, celulosa, lignina, etc. del 100% de su nutrición del 75% corresponde a carbono, 22% a nitrógeno, 1% azúcares y el 2% a minerales (K, P, Si, Fe, Mg, Ca, entre otros) (Huaman, 2023). Sin embargo, la mayoría de las investigaciones se han centrado en la degradación de otros sustratos sin considerar específicamente la interacción entre este hongo y la pulpa de tuna.

La producción de hongos se encuentra en crecimiento, descompone diferentes materiales lignocelulósicos; su rapidez y eficacia están relacionados con las condiciones del proceso fermentativo y el tipo de material lignocelulósico utilizado (Bermúdez, et al., 2023). La pulpa de la tuna se caracteriza por su sabor dulce y textura suave. Su composición incluye aproximadamente un 85% de agua, lo que representa el 55% del peso total de la fruta. El 45% restante corresponde a la cáscara y las semillas (Yanacallo, 2023).

El procedimiento consiste en inocular las semillas de hongos en un sustrato de Hony tek (Melaños, 2024). El análisis de la literatura muestra un escaso enfoque en la evaluación de la actividad enzimática de diferentes cepas de *Pleurotus Ostreatus* en la degradación de la lignocelulosa de la pulpa de tuna. Pese a que se ha documentado el uso de diferentes sustratos en investigaciones anteriores, la efectividad y el desempeño de las cepas gris y blanco del hongo ostra en la degradación de la pulpa de tuna no han sido exploradas de forma exhaustiva. Bajo

este contexto, se ha creado la oportunidad para generar conocimiento científico en la aplicación del micelio del hongo en alimentos de estructuras lignocelulósicas elevadas.

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Título de investigación

Evaluación de la degradación de la estructura lignocelulósica de la pulpa de tuna (*Opuntia ficusindica*) a partir del hongo (*Pleurotus Ostreatus*) gris y blanco.

1.2. Fecha de inicio

Octubre 2024

1.3. Fecha de finalización

Marzo 2025

1.4. Lugar de ejecución

Provincia: Cotopaxi – Zona:3

Cantón: Latacunga

Parroquia: Salache Bajo

Barrio: Eloy Alfaro

1.5. Institución

Universidad Técnica de Cotopaxi

1.6. Facultad

Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

1.7. Carrera que auspicia

Ingeniería Agroindustrial

1.8. Nombres de equipo de investigación

Tutor de investigación

- Ing. Mg. Renato Agustín Romero Corral

Estudiante:

- Gaibor Prado Jonathan Alexander
- Toaquiza Vilca Diana Gissela

1.9. Área de conocimiento

Área: Ingeniería, industria y construcción.

Sub – área: Industria y producción.

1.10. Línea de investigación

Línea: Desarrollo y seguridad alimentaria.

Sub – línea: Investigación innovación y emprendimientos.

2. DISEÑO DEL PROYECTO

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial se cuenta con diversos alimentos naturales, sin embargo, su potencial no ha sido reconocido ni aprovechado. El Ecuador es un país rico en flora endémica, a pesar de lo cual el desarrollo tecnológico es limitado por la falta de investigaciones y difusión de estas, desencadenando la generación de patentes nacionales que impulsen la innovación y el aprovechamiento sostenible de los recursos.

En el caso de la producción de tuna (*Opuntia ficus-indica*), se generan grandes cantidades de subproductos como la pulpa y la cáscara, cuya degradación natural es compleja debido a su alto contenido de lignocelulosa (Erazo, et al., 2021). Ante esta problemática, la empresa biotecnológica DLIP con su sede en la ciudad de Latacunga, busca micro encapsular la pulpa de la tuna, la cual ha presentado una problemática en su desarrollo debido a su elevado contenido de lignocelulosa que posee la fruta, ocasionando alteraciones en uno de los procesos industriales con el secador de alta velocidad (Spraying Dryer). Con la finalidad de obtener una alternativa para la microencapsulación se ha optado por el uso del hongo *Pleurotus Ostreatus* para la degradación de la estructura lignocelulósica de la pulpa de tuna; esto es una alternativa viable para transformar estos materiales en productos de mayor valor, promoviendo la economía circular y reduciendo el impacto ambiental.

El estudio de los hongos ha sido históricamente relegado dentro de las ciencias biológicas, lo que ha generado una escasez de investigadores especializados en micología; reflejándose en la falta información patentada. Esta situación a dificulta el avance en el estudio de los hongos y su aplicación en diversos sectores, como la biotecnología, la salud y la industria agroalimentaria (Angulo, et al., 2022).

Esta investigación tiene como finalidad evaluar la degradación de la estructura lignocelulósica de la pulpa de tuna (*Opuntia ficus-indica*) a partir del hongo (*Pleurotus Ostreatus*) gris y blanco, con el propósito de agilizar el proceso de micro encapsulados en la empresa DLIP.

2.2. Marco contextual

La producción de hongos es vista como un método biotecnológico que puede ser rentable para transformar diferentes tipos de residuos lignocelulósicos. Debido a la escasez de conocimiento

técnico en el área del cultivo de hongos. La degradación de la lignina y la celulosa es un proceso complejo que requiere la acción de diferentes enzimas y microorganismos; e la biodegradación de la fibra por hongos basidiomicetos es un proceso oxidativo no específico que se lleva a cabo mediante la acción conjunta de tres enzimas potentes: manganeso peroxidasas, lignina peroxidasas y lacasa, las cuales tienen un alto poder degradativo y trabajan juntas para descomponer la fibra.

La microencapsulación tiene la finalidad de proteger los compuestos bioactivos, debido a que actúa como una barrera contra olores y sabores desagradables, de igual forma ayudan a que los componentes frágiles resistan las condiciones de producción y empaçado. Además, es de amplia aplicación, su manejo es sencillo, reutilización y recuperación a grandes escalas en los procesos industriales; potencializando las características sensoriales de un alimento; propiciando la innovación en la industria.

La capacidad ligninolítica de los hongos de pudrición blanca para degradar y digerir la pared celular vegetal de plantas lo ha convertido en uno de los principales microorganismos considerados para la obtención de biomateriales a base del micelio, sin embargo, estas especies tienen diferentes sistemas enzimáticos distintos para degradar la materia orgánica con varios estados de descomposición.

2.3. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de la aplicación del micelio de hongo *Pleurotus Ostreatus* gris y blanco sobre la degradación de la estructura lignocelulósica de la pulpa de tuna (*Opuntia ficus-indica*)?

2.4. OBJETIVOS

2.4.1. Objetivo general:

Evaluación de la degradación de la estructura lignocelulósica de la pulpa de tuna (*Opuntia ficusindica*) a partir del hongo (*Pleurotus Ostreatus*) gris y blanco.

2.4.2. Objetivos específicos:

- Identificar el medio de cultivo más apto para la propagación de los hongos *Pleurotus Ostreatus* gris y blanco.

- Determinar la eficiencia biológica de los hongos *Pleurotus Ostreatus* blanco y gris.
- Evaluar la degradación de la estructura lignocelulósica de la pulpa de tuna (*Opuntia ficus-indica*).

2.5. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS CON RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1 Actividades y sistema de tareas en la relación a los objetivos planteados.

Objetivos	Actividad (Tareas)	Metodología	Resultado
Objetivo 1			
Identificar el medio de cultivo más apto para la propagación de los hongos <i>Pleurotus Ostreatus</i> gris y blanco.	<p>1. Determinar de los medios de cultivo para la propagación de los hongos <i>Pleurotus Ostreatus</i> (gris y blanco) utilizando</p> <ul style="list-style-type: none"> - semillas de trigo pelado (<i>Triticum aestivum</i>) - Semillas de cebada pelada (<i>Hordeum vulgare</i>) - Semillas de avena con cáscara (Avena Sativa). <p>2. Inocular los dos tipos de hongos <i>Pleurotus Ostreatus</i> gris y blanco en los medios de cultivo</p> <p>3. Determinar el tratamiento que desarrolle el mayor grado de</p>	Referencia: "Manual de Cultivo de Hongo Seta (<i>Pleurotus Ostreatus</i>) de Forma Artesanal", con algunas modificaciones por el Autor (Flores A. , 2012).	Identificación del medio de cultivo más adecuado para cada variedad de <i>Pleurotus Ostreatus</i> (gris y blanco) en función del tipo de semilla utilizada (trigo pelado, cebada pelada, avena con cáscara). El mejor tratamiento se determinó a través de la observación visual del desarrollo del micelio y bajo un control de los días requeridos para la colonización completa del medio de cultivo.

colonización para cada tipo de hongo.

Objetivo 2

Determinar la eficiencia biológica de los hongos *Pleurotus Ostreatus* blanco y gris.

1. Preparar del sustrato de paja de cebada y su inoculación con *Pleurotus Ostreatus* gris y blanco.
2. Monitorear del crecimiento del micelio en el sustrato hasta su completa colonización.
3. Cosechar y registrar del peso de los hongos obtenidos para evaluar el rendimiento.
4. Calcular de la eficiencia biológica y comparación del rendimiento entre los dos hongos.

Se tomó como referencia “Cultivo de *Pleurotus Ostreatus* sobre paja de cereales” especialmente en la 4. Fases de cultivo: Siembra, Incubación y Producción, con algunas modificaciones por los autores (Ortiz & Muñoz, 2013

Determinación que cepa de hongo *Pleurotus Ostreatus* tuvo una mejor eficiencia biológica en el sustrato de paja de cebada.

Objetivo 3

Evaluar la degradación de la estructura lignocelulósica de la

1. Determinar los factores de estudio:

Se tomó como referencia la tesis de los autores (Altamirano & Ortiz, 2022), con el tema “Construcción de un biorreactor para la obtención de

El % de la degradación de la estructura lignocelulósica de la pulpa de tuna e

pulpa de tuna (Opuntia Relación pulpa de tuna- agua ficus- indica). destilada: 1:20, 1:25 y 1:30.

4. Determinar el tratamiento que permite una mayor degradación lignocelulósica de la pulpa de tuna.

Tipo de hongo (gris y blanco).

5. Diseño experimental

2. Inocular de micelio de hongos *Pleurotus Ostreatus* en los tratamientos

micelio infinito del hongo portobello (*agaricus brunnescens*) y *Pleurotus Ostreatus* mediante la técnica Honey modificaciones.

identificación del mejor tratamiento para degradar para estructura lignocelulósica. tek” con

3. Toma de muestras en los días 0, 3 y 6 para análisis de azúcares reductores.

Determinación de azúcares reductores métodos lurf-schoorl

Aplicar el diseño experimental con arreglo factorial 3*2+1.

Elaborado por: Autores (Gaibor & Toaquiza; 2025).

2.6. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA O MARCO REFERENCIAL

2.6.1. Antecedentes

Carmona (2020) estudió la encapsulación de pulpa de tuna anaranjada mediante secado por atomización, usando mucílago de nopal, maltodextrina y su combinación como agentes encapsulantes. Se optimizaron la temperatura de secado y la relación pulpa/agente encapsulante, determinando que 150 °C y una proporción de 3:1 permitieron eficiencias superiores al 87% y rendimientos de hasta 51,2%. Las micropartículas presentaron baja humedad, alta solubilidad y estabilidad de indicaxantina y color a bajas temperaturas. En yogur y bebida refrescante, los colorantes naturales mostraron buena estabilidad, siendo P-MD el más resistente en bebidas. Estos resultados sugieren su potencial uso como colorante natural en la industria alimentaria.

Díaz (2019) evaluó la producción de *Pleurotus Ostreatus* usando distintos residuos lignocelulósicos como sustrato: paja de arroz (PA), bagazo de caña de azúcar (BC), coronta de maíz (CM) y restos de poda de pasto de parques (RP), con base en la eficiencia biológica (EB) y el rendimiento (R). Primero, se promovió la proliferación del micelio en medio PDA y produjo el inóculo a partir de granos de trigo. En la segunda fase, los sustratos fueron inoculados en bolsas de polipropileno con 65% de humedad, empleando un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos y cinco repeticiones, incubados en oscuridad a 28°C. Los resultados mostraron que el bagazo de caña de azúcar (BC) presentó los valores más altos de eficiencia biológica (16.77%) y rendimiento (0.90%).

Ruiz estudio (2014) la estabilidad de compuestos bioactivos de la tuna roja durante su encapsulación con fibras solubles y su aplicación en extrudidos. El jugo fue mezclado con β glucanos (15-30%) y secado por aspersion (160-200 °C), analizando sus propiedades fisicoquímicas. En la extrusión-cocción se estudiaron tiempos de residencia (36.62-60.13 s) según la velocidad del tornillo (225-325 rpm) y la temperatura (80-140 °C), además del impacto del proceso en polifenoles, flavonoides, betalainas y actividad antioxidante. La mejor condición para obtener el polvo con mayor contenido de compuestos bioactivos fue 160 °C y 22.5% de fibra. Durante la extrusión, la retención de compuestos bioactivos varió entre 33-77%, con mayor degradación de betaxantinas a alta temperatura. El cereal obtenido tuvo buena calidad, siendo más aceptado el que contenía 2.5% de polvo de tuna roja por su menor dureza. Aunque

el consumo del cereal no afectó los niveles séricos de glucosa y lípidos, aportó fibra y compuestos bioactivos.

Ruilova & Hernández (2014) evaluaron residuos agrícolas de la provincia de Bolívar, de Ecuador, para determinar su composición fisicoquímica y su potencial como sustrato en el cultivo de *Pleurotus Ostreatus*. Analizaron maíz, trigo, cebada, lenteja, bagazo de caña de azúcar y cascarilla de arroz, midiendo humedad, cenizas, fibra, lignina, celulosa, hemicelulosa, carbono y nitrógeno. Tras dos meses de almacenamiento, la humedad osciló entre 9.12 % y 13.91 %, mientras que el contenido de carbono y nitrógeno varió entre 50.12 %-56.55 % y 0.38 %-1.29 %, respectivamente. Debido a su naturaleza leñosa, los residuos presentaron alto contenido de fibra. El hongo que cultivó en esos sustratos encontró una relación directa entre el nitrógeno disponible y la eficiencia biológica, así como el contenido proteico del hongo.

Ramón & Ramón (2012) evaluaron el grado de degradación de residuos lignocelulósicos, de la cascarilla de arroz y bagazo de caña, generados en actividades agroindustriales. Para ello, desarrollaron un inóculo usando granos de trigo durante 30 días, manteniendo una humedad del 70-80%, un fotoperiodo de 12 horas con 500 lux de luz, una temperatura de 27-30 °C y un pH ligeramente ácido, además aseguraron la asepsia y la cantidad adecuada de sustrato. El proceso lo llevaron a cabo en una cámara controlada de plástico, donde realizaron una fermentación en estado sólido (FES) por 45 días, utilizando bolsas plásticas como biorreactores y supervisando diariamente las condiciones. Una vez que el micelio del hongo colonizó completamente el sustrato, observaron fructificaciones, las cuales fueron cosechadas tras su maduración.

2.6.2. MARCO TEÓRICO

2.6.2.1. Tuna (*Opuntia ficus-indica*)

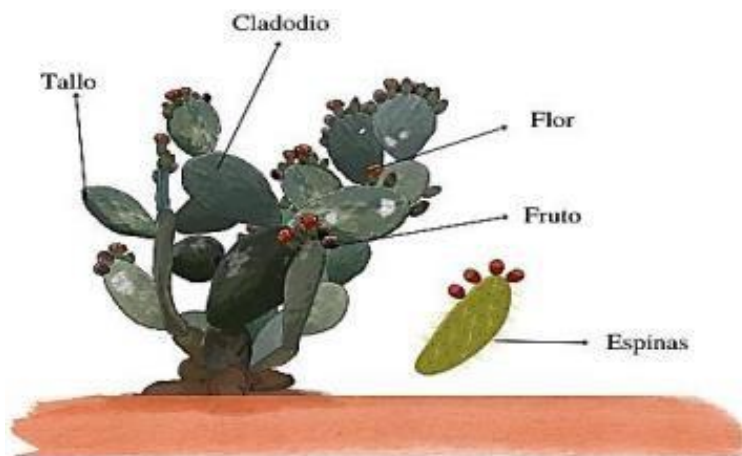
Es una planta arbustiva originaria de América perteneciente a la familia de las cactáceas, con una altura aproximada de 1,7 metros. Sus segmentos en estado fresco presentan un alto contenido alrededor del 90%, mientras que el 10 % restante está compuesto por diversos azúcares y ácidos, entre los que destacan L-arabinosa e (47 %), D-xilosa (23 %), D-galactosa (18 %), L-ramnosa (7 %) y ácido D-galacturónico (5%) (Yupanqui, 2022).

El tallo principal presenta tonalidades que varían entre castaño oscuro, verde o gris. Su estructura es cilíndrica, con un diámetro cercano a los 20 cm y una altura aproximada de 45 cm. Los cladodios pueden ser de forma elíptica, ovada o circular, con un peso que oscila entre 40 y

100 g; pueden alcanzar hasta 60 cm de longitud, 30 cm de ancho y un grosor de aproximadamente 3 cm, además de albergar alrededor de 10 flores en su parte superior (Gavilanez, 2024).

Las flores poseen un pericarpelo de forma cilíndrica, con una longitud de 5 cm y un diámetro de 2 cm; sus estambres son erectos, con filamentos de color blanco o amarillo, mientras que el estigma se distingue por su tonalidad verde brillante y la presencia de 7 lóbulos. En cuanto al fruto, este se desarrolla en los tejidos del tallo a partir de un ovario inferior, puede ser esférica o cilíndrica, generalmente de color amarillo y su peso varía entre 80 y 200 gramos (Gavilanez, 2024).

Ilustración 1 Estructura de la planta de tuna



Fuente: (Yanacallo, 2023)

Es una planta xerofítica que se desarrolla de manera adecuada entre 16°C y 26°C, con una humedad relativa del 55% al 85% (Calachahui & Mozo, 2023).

Tabla 2 Taxonomía de la tuna (*Opuntia ficus - indica*)

Reino	Vegetal
División	Antophyta
Clase	Dicotiledónea

Subclase	Archyclamidea o Coripétala
Orden	Opuntiales (Cactales)
Familia	Opuntiaceae (Cactáceas)
Género	Opuntia
Especie	<i>O. ficus – indica</i>
Subespecie	<i>Opuntia megacabtha</i> (tuna sin espina)

Fuente: (Farfan & Brissolesi, 2024)

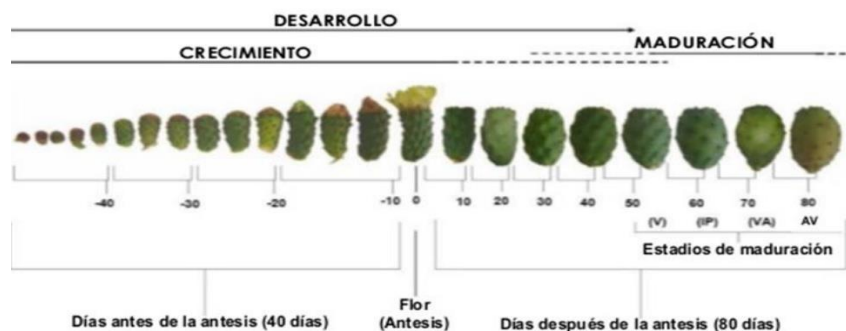
Maduración y calidad del fruto de la tuna

La fructificación mejora cuando hay una notable variación térmica entre el día y la noche. La acumulación de azúcares en el fruto depende directamente de las condiciones climáticas, siendo un indicador de madurez (Calachahui & Mozo, 2023).

Los frutos destinados a exportación deben superar los 160 gramos, en la primera categoría se encuentran con un peso de 120 a 160 gramos, en la segunda clase oscilan entre 80 a 100 gramos y los frutos de menor tamaño, con un peso inferior a 80 gramos, se consideran de tercera categoría (Farceque, 2021). La maduración de la tuna es de 80 días a partir de la floración

La concentración de vitamina C, sólidos solubles totales y azúcares se incrementan en su concentración, mientras que la acidez titulable presenta una ligera disminución en cuestión que avanza la maduración del fruto hasta su madurez fisiológica (Ríos, 2023).

Ilustración 2 Maduración del fruto de la tuna



Fuente: (Medina, 2018)

Características nutricionales de la tuna

La tuna es una fruta rica en nutrientes esenciales como la vitamina C, B1, B2 y B3, calcio, hierro, magnesio, potasio, provitamina A, fibra dietética, compuestos bioactivos como los flavonoides, antioxidantes (betalainas), es baja en calorías y grasas saturadas (Quichimbo & Romero, 2023).

Tabla 3 *Contenido de vitaminas en diferentes partes de la fruta y cladodio de la tuna*

Compuesto	Pulpa	Semillas	Piel	Cladodio
Vitamina K1	53,2	52,5	109	-
Vitamina	34-40	-	-	7-22
Vitamina	-	-	-	0,14
Vitamina	-	-	-	0,60
Vitamina	-	-	-	0,46
α -Tocoferol	84,9	56	1760	-
β -Tocoferol	12,6	12	222	-
γ -Tocoferol	7,9	33	174	-
δ -Tocoferol	422	5	26	-
Vitamina E	527,4	106	2182	-

Fuente: (Pisco & López, 2023)

La parte comestible de los frutos de la tuna contiene 90.60 % de humedad, 31 % calorías, 8 gramos de carbohidratos, 0.5 gramos de fibra y la misma cantidad de proteína, además de 0.4 gramos de cenizas, 22 miligramos de calcio, 7 miligramos de fósforo, 0.3 miligramos de hierro, vitamina C 30 mg, niacina 0.3 miligramos, riboflavina 0.02 miligramos y tiamina 0.001 miligramos, lo que refuerza su valor nutricional (Correa, 2023).

Usos agroindustriales de la tuna

Se elaboran diversos alimentos, así como bebidas (Alcohólicas y no alcohólicas) para el consumo humano, además de suplementos y piensos para la alimentación animal a partir de sus cladodios tanto como residuos. Su fibra igual que las harinas se usan en la producción de suplementos alimenticios para las personas y los animales, mientras que la fruta de la tuna se procesa gomas y colorantes naturales (Erazo, et al., 2023).

2.6.2.2. Pulpas

Es un producto comestible de textura carnosa, elaborado a partir de frutas frescas no fermentadas, aunque con posibilidad de fermentación. Su obtención se realiza mediante

2.6.2.3. Hongo (*Pleurotus Ostreatus*)

La palabra *Pleurotus* tiene su origen en el griego, *pleura* significa "formado lateralmente", y en el sufijo latino *otos*, al que se añade la terminación *us*; refiriéndose a la posición lateral del estípite en relación con el sombrero, así como a la forma característica (Estrada, 2022).

Forma parte de los hongos basidiomicetos de pudrición blanca, también posee aproximadamente 16 encimas lignocelulósicos, que absorben el carbono a partir de diversas fuentes compuestas de un sustrato como los polímeros y carbohidratos (Flores M. , 2021) (Gallegos, 2022) . Crece de manera natural en los árboles de aliso, balsa y arce.

Tabla 4 Clasificación taxonómica de *Pleurotus Ostreatus*

Reino	Fungí
Filo	Basidiomycota
Clase	Homobasidiomycetes
Subclase	Hymenomycetidae
Orden	Agaricales
Familia	Pleurotaceae
Género	<i>Pleurotus</i>
Especie	<i>Ostreatus</i>
Nombre científico	<i>Pleurotus Ostreatus</i> Pleuroto de verano, pulmonado, Belarri zuriska, seta de phoenix, seta de
Nombre común	venado, oreja blanca, hongo ostra, gírgolas, seta de ostra, champiñón ostra o pleuroto ostra

Fuente: (Cuarez & Quispe, 2022), (Palomino, 2024)

Este hongo se desarrolla en temperaturas que oscilan entre 20 y 32 °C, con una humedad relativa del 70 al 80%, un pH de 4.5 a 7, siendo 5.5 el valor ideal. Requiere un sustrato con alto contenido de carbono, se usa materiales como paja de trigo, residuos de café, subproductos del algodón, entre otros (Villalobos, 2022).

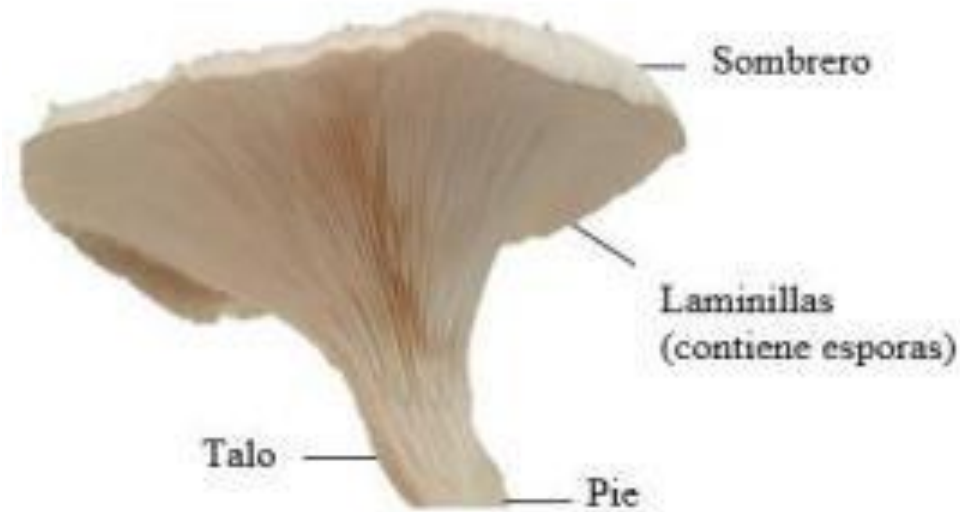
Características morfológicas del hongo (*Pleurotus Ostreatus*)

Pinos (2020) menciona que el hongo está compuesto de una masa similar al algodón llamada micelio, que generalmente no es visible a simple vista, ya que se encuentra enterrado en el suelo o bajo la corteza de los árboles. Su función es comparable a la de las raíces de las plantas, y también sostiene y da forma al cuerpo fructífero de la seta, conocido como carpóforo, pleuroma, basidoma o basidiocarpo, cuya función es la reproducción de la especie. Dentro de este cuerpo fructífero se desarrollan las esporas o basidiosporas, que funcionan como "semillas" de dispersión; cuando caen en un ambiente adecuado, favorecen el crecimiento del micelio. El cuerpo fructífero de *Pleurotus* está compuesto por tres partes principales: el sombrero o píleo, las láminas o himenio, y el pie o estípite.

En la cara inferior del sombrero se encuentran las láminas (himenio), que se extienden desde el pie que las sostiene hasta el borde. La capa himenial se origina a partir de un complejo proceso de ramificación y crecimiento hifa de la capa inferior, conocida como capa subhimenial. El pie de *Pleurotus* es poco desarrollado, generalmente corto, inclinado o ligeramente oblicuo, con una textura rugosa y blanca en la base. Se divide en dos zonas principales: el tejido interno y el tejido superficial.

El sombrero de *Pleurotus Ostreatus* tiene una forma ovalada y su cuerpo fructífero es blanco con un olor intenso. Su tamaño varía según la edad del hongo, alcanzando entre 5 y 15 cm de diámetro. Se presenta en diferentes colores, como rosado, blanco, crema y grisáceo, entre otros. Las láminas, ubicadas debajo del sombrero, son responsables de la producción de esporas, las cuales permiten la reproducción de la especie. Estas láminas, que pueden ser de color crema o blanco, están separadas entre sí y tienen una disposición que recuerda a las varillas de un paraguas. El pie del hongo es corto, del mismo color que el sombrero, y su base presenta una ligera pelusa. Posee una estructura rígida que le permite sostener el sombrero de forma estable (Lema, 2020). En la ilustración 1 se muestra la morfología del hongo *Pleurotus Ostreatus*

Ilustración 4 Morfología del hongo *Pleurotus Ostreatus*



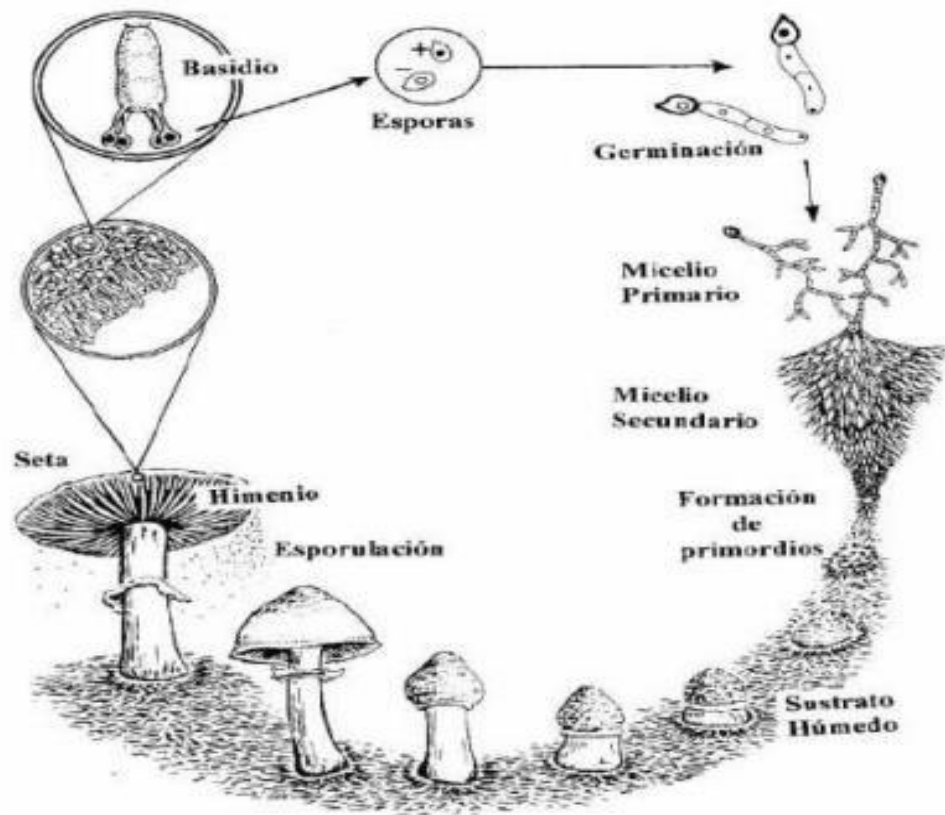
Fuente: (Lema, 2020)

Ciclo de vida del hongo (*Pleurotus Ostreatus*)

Las basidiósporas germinan y dan origen a micelios monocigóticos primarios (n); posteriormente, mediante la fusión de hifas compatibles, se generan micelios dicarióticos secundarios ($n + n$), los cuales se desarrollan, se diferencian y dan lugar a estructuras reproductivas denominadas basidios. El basidio crece, los dos núcleos provenientes de diferentes cepas de apareamiento se fusionan, formando una breve fase diploide ($2n$). De inmediato, ocurre la meiosis, dando origen a cuatro núcleos haploides (n), cada uno de los cuales dará lugar a una basidióspora, completa su ciclo liberando nuevas esporas, tras lo cual entra en un proceso de descomposición hasta su muerte (Villar, 2021) (Lizunde, 2022).

El proceso reproductivo de estos hongos tiene una duración aproximada de 7 a 8 semanas (Villar, 2021). Pueden reproducirse tanto sexual como asexualmente. En la reproducción sexual, liberan esporas al abrirse el píleo, lo que facilita la dispersión por el viento hasta un entorno con condiciones óptimas, donde germinan y originan hifas, estructuras filamentosas formadas por células vivas. En la reproducción asexual, se fragmentan las hifas, donde cada fragmento es capaz de desarrollarse y dar lugar a un nuevo organismo (Lizunde, 2022).

Ilustración 5 Ciclo de vida del hongo (*Pleurotus Ostreatus*)



Fuente: (Villar, 2021)

Composición nutricional

El hongo es una excelente fuente de nutrientes, su composición, basada en peso seco, contiene 57% a 61% de carbohidratos, 26% de proteínas, 11.9% de fibra y 0.9%-1.8% de grasa. Además, aporta vitaminas como niacina, tiamina (B1), B12, C (ácido ascórbico), potasio, fósforo y calcio (Cruz, et al. , 2020).

Tabla 5 Composición nutricional de *Pleurotus Ostreatus*

Parámetros	%
------------	---

Agua	92.2
Materia Seca	7.8
Ceniza	9.5
Grasa	1
Proteína bruta	39
Fibra	7.50
Fibra cruda	1.40
N total	2.40
Ca	33mg/100g
P	1.34mg/100g
K	3793mg/100g
Fe	15.20mg/100g
Ácido ascórbico	90-144mg/100g
Tiamina	1.16-4.80mg/100g
Niacina	46-108.7mg/100g
Ácido fólico	65mg/100g

Fuente: (Lema, 2020)

Proceso general de producción del hongo

Vera (2022) en su investigación detallo tres procesos que se detallan a continuación:

- Inóculo o semilla

La preparación del inóculo constituye un aspecto fundamental en la producción comercial de hongos, ya que implica la propagación o multiplicación masiva de los hongos utilizando semillas de gramíneas. Este inóculo se introduce en un sustrato (para la siembra) donde el hongo puede crecer y fructificar. El proceso de producción de inóculo representa uno de los principales retos para los productores comerciales, ya que requiere de un laboratorio especializado en microbiología y personal altamente capacitado, lo que conlleva una inversión considerable en infraestructura y mantenimiento.

- Producción de hongos

El proceso comienza con la construcción o adecuación de un espacio que cumpla con las condiciones ambientales necesarias para el cultivo del hongo. En el caso de las setas, el sustrato se somete a un tratamiento térmico (pasteurización) para reducir la presencia de microorganismos indeseables. Este tratamiento puede realizarse mediante inyección de vapor o sumergiendo el sustrato en agua caliente. Después, el sustrato se coloca en bolsas plásticas y

se inocula con el inóculo (semilla). Las bolsas con el sustrato inoculado se incuban en condiciones de oscuridad a temperaturas entre 23 y 25°C durante dos a tres semanas. Los hongos se desarrollan entre 25 y 30 días después de la siembra, bajo condiciones controladas de luz, ventilación y humedad (75-90%).

- **Manejo postcosecha**

El proceso inicia con la construcción o adaptación de un espacio adecuado, que cumpla con las condiciones ambientales requeridas para el cultivo de hongos. El sustrato se somete a un tratamiento térmico, conocido como pasteurización, con el objetivo de disminuir la presencia de microorganismos perjudiciales. Este proceso puede realizarse mediante la inyección de vapor o por inmersión en agua caliente. Una vez pasteurizado, el sustrato se coloca en bolsas plásticas y se inocula con el inóculo (semilla). Las bolsas que contienen el sustrato inoculado se mantienen en un ambiente oscuro, a temperaturas entre 23 y 25°C, durante un periodo de dos a tres semanas.

- **Propiedades medicinales**

El hongo *Pleurotus Ostreatus* es reconocido como un probiótico de alta calidad, ya que contribuye al fortalecimiento del sistema inmunológico, ayudando al organismo a combatir diversas enfermedades virales, bacterianas y otros trastornos. Su capacidad para restaurar el equilibrio natural del cuerpo permite que el sistema inmune funcione de manera óptima, eliminando agentes externos que podrían afectar la salud (Vásquez, 2022).

Su contenido de grasa y sodio, y un alto contenido de potasio, es beneficioso para quienes padecen enfermedades cardiovasculares, hipertensión, obesidad y problemas digestivos. Además, contiene polisacáridos con propiedades que pueden inhibir o ralentizar el crecimiento de células cancerosas y tumorales. También es rico en compuestos como lectinas, terpenoides, betaglucanos, policétidos y ácidos grasos, los cuales tienen efectos antibióticos, antiinflamatorios, antivirales, antitumorales, hipocolesterolémicos e inmunomoduladores (Vásquez, 2022).

2.6.2.4. *Materiales lignocelulósicos*

Se encuentran en diversas estructuras vegetales, como plantas, flores y cáscaras de residuos agrícolas; representan una de las mayores reservas de energía derivada de la fotosíntesis y constituyen una fuente renovable de materia orgánica. Su composición se basa principalmente en celulosa, hemicelulosa, lignina y pectinas, destacando la celulosa y la lignina como los biopolímeros más abundantes en la naturaleza. La degradación de estos compuestos juega un papel fundamental en el ciclo del carbono, y los hongos filamentosos, en especial los basidiomicetos, son los principales agentes responsables de este proceso. Estos microorganismos cuentan con un complejo sistema enzimático que les permite descomponer eficientemente los polímeros lignocelulósicos, facilitando su transformación en compuestos más simples (Melo, 2021).

Sistema enzimático del hongo sobre los materiales lignocelulósicos

El sistema enzimático muestra que los hongos de pudrición blanca producen enzimas tanto oxidativas como hidrolíticas, que son fundamentales para descomponer ciertos componentes de la pared celular, como la lignina y la holocelulosa. Las ectoenzimas secretadas al sustrato permiten que la madera pase de ser insoluble a soluble. Por otro lado, las endoenzimas permanecen dentro de las hifas y regulan los procesos metabólicos internos. Los hongos de pudrición blanca se destacan por ser algunos de los organismos más eficientes en la descomposición de la lignina. Hasta el momento, se han identificado cuatro tipos de enzimas responsables de la degradación de la lignina en estos hongos: lacasa, manganeso peroxidasa, lignina peroxidasa y otras peroxidases (Pinos, 2020).

2.6.2.5. *Microencapsulación*

Crea una barrera protectora alrededor de los compuestos activos, permitiendo su liberación de manera controlada a través de la membrana o pared de la cápsula. La liberación se produce bajo condiciones específicas, como disolución en agua, aplicación de esfuerzos de cizalla, variaciones de temperatura, reacciones químicas o enzimáticas, y cambios en la presión osmótica. Su objetivo es prevenir reacciones químicas y físicas no deseadas, asegurando la conservación de las propiedades biológicas, funcionales y fisicoquímicas del material encapsulado, presentan un tamaño de $\square 1.0$ mm y $\square 1.0\mu\text{m}$ (Martínez, 2021) (Navarrete & Tapia, 2022).

Ilustración 6 Microencapsulación



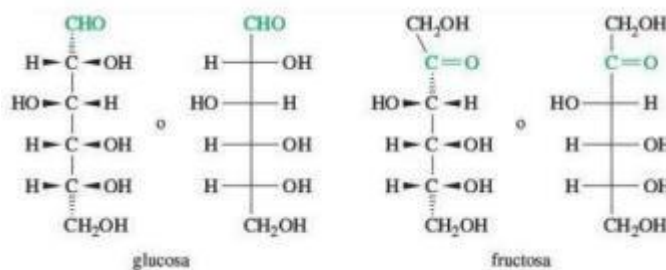
Fuente: (Navarrete & Tapia, 2022)

2.6.2.6. Azúcares reductores

Se caracteriza por presentar un grupo carbonilo intacto, presentando funciones aldehído o cetona en forma libre, susceptible de ser oxidadas. Dentro del grupo de azúcares reductores se cuenta con la glucosa, fructuosa, galactosa, manosa y maltosa (Vegas, et al., 2024).

Los azúcares reductores son de importancia clínica para identificar el defist de enzimas intestinales como la lactosa o daños inespecíficos a la mucosa (Rodríguez & Loján, 2015).

Ilustración 7 Proyección de Fischer de los azúcares.



Fuente: (Cieza & Díaz, 2018)

“Los azúcares reductores provocan la alteración de las proteínas mediante la reacción de glucosilación no enzimática también denominada reacción de Maillard o glicación” (Cieza & Díaz, 2018).

2.6.2.7. Honey tek

Es un método de cultivo usado para crear y replicar cultivos líquidos a partir de esporas o micelio. Su principio se basa en el desarrollo micelial en medios que proporcionan los nutrientes esenciales para su crecimiento y regeneración del hongo; por lo regular, utiliza una solución de agua con miel natural estéril; se puede emplear otro tipo de miel como miel de palma, extracto de malta, entre otras. Es un método adaptable, puesto que puede realizarlo en frascos de diferentes tamaños, siempre y cuando se respete la proporción adecuada entre azúcares y agua (Altamirano & Ortiz, 2022).

Ventajas del Honey tek

- Facilita la inoculación en sustratos sólidos y reduce significativamente el riesgo de contaminación.
- Este método resulta más seguro, especialmente para quienes tienen menos experiencia en el cultivo de hongos
- Permite expandir el cultivo con una cantidad mínima de esporas o micelio, logrando la producción de múltiples jeringas a partir de un pequeño volumen de cultivo. Estas jeringas pueden reutilizarse para generar aún más inóculos, asegurando una propagación eficiente.

2.6.3. Marco conceptual

- **Cladodios:** Son ramas que sustituyen a las hojas, desempeñando las mismas funciones.
- **Estípites:** Es el tallo largo y no ramificado de las plantas arbóreas, especialmente de las palmeras. También se refiere al tronco de un árbol sin ramificación lateral, como en las arecáceas y en los helechos arborescentes.
- **Fructificación:** Es el proceso de producir frutos o flores, o el efecto de fructificar -
Inoculación: Introducir algo que crecerá y se reproducirá.
- **Xerofítica:** Adaptado a un medio seco por su estructura, por su temperatura o por otras causas.

2.7. METODOLOGÍA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Las acciones aplicadas en el proyecto de investigación fueron fundamentales dentro de la metodología, puesto que definieron el desarrollo de los procedimientos tanto como la implementación de estrategias específicas; impactando directamente en la elección de los instrumentos, la recolección de datos y el enfoque empleado para su análisis. También, aseguran la confiabilidad a más de su reproducibilidad de los resultados, favoreciendo una interpretación precisa igual que sustentada que contribuyen a la validez del estudio.

2.7.1. Métodos de investigación

2.7.1.1. Investigación documental

Se basa en la recopilación, revisión y análisis crítico de información proveniente de fuentes confiables, como libros, artículos científicos, tesis entre otros. Al sistematizar y contrastar la información, el investigador desarrolla un marco teórico sólido que respalda la comprensión del fenómeno evaluado, además sirve como base para el desarrollo de nuevas investigaciones, propiciando la identificación de vacíos de conocimiento, en el área de estudio (Pérez C. , 2022).

Facilitó el análisis de fuentes científicas, permitió la selección de metodologías apropiadas para examinar la degradación lignocelulósica, establecer condiciones experimentales óptimas y definir criterios de evaluación; además respaldó el diseño metodológico, permitió la interpretación de los resultados, al contrastarlos con estudios previos y aportar información valiosa para investigaciones posteriores.

2.7.1.2. Investigación descriptiva

Esta investigación se orienta hacia la observación detallada y la descripción precisa de un fenómeno o situación específica, sin influir en las variables ni establecer relaciones de causalidad entre ellas, con la finalidad de recopilar información fidedigna que refleje con exactitud las características del objeto de estudio, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones (Chamba & Quispe, 2021).

Permitió la caracterización detallada de la degradación lignocelulósica sin modificar las condiciones del estudio. A través de la recopilación y organización de datos sobre la composición inicial de la pulpa, degradación de los compuestos lignocelulósicos, estos hallazgos facilitaron la interpretación de los resultados experimentales y la comparación entre

las capacidades degradativas del hongo, aportando información valiosa para su aplicación en el aprovechamiento de residuos agroindustriales.

2.7.1.3. Investigación experimental

Expone las variables independientes a condiciones específicas, estímulos o tratamientos, con el propósito de observar las respuestas resultantes, denominados variables dependientes. Para que sea válida la investigación, el investigador debe demostrar que los cambios en la variable dependiente son el efecto directo de la manipulación de la variable independiente, estableciendo de manera clara la relación de causa y efecto, para garantizar que los resultados observados sean consecuencia directa de las causas identificadas (Guevara, et al., 2020).

Permitió manipular las variables independientes para observar los cambios en las variables dependientes. A través de este enfoque, se estableció una relación de causa y efecto entre los tratamientos aplicados y la degradación lignocelulósica, lo que facilitó la identificación de las condiciones óptimas para maximizar la biodegradación y permitió comparar la actividad de ambos tipos de hongos en el proceso, aportando valiosa información.

2.7.1.4. Investigación cuantitativa

Estudia fenómenos cuantificables, a los cuales se les asignan valores numéricos a través de métodos estadísticos para su análisis; con la finalidad de describir, interpretar, predecir y regular, de forma objetiva, las causas de estos fenómenos, además de prever su aparición mediante el estudio de los datos obtenidos (Calle, 2023).

Facilitó la medición y comparación de la eficiencia en la descomposición de los componentes lignocelulósicos. A través de un diseño experimental preciso, se analizaron factores como el tiempo de incubación, la degradación ligninolíticas y la transformación de la biomasa, generando evidencia científica sobre el potencial de este hongo en la bioconversión y aprovechamiento de los nutrientes de la tuna.

2.7.2. Técnicas de investigación

2.7.2.1. Observación

Es una técnica fundamental para el registro preciso del comportamiento en el momento en que ocurre, lo que minimiza errores en la recopilación de datos y garantiza una mayor fidelidad en

la información obtenida, reduciendo las posibles desviaciones en los resultados, aunque no las elimina por completo. Además, permite identificar patrones de conducta en tiempo real, proporcionando datos más objetivos, así como detallados que pueden ser usados para el análisis y la toma de decisiones en diversos estudios (Navarrete & Tapia, 2022).

Posibilitó el registro en tiempo real de los cambios físicos y estructurales del sustrato a lo largo del proceso, así como la presencia y el desarrollo del micelio, lo que facilitó el análisis del impacto del hongo en la descomposición del material lignocelulósico. Además, contribuyó a reducir errores en la recopilación de datos, asegurando una mayor precisión en la interpretación de los resultados.

2.7.3. Instrumentos de investigación

2.7.3.1. Equipos

- Autoclave
- Balanza analítica
- Cabina de flujo laminar
- Calefactor
- Incubadora
- Lámpara de alcohol

2.7.3.2. Materiales

- Colador de acero inoxidable
- Fundas de polipropileno
- Frascos de vidrio

2.7.3.3. Reactivos

- Agua destilada
- Alcohol etílico 70 % (V/V)
- Ácido peracético

2.7.3.4. Materia prima

- Cal
- Paja de cebada

- Semillas de cebada pelada
- Semillas de trigo pelado
- Semillas de avena con cascara
- Tunas

2.7.4. Procedimiento

2.7.4.1. Identificación del medio de cultivo más apto para la propagación de los hongos (*Pleurotus Ostreatus*) blanco y gris

Recepción

Se adquirieron 500 gramos de granos de cebada (*Hordeum vulgare*), trigo (*Triticum aestivum*) pelado y avena con cáscara (*Avena sativa*) en la ciudad de Latacunga, en la provincia de Cotopaxi.

Selección

Para asegurar la calidad de los granos, se realizó una inspección visual, con el propósito de identificar posibles daños en las semillas; además se eliminó las impurezas encontradas.

Cocción

Fueron cocidos 500 g de las semillas a 90 °C durante 45 minutos con 2 litros de agua para cada muestra, con la finalidad de promover la gelatinización de los almidones. Este proceso mejora la disponibilidad de nutrientes, como los carbohidratos igual que las proteínas, para el micelio, favoreciendo su absorción además de su desarrollo. La textura obtenida facilita la interacción entre el sustrato y el micelio, optimizando su crecimiento posterior.

Desinfección

Después de la cocción de los granos, estos fueron enfriados hasta alcanzar la temperatura ambiente. Posteriormente, se midió el pH de cada tipo de grano, se colocaron en contenedores separados. A cada uno se le adicionó una solución desinfectante (10 L de agua y 0,4 ml de ácido peracético por litro), dejándolos en contacto durante 30 minutos. Una vez transcurrido este tiempo, se escurrió los granos. Luego, se procedió a medir nuevamente el pH hasta alcanzar un rango de 5 a 6, asegurando condiciones adecuadas para evitar la proliferación de

microorganismos indeseados. Este procedimiento reduce el riesgo de contaminación y garantizar la calidad de las semillas.

Tratamiento con cal

Añadimos 5 g de cal a cada uno de los tres tipos de granos previamente desinfectados, con el propósito de ajustar el pH de los granos a un rango de 6.5 a 7. Este ajuste crea condiciones más favorables para el crecimiento óptimo de los hongos *Pleurotus Ostreatus* gris y blanco.

Enfundado

Colocamos 250 gramos de cada uno de los tres tipos de semillas en bolsas de polipropileno, de lo cual se obtuvo 6 muestras, lo que garantiza la protección y esterilidad del sustrato. Este procedimiento facilitó su manipulación y proporcionó un entorno adecuado para la incubación.

Esterilizado

Las seis muestras fueron esterilizadas en una autoclave a una temperatura de 121 °C durante 60 minutos. Este proceso resultó esencial para eliminar microorganismos patógenos, esporas y cualquier contaminante residual presente en el sustrato, garantizando un ambiente aséptico óptimo para el desarrollo del micelio. Además, la esterilización adecuada previno posibles competiciones microbianas que podrían afectar negativamente el crecimiento fúngico.

Reposo

Las muestras se dejaron en la autoclave durante 24 horas hasta que su temperatura descendió a 23 °C. Este período de enfriamiento fue fundamental para evitar posibles daños térmicos antes de la inoculación del micelio. Además, permitió estabilizar la humedad del sustrato, minimizando el riesgo de condensación excesiva y la proliferación de microorganismos indeseados.

Inoculación

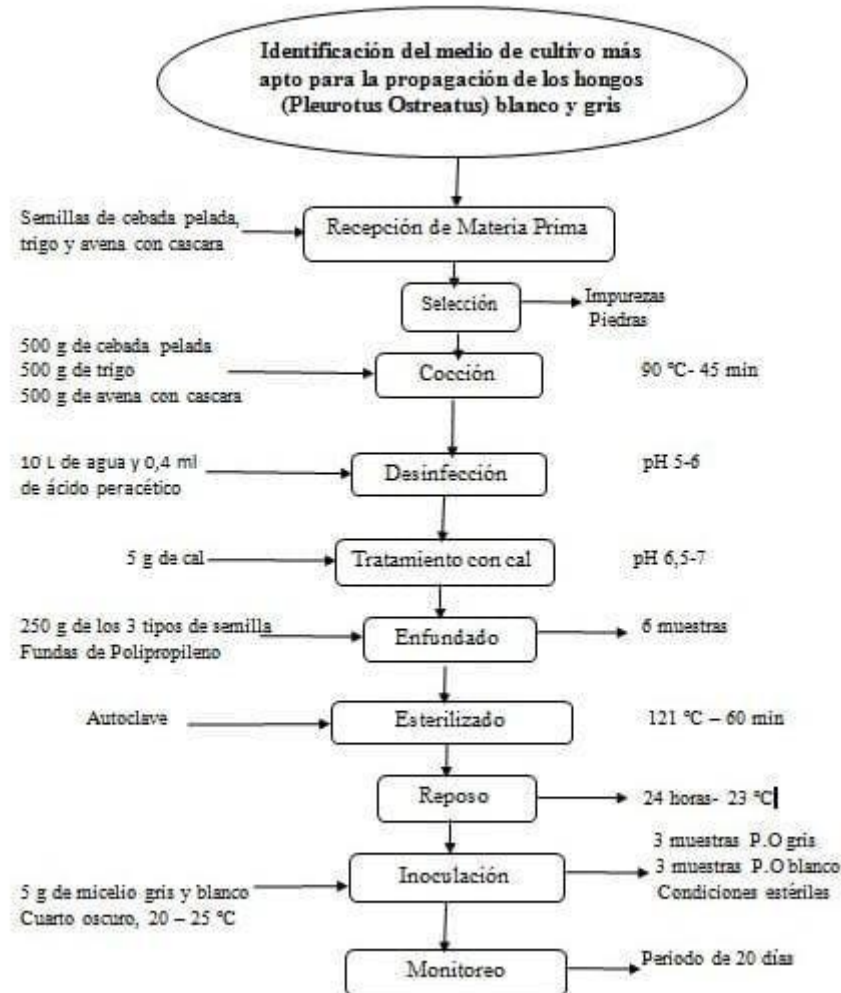
Se inoculó 5 gramos de micelio blanco y gris de *Pleurotus Ostreatus*, en cada una de las muestras, rotulándolas adecuadamente para la identificación de los hongos. Este procedimiento se llevó a cabo bajo condiciones estériles para evitar la contaminación y garantizar una colonización eficiente del sustrato.

Las muestras inoculadas se mantuvieron en condiciones controladas, regulando la temperatura de 20-25 °C, con la ayuda de un calefactor pequeño. Se colocaron en un lugar oscuro para fomentar el crecimiento del micelio, el cual requiere condiciones específicas para desarrollarse adecuadamente.

Monitoreo

Se realizó un monitoreo visual continuo del desarrollo del micelio durante un período de 20 días, registrando su tasa de crecimiento y la eficiencia de la colonización en los tres tipos de granos. Este seguimiento permitió evaluar la adaptabilidad del micelio a cada sustrato, así como determinar la idoneidad de cada uno para su propagación. Además, el análisis de la colonización proporcionó información clave sobre la compatibilidad del micelio con las diferentes semillas y su capacidad de expansión en condiciones controladas.

2.7.4.2. Diagrama de flujo de la identificación del medio de cultivo más apto para la propagación de los hongos (*Pleurotus Ostreatus*) blanco y gris



Elaborado por: Autores (Gaibor &Toaquiza)

2.7.5 Determinación de la Eficiencia Biológica

Recepción

Se adquirieron 1500 gr de paja de cebada cortada en la ciudad de Latacunga, en la provincia de Cotopaxi.

Desinfección

Se sumergió en 20 litros de agua a la que se añadió 8 ml de ácido peracético, 0,4 ml por cada litro. Este proceso es crucial para eliminar microorganismos indeseables y que el sustrato no se contamine. Posteriormente, se colocó la paja con un colador durante 30 minutos.

Esterilización

La paja desinfectada se colocó en una olla autoclave a 121 °C (250 °F) durante 1 hora. Este paso asegura la eliminación completa de patógenos y es esencial para garantizar un ambiente estéril para el crecimiento del hongo.

Inoculación

Se inoculó con 710 gr de sustrato y 250 gr de cebada pelada previamente colonizadas por el hongo *Pleurotus Ostreatus* gris, se inoculó en fundas de polipropileno, en 3 partes en la parte inferior 83 gr, intermedio 83 gr y superior 83 gr, se procedió hacer lo mismo con el hongo *Pleurotus Ostreatus* blanco, asegurando un cierre adecuado para mantener la esterilidad y prevenir la entrada de contaminantes.

Colonización

Las fundas inoculadas se colocaron en un cuarto oscuro a temperatura de 20-25 °C, con ayuda de un calefactor en un tiempo estimado de 20 días hasta que el sustrato esté colonizado completamente por los hongos.

Fructificación

Las fundas colonizadas se colocaron en un invernadero para inducir la fructificación de los hongos y así los hongos puedan desarrollarse. Se tuvo a los sustratos en un lugar que tenga suficiente ventilación y que el sol no entre directamente, se dio riego a los sustratos 2 veces al día por 30 segundos que no sea directamente sino a una altura de 2 metros.

Cosecha de los hongos

Se desarrollaron dos cosechas para cada tipo de hongo, se recolecto cuando los sombreros estén completamente desarrollados, pero antes de la esporulación. La cosecha se hará cortando los hongos desde la base para evitar dañar el sustrato y permitir el desarrollo de una segunda cosecha. La primera cosecha para el *Pleurotos Ostreatus* gris fue realizada

a los 18 días posteriormente el hongo ingreso a un cuarto oscuro para su proliferación durante 1 semana, luego se lo coloco en el invernadero y luego de 22 días se lo cosecho por segunda vez. Mientras que para el *Pleurotus Ostreatus* blanco la primera cosecha fue realizada a los 23 días posteriormente el hongo ingreso a un cuarto oscuro para su proliferación durante 1 semana, luego se lo coloco en el invernadero y luego de 27 días se lo cosecho por segunda vez.

Registro del peso de los hongos cosechados

Después de cada cosecha, los hongos se pesarán inmediatamente para obtener el peso fresco. Los datos se registrarán de manera separada para cada tipo de hongo y para cada cosecha, permitiendo así un análisis detallado de la producción total.

Determinación del peso seco del sustrato

Antes de la inoculación, se registró el peso seco del sustrato utilizado en cada tratamiento. Este dato fue fundamental para el cálculo de la eficiencia biológica, ya que permitirá establecer la relación entre la cantidad de sustrato utilizado y la producción de hongos.

Cálculo de la Eficiencia Biológica (EB)

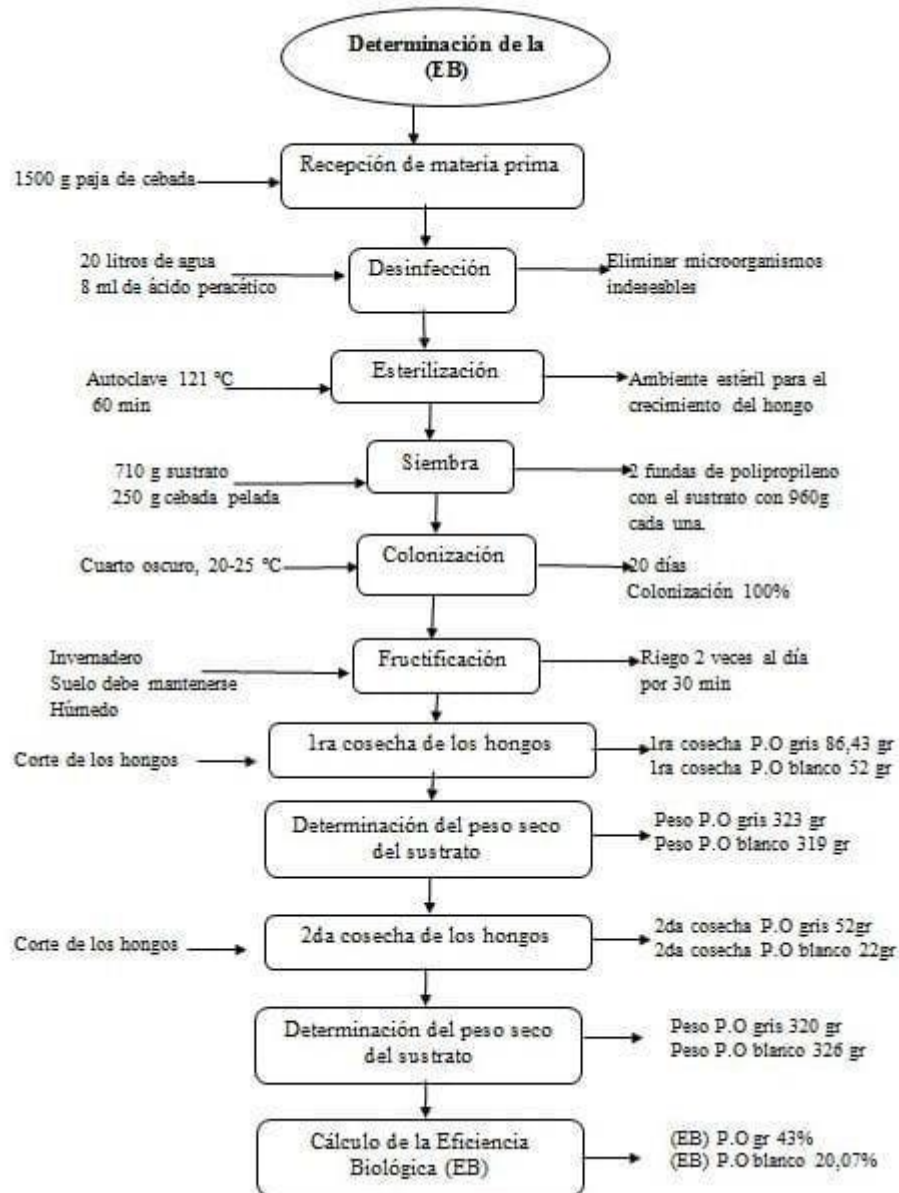
Es el porcentaje que representa el peso fresco del hongo en relación con el peso seco del sustrato utilizado. De acuerdo con esta tecnología, los rendimientos deben superar el 10 %, mientras que la eficiencia biológica debe alcanzar al menos el 40 % (Vera, 2022). La eficacia fue calculada de acuerdo con la ecuación 1.

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

Ec.1

La aplicación de la ecuación 1 para la obtención de la eficiencia biológica se evidencia en el Anexo 18.

2.7.4.3. Diagrama de flujo Determinación de la eficiencia biológica



Elaborado por: Autores (Gaibor & Toaquiza)

2.7.4.4. Evaluar la degradación de la estructura lignocelulósica de la pulpa de tuna (*Opuntia ficus-indica*), mediante el medio Honey Tek.

Recepción

Los frutos de la tuna fueron sometidos a una inspección visual para descartar aquellos con daños mecánicos, signos de descomposición o infestaciones. Además, se verificó su grado de madurez, color y firmeza, asegurando que cumplan con los estándares establecidos.

Posteriormente, se realizó el pesaje y registro de la materia prima.

Limpieza

Los 7 frutos fueron lavados previamente jabón y abundante agua para eliminar residuos de tierra y otras impurezas, también se lavó 16 envases de vidrio, un Erlenmeyer de 500ml, colador y probeta.

Esterilización

Las tunas y los envases de vidrio fueron envueltos en papel aluminio posteriormente se colocó dentro del autoclave, donde se mantuvo una temperatura (121°C) y presión constante, durante 15 minutos. Una vez finalizado, se enfrió de manera natural a temperatura ambiente.

Despulpado

Una vez que estuvieron fríos los frutos se procedió a sacarlos del papel aluminio y a triturarlos. Posteriormente se filtró con ayuda de colador para eliminar las semillas de la tuya y finalmente se la colocó en un frasco con tapa hermética y se lo almacenó a 5 °C para sus posteriores análisis.

Distribución

Preparamos tres disoluciones para cada cepa de hongo, utilizando una concentración de 1.20 en relación pulpa/agua (2.5 g), 1.25 en relación pulpa/agua (2 g) y 1.30 en relación pulpa/agua (1.6 g), todas disueltas en 50 ml de agua destilada.

El vertido del medio en los envases se llevó a cabo dentro de una cabina de flujo laminar, la cual fue desinfectada previamente con alcohol para garantizar un ambiente estéril. Además, se encendió una lámpara de alcohol dentro de la cabina con el propósito de mantener las condiciones asépticas durante el procedimiento.

Esterilización

Las muestras fueron envueltos en papel aluminio, posteriormente colocados en la autoclave a 120 °C durante 15 minutos y, al finalizar, se dejaron enfriar a temperatura ambiente.

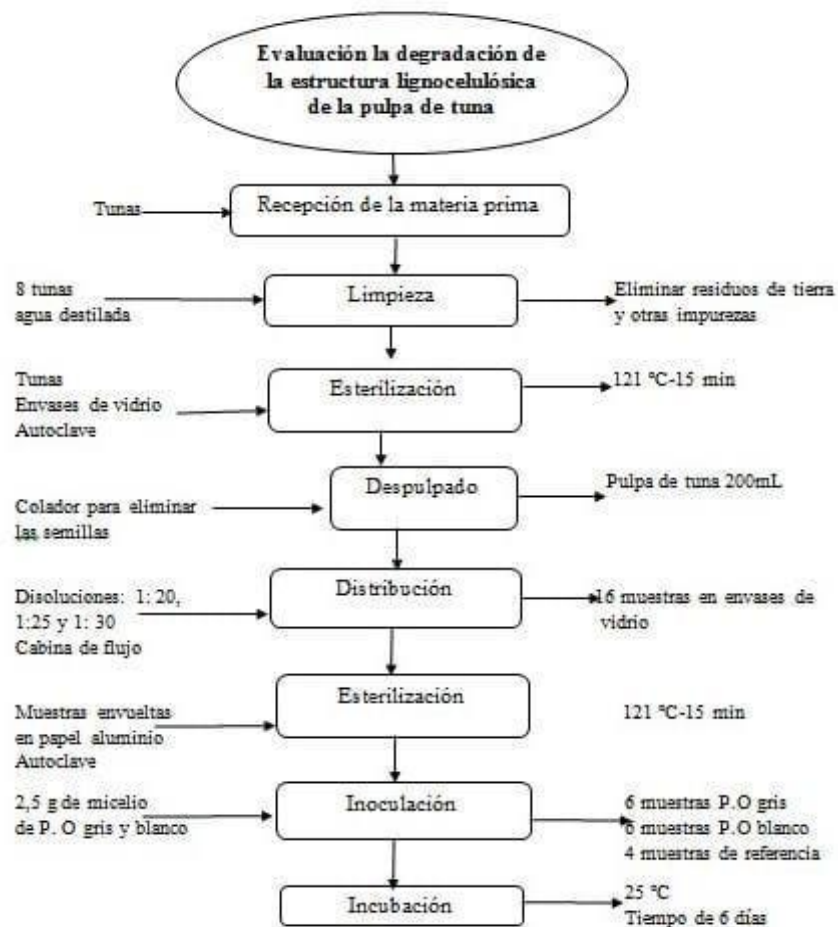
Inoculación

Con la ayuda de un bisturí estéril, se cortaron 2.5 g de micelio del hongo *Pleurotus Ostreatus* en sus variedades gris y blanca. Posteriormente, el micelio se depositó en el centro de los 12 envases de vidrio, distribuyendo seis de ellos para la variedad gris y seis para la variedad blanca, considerando las diferentes concentraciones por repetición. Una vez inoculados, los envases se agitaron suavemente para lograr una distribución uniforme del micelio.

Incubación

Los envases de vidrio inoculados y debidamente rotulados fueron trasladados a la incubadora, donde se mantuvieron a una temperatura constante de 25 °C durante tiempo de 6 días para favorecer el desarrollo del micelio.

2.7.4.1. Diagrama de flujo de la evaluación de la degradación de la estructura lignocelulósica de la pulpa de tuna



Elaborado por: Autores (Gaibor & Toaquiiza)

2.7.4.2. Método de Lurf Schoorl

Determinación de azúcares reductores mediante la cuantificación de monosacáridos Para determinar la cantidad de azúcares reductores en el tiempo se enviaron a un laboratorio externo muestras de la pulpa sin tratamiento y pulpa con los diferentes tratamientos, en los días 0, 3 y 6 a 25°C. El procedimiento empleado se detalla en el Anexo 29.

2.8. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

¿*Pleurotus Ostreatus* gris y blanco degrada la estructura lignocelulósica de la pulpa de tuna?

2.8.1. Hipótesis nula

Ho: El hongo *Pleurotus Ostreatus* en sus variedades gris y blanca no tiene un efecto significativo en la degradación de la estructura lignocelulósica de la pulpa de tuna (*Opuntia ficus-indica*).

2.8.2. Hipótesis alternativa

H1: El hongo *Pleurotus Ostreatus* en sus variedades gris y blanca tiene un efecto significativo en la degradación de la estructura lignocelulósica de la pulpa de tuna (*Opuntia ficus-indica*).

2.9. Diseño experimental

En el presente proyecto de investigación se aplicó un modelo factorial 3*2 más 1, el primer factor se evaluó en tres niveles (a_1 , a_2 y a_3), mientras que el segundo se probó en dos niveles (b_1 y b_2), generando un total de seis combinaciones experimentales. Además, se incluyó un tratamiento adicional como control, lo que resultó en siete tratamientos en total. Este diseño permite examinar tanto los efectos individuales de los factores como su posible interacción, facilitando una comprensión completa de los resultados obtenidos. **Factor A:** Sustrato **a₁:** Pulpa de tuna; Medio de cultivo Honey Tek (Relación 1:20) **a₂:** Pulpa de tuna; Medio de cultivo Honey Tek (Relación 1:25) **a₃:** Pulpa de tuna; Medio de cultivo Honey Tek (Relación 1:30)

Factor B: Cepas de hongos

b₁: *Pleurotus Ostreatus* Gris **b₂**:

Pleurotus Ostreatus Blanco

En la tabla 6 se presenta la matriz experimental de los 6 tratamientos planteados para evaluar la degradación de la estructura lignocelulósica de la pulpa de tuna (*Opuntia ficusindica*) a partir del hongo (*Pleurotus Ostreatus*) gris y blanco. En cada tratamiento, se combinan diferentes concentraciones de la pulpa de tuna (**a₁**: Pulpa de tuna; Medio de cultivo Honey Tek (Relación 1:20), **a₂**: Pulpa de tuna; Medio de cultivo Honey Tek (Relación 1:25), **a₃**: Pulpa de tuna; Medio de cultivo Honey Tek (Relación 1:30)) y cepas de hongos (**b₁**: *Pleurotus Ostreatus* Gris y **b₂**: *Pleurotus Ostreatus* Blanco) para analizar sus efectos en las características finales.

Tabla 6 Cuadro de análisis de varianza (ANOVA)

Replicas	Tratamientos	Descripción
I	T ₁ =a ₁ b ₁	Honey Tek (Relación 1:20) + <i>Pleurotus Ostreatus</i> Gris
	T ₂ =a ₂ b ₁	Honey Tek (Relación 1:25) + <i>Pleurotus Ostreatus</i> Gris
	T ₃ =a ₃ b ₁	Honey Tek (Relación 1:30) + <i>Pleurotus Ostreatus</i> Gris
	T ₄ =a ₁ b ₂	Honey Tek (Relación 1:20) + <i>Pleurotus Ostreatus</i> Blanco
	T ₅ =a ₂ b ₂	Honey Tek (Relación 1:25) + <i>Pleurotus Ostreatus</i> Blanco
	T ₆ =a ₃ b ₂	Honey Tek (Relación 1:30) + <i>Pleurotus Ostreatus</i> Blanco
II	T ₁ =a ₁ b ₁	Honey Tek (Relación 1:20) + <i>Pleurotus Ostreatus</i> Gris
	T ₃ =a ₂ b ₁	Honey Tek (Relación 1:25) + <i>Pleurotus Ostreatus</i> Gris
	T ₅ =a ₃ b ₁	Honey Tek (Relación 1:30) + <i>Pleurotus Ostreatus</i> Gris
	T ₂ =a ₁ b ₂	Honey Tek (Relación 1:20) + <i>Pleurotus Ostreatus</i> Blanco
	T ₄ =a ₂ b ₂	Honey Tek (Relación 1:25) + <i>Pleurotus Ostreatus</i> Blanco
	T ₆ =a ₃ b ₂	Honey Tek (Relación 1:30) + <i>Pleurotus Ostreatus</i> Blanco
III	T ₁ =a ₁ b ₁	Honey Tek (Relación 1:20) + <i>Pleurotus Ostreatus</i> Gris
	T ₃ =a ₂ b ₁	Honey Tek (Relación 1:25) + <i>Pleurotus Ostreatus</i> Gris
	T ₅ =a ₃ b ₁	Honey Tek (Relación 1:30) + <i>Pleurotus Ostreatus</i> Gris
	T ₂ =a ₁ b ₂	Honey Tek (Relación 1:20) + <i>Pleurotus Ostreatus</i> Blanco
	T ₄ =a ₂ b ₂	Honey Tek (Relación 1:25) + <i>Pleurotus Ostreatus</i> Blanco

T₆=a3b2 Honey Tek (Relación 1:30) + *Pleurotus Ostreatus* Blanco

Elaborado por: Autores (Gaibor &Toaquiza)

En la tabla 7 se presentan las variables para la investigación sobre la degradación de la estructura lignocelulósica de la pulpa de tuna (*Opuntia ficus-indica*) a partir del hongo (*Pleurotus Ostreatus*) gris y blanco. La variable dependiente es la degradación de la estructura lignocelulósica de la pulpa de tuna, mientras que la variable independiente es la proporción del sustrato a diferentes concentraciones y la cepa de hongos gris y blanco.

Tabla 7 Cuadro de variables

Variable dependiente	Variable independiente	Indicadores	Medición
Degradación de la estructura lignocelulósica de la pulpa de tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	Concentraciones del sustrato. Cepa de hongos gris y blanco.	Degradación de la pulpa	%

Elaborado por: Autores (Gaibor &Toaquiza)

2.10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

2.10.1. Identificación del medio de cultivo más apto para la propagación de los hongos *Pleurotus Ostreatus* gris y blanco.

En la tabla 8 se presenta la propagación de los hongos *Pleurotus Ostreatus* gris y blanco en el sustrato de cebada (CP), trigo (TP) pelado y avena con cascara (AC), el desarrollo de los hongos se presentó solamente en el medio de cultivo de la cebada pelada.

Tabla 8 Propagación de hongos *Pleurotus Ostreatus* gris y blanco sobre los sustratos.

Días de medición	Hongo blanco			Hongo gris		
	CP	TP	AC	CP	TP	AC
1	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	7%	-	-
7	15%	-	-	80%	-	-
11	25%	-	-	100%	-	-
14	70%	-	-	-	-	-
18	100%	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-

CP: Cebada pelada

TP: Trigo pelado

AC: Avena con cascara

Elaborado por: Autores (Gaibor & Toaquiza, 2025)

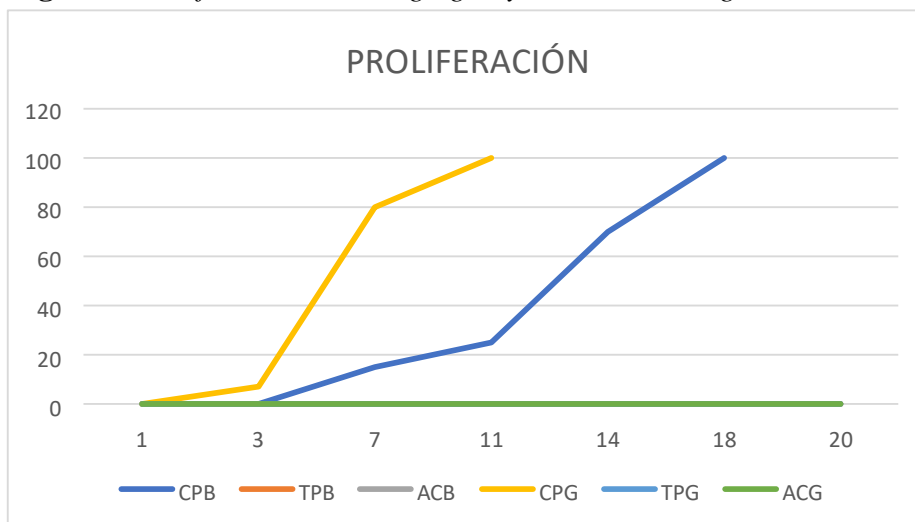
El hongo gris presentó un crecimiento más rápido, alcanzando el 7% de colonización al día 3, el 80% al día 7 y el 100% al día 11; por el contrario, el hongo blanco inició su propagación con un 15% el día 7, aumentando al 70% al día 14 y alcanzando el 100% al día 18. No se registró crecimiento en el trigo pelado (TP) ni en la avena con cáscara (AC), lo que sugiere que estos sustratos no fueron adecuados para el desarrollo de los hongos en este experimento.

Padilla (2023) manifiesta que el trigo posee excelentes propiedades (gluten y humedad) que propicia el desarrollo de la flora bacteriana en el laboratorio, sin embargo, en el presente estudio

el medio de propagación del trigo no presentó ningún rastro de crecimiento del hongo gris y blanco, esto debe estar relacionado con la pérdida de los nutrientes al eliminar la cascara.

El desarrollo del micelio está influenciado por la calidad del sustrato y sus características físicas y químicas. En los datos analizados (Figura 1), se observa una diferencia significativa en la velocidad de colonización entre el hongo gris y el hongo blanco. El hongo gris alcanzó el 100 % de colonización en 11 días, mientras que el hongo blanco necesitó 18 días para lograr el mismo resultado.

Figura 1 Proliferación del hongo gris y blanco a lo largo de 20 días



CPB: Cebada pelada con el hongo blanco
 CPG: Cebada pelada con el hongo gris
 TPB: Trigo pelado con el hongo blanco
 TPG: Trigo pelado con el hongo gris
 ACB: Avena con cascara con el hongo blanco
 ACG: Avena con cascara con el hongo gris

Elaborado por: Autores (Gaibor & Toaquiza, 2025)

El medio de cultivo de la cebada pelada permitió el desarrollo del hongo blanco y el gris, en contraste del de trigo pelado y avena con cascara no se presentó rastro del hongo hasta el día de la observación efectuada. La ausencia del hongo puede estar relacionado al tamaño de la partícula, tanto como el tiempo de incubación, Según Melo (2021) para el material lignocelulósico se requiere disponer para la incubación de un mayor tiempo, con la finalidad de permitir la formación de mayor cantidad de micelio vegetativo por parte del hongo, consiguiendo un mejor agarre del sustrato, debido a que, el micelio es como un pegamento por medio de su degradación.

Según Rivera., et al (2022), cuando el sustrato proporciona condiciones óptimas, el micelio se desarrolla de manera uniforme y en menor tiempo. En este caso, la diferencia en la velocidad de colonización podría estar relacionada con la capacidad del hongo gris para aprovechar más eficientemente los nutrientes disponibles en el sustrato.

La ilustración 8 muestra el medio de cultivo de la cebada pelada colonizado al 100%; el hongo gris presenta tonalidades que van desde el gris claro hasta el oscuro, mientras que el hongo blanco tiene hasta una tonalidad de color crema. Según Vera (2022) el color del hongo a estar directamente relacionado con los factores como la temperatura, la humedad y el sustrato de cultivo.

Ilustración 8 Medio de cultivo de la cebada pelada propagado por el hongo gris y blanco



Elaborado por: Autores (Gaibor & Toaquiza, 2025)

Por otro lado, Pérez (2024) señala que el uso de granos de cebada y trigo como sustrato es una práctica común en la producción de esporas y micelio en masa. Sin embargo, al analizar los resultados obtenidos, se evidencia que el hongo gris colonizó más rápido cuando se utilizó cebada pelada. Esto sugiere que la estructura y composición del grano juegan un papel clave en la accesibilidad de los nutrientes para el micelio.

En comparación, el hongo blanco presentó un tiempo de colonización más prolongado, lo que podría deberse a una menor eficiencia en la absorción de nutrientes o a requerimientos específicos del sustrato. Estas diferencias resaltan la importancia de seleccionar el sustrato adecuado según el tipo de hongo para optimizar el proceso de colonización y garantizar un crecimiento uniforme y eficiente del micelio. La diferencia de crecimiento del micelio en días, posiblemente se deba al tipo de cepas aislado, porque ninguna cepa es igual a otra (Ariza, 2023).

Es posible que el grano de trigo pelado y la avena con cascara hayan tenido fungicidas y eso impidió el crecimiento del hongo.

2.10.2. Eficiencia biológica

2.10.2.1. Propagación del micelio de hongo *Pleurotus Ostreatus* gris y blanco a través de sustrato madre paja de cebada.

En la tabla 9 se aprecia el monitoreo visual de la identificación del grado de colonización de los hongos *Pleurotus Ostreatus* gris y blanco en un tiempo estimado de 20 días en el sustrato paja de cebada,

Tabla 9 Porcentaje (%) de colonización de hongos *Pleurotus Ostreatus* gris y blanco sobre el sustrato paja de cebada.

Días de medición	UM	Hongo blanco	Hongo gris
		CP	CP
5	%	25	35
8	%	45	65
13	%	75	100
17	%	100	-

CP: Cebada pelada

Elaborado por: Autores (Gaibor & Toaquiza)

El hongo gris presento un periodo de colonización total más rápido, alcanzando el 35% de colonización al día 5, el 65% al día 8 y el 100% al día 13. En contraste el hongo blanco inicio su propagación más tarde, con un 25% de colonización al día 5, el 45% al día 8, aumentando al 75% al día 13 y alcanzando el 100% al día 17.

Muñoz (2024), menciona que el proceso de colonización en paja de cebada se completa en 15 días. Al comparar estos resultados con otros experimentos previos, se identificó que la colonización ocurrió en un período ligeramente menor, alcanzándose en 13 días. Esta variación sugiere que ciertos factores relacionados con la composición proximal de la paja de cereales, especialmente en contenido de hemicelulosa, celulosa y lignina o las condiciones ambientales podrían estar influyendo en el desarrollo del hongo (Ruiz , 2021).

2.10.2.2. Determinación de la eficiencia biológica de los hongos blanco y gris

La tabla 10 presenta el análisis de la producción de los hongos en dos cosechas.

Tabla 10 *Peso de los hongos Pleurotus Ostreatus gris y blanco*

Tipo de hongo	UM	1ra Cosecha	2da Cosecha	Total
Hongo Gris	g	86,43	52	138,43
Hongo Blanco	g	41,70	22	63

Elaborado por: Autores (Gaibor &Toaquiza)

El hongo gris presentó un rendimiento superior, alcanzando un total de 138,43 gramos en las dos cosechas, mientras que el hongo blanco obtuvo 63 gramos. Se observa una mayor producción en la primera cosecha, con 86,43 gramos y 41,70 gramos, respectivamente, seguida de una disminución en la segunda, donde el hongo gris produjo 52 gramos y el hongo blanco 22 gramos. Esta reducción podría estar relacionada con el agotamiento del sustrato, variaciones en las condiciones ambientales o competencia entre especies, lo que resalta la importancia de ajustar las condiciones de cultivo para optimizar futuras cosechas. En la ilustración 9 se presenta los pesos obtenidos de las cosechas de los hongos gris y blanco.

Ilustración 9 Pesos del hongo *Pleurotus Ostreatus* gris y blanco gris y blanco de la 1era y 2da cosecha



HG:138,43 g

HB: 63 g

Elaborado por: Autores (Gaibor &Toaquiza, 2025)

En la tabla 11 se muestra el análisis del peso seco final en las dos cosechas.

Tabla 11 Peso seco de los sustratos, peso de la 1ra y 2da cosecha.

Tipo de hongo	UM	1era cosecha	2da cosecha
Hongo gris	g	323	320
Hongo blanco	g	319	316

Elaborado por: Autores (Gaibor &Toaquiza, 2025)

El sustrato en el cual se inoculó el hongo *Pleurotus Ostreatus* gris presentó un valor de 323 gramos en la primera cosecha y 320 gramos en la segunda, mientras que el sustrato en el cual se inoculó el *Pleurotus Ostreatus* blanco alcanzó en las dos cosechas valores de 319 gramos y 316 gramos, respectivamente. Aunque hubo una ligera disminución en la segunda cosecha para ambos sustratos, la diferencia no es significativa, lo que indica que la humedad se mantuvo estable. Estos resultados sugieren que las condiciones de cultivo fueron adecuadas y permitieron una producción uniforme en ambas cosechas.

Según Vega y Franco (2013) los hongos usan el carbono, nitrógeno, metabolitos y otros nutrientes, que integran los residuos sólidos con la finalidad de nutrirse y tener un óptimo crecimiento, así como fructificación.

En la investigación que realizó Romero y su equipo de trabajo (2010) las muestras tardaron aproximadamente 18 días en completar la incubación y colonizar los sustratos, evidenciándose un desarrollo micelial óptimo en todas las condiciones analizadas. A partir del día 22 de incubación, se observaron los primeros primordios en los sustratos compuestos por hoja de plátano deshidratada, paja de cebada y paja de trigo. Estos tardaron entre 3 y 5 días adicionales en alcanzar su fase adulta, momento en el cual fueron recolectados en la primera cosecha.

La tabla 12 muestra la eficiencia biológica (EB) en la producción del hongo *Pleurotus Ostreatus*, indica la habilidad del hongo para transformar el sustrato en biomasa.

Tabla 12 Porcentaje de la eficiencia biológica de la 1ra y 2da cosecha.

Tipo de hongo	UM	EB 1era cosecha	EB 2da cosecha	Eficiencia biológica
<i>Hongo gris</i>	%	26,75	16,25	43
<i>Hongo blanco</i>	%	13,07	7	20,07

Elaborado por: Autores (Gaibor &Toaquiza, 2025)

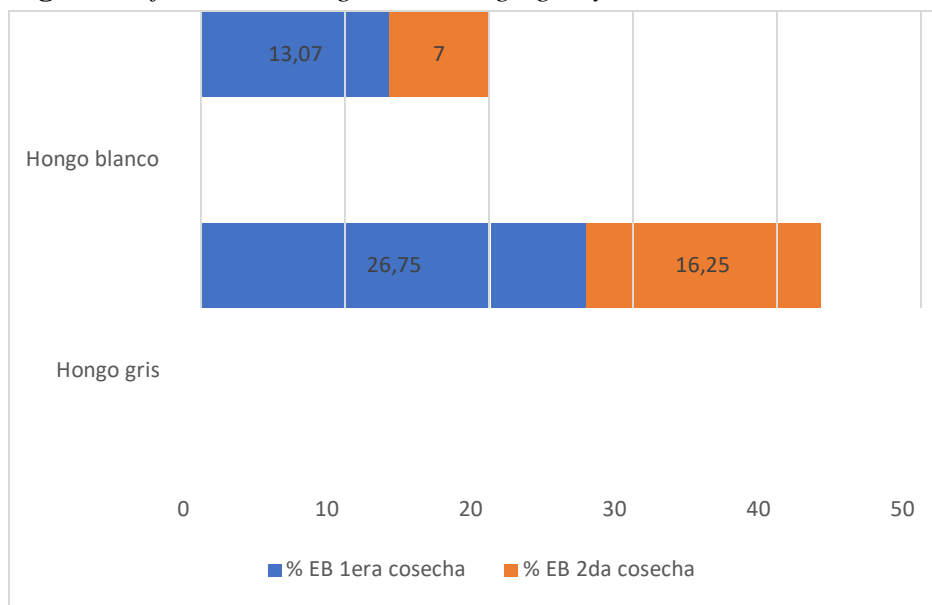
En este análisis, el hongo gris alcanzó una eficiencia biológica (EB) del 43%, excediendo el límite del 40% considerado óptimo según Albarrán (2018), esto indica que posee una buena adaptación biológica al sustrato paja de cebada en la producción de cuerpos fructíferos. Por otra parte, el hongo blanco presentó una EB del 20,07%, lo cual implica una eficiencia reducida en la descomposición del sustrato y una menor capacidad de producción.

Al contrastar la eficiencia biológica (EB) del hongo gris y blanco a lo largo de las dos cosechas se aprecia discrepancias en su capacidad de producción. Los resultados alcanzados en la primera cosecha evidencian una eficiencia superior para el hongo gris (26,75%) frente al hongo blanco (13,07%). Romero, et al (2010) La eficiencia biológica (EB) promedio del hongo *P. Ostreatus* en el sustrato de paja de cebada fue de $120,41 \pm 4,4$ %.

En la segunda cosecha, los hongos mostraron una disminución de su rendimiento, el hongo gris experimento una reducción del 10,5% en su EB (de 26,75% a 16,25%), entretanto el hongo blanco presento una disminución de 5,07 % (de 13,07% a 7%). Este comportamiento puede estar relacionado con los factores físicos (luz, temperatura), fisiológicos (nutrientes, componentes gaseosos y hormonas) y la madurez o senescencia (durante, después de la esporulación y de la cosecha); que pueden influir en la eficiencia de crecimiento y eficiencia biológica de los hongos (Sakamoto, 2018).

La figura 2 muestra la eficiencia biológica del hongo gris y blanco, en la cual se puede observar que a mayor tiempo que pase se reduce su eficiencia.

Figura 2 Eficiencia biológica del hongo gris y blanco



Elaborado por: Autores (Gaibor &Toaquiza, 2025)

Una posible causa de la mayor caída en la eficiencia del hongo blanco podría ser su menor capacidad de adaptación a las condiciones de cultivo en comparación con el hongo gris. La menor capacidad del hongo blanco podría estar relacionada con su mayor susceptibilidad a factores adversos como fluctuaciones de temperatura o problemas en la competencia con otras especies microbianas, lo que podría afectar negativamente su productividad (Díaz & Carvajal, 2014).

López, et al., (2008) observaron que *Pleurotus Ostreatus* alcanzó una eficiencia biológica del 70% al cultivarse en aserrín de roble, ademas el porcentaje de eficiencia biológica del 64,69%, con un 69,88% en aserrín de roble. Al comprar los valores reportados por dichos autores podemos visualizar que la eficiencia biológica que obtuvimos en nuestra investigación es inferior.

Por otro lado, la eficiencia biológica general del hongo gris sigue siendo superior a la del hongo blanco, lo que refuerza la idea de que el hongo gris tiene un potencial de producción más alto.

2.10.2.3. Evaluación de la degradación de la estructura lignocelulósica de la pulpa de tuna (*Opuntia ficus-indica*)

El análisis de varianza para la degradación de la estructura lignocelulósica de la pulpa de tuna se ejecutó a partir de 6 muestras las cuales fueron elaboradas con tres concentraciones de pulpa, es decir Pulpa de tuna y Medio de cultivo Honey Tek (Relación 1:20; 1:25; 1:30) y Cepas de hongos (*Pleurotus Ostreatus* gris y blanco).

2.10.2.4. Degradación lignocelulósica del día 3

Tabla 13 Análisis de varianza de la variable de degradación lignocelulósica del día 3 de la pulpa de tuna

F.V	SC	Gl	CM	F calculado	p-valor
Modelo	0,08		0,01	19,03	<0,0001
Tratamientos	0,08	6	0,01	19,03	<0,0001
Error	0,01	14			
Total	0.09	20			

Elaborado por: Autores (Gaibor &Toaquiza, 2025)

La tabla 13 presenta el análisis de varianza (ANOVA) de los coeficientes estimados para la variable respuesta degradación lignocelulósica en el día 3. El diseño tiene un nivel de confianza del 95 %, los resultados obtenidos muestran que el modelo y los tratamientos tienen una suma de cuadrados (SC) de 0.08 con 6 grados de libertad (GL), lo que indica que la variabilidad explicada por los tratamientos es considerable en comparación con el error. El cuadrado medio (CM) es de 0.01, y el valor de F calculado es 19.03, lo que sugiere una diferencia notable entre los tratamientos analizados.

El p-valor (<0.0001) obtenido en el análisis es significativamente menor a 0.05, lo que confirma que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos. Esto implica que

los factores evaluados tienen un impacto en la degradación lignocelulósica de la pulpa de tuna en el día 3. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa la cual menciona que el hongo *Pleurotus Ostreatus* en sus variedades gris y blanca tiene un efecto significativo en la degradación de la estructura lignocelulósica de la pulpa de tuna (*Opuntia ficus-indica*).

En cuanto al error, se observa una suma de cuadrados de 0.01 con 14 grados de libertad. Este valor relativamente bajo indica que la variabilidad no explicada por el modelo es pequeña, lo que refuerza la confiabilidad de los resultados obtenidos.

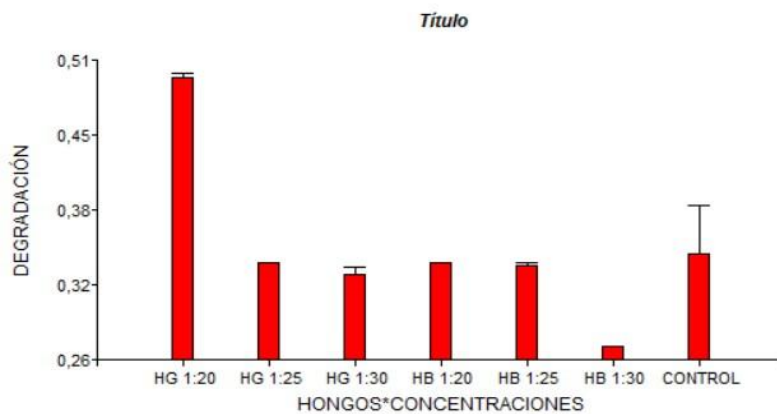
Tabla 14 Prueba de Tukey al 5% de los tratamientos y el control
0,0007 gl:5

Tratamientos	Medias	N	E. E	Grupos homogéneos	
T4	0,27	3	0,02	A	
T3	0,33	3	0,02	A	B
T5	0,34	3	0,02	A	B
T6	0,34	3	0,02	A	B
T2	0,34	3	0,02	A	B
Control	0,35	3	0,02		B
T1	0,49	3	0,02		C

Elaborado por: Autores (Gaibor & Toaquiza, 2025)

La tabla 14, presenta los resultados de la prueba de significación de Tukey al 5% para los para los tipos de muestra se observa tres rangos de significancia, ubicándose el T4 en el grupo homogéneo A, el T3, T5, T6 Y T2 se ubica en el grupo A y B, es decir presentando igual estadística entre 4 tratamientos en relación con el grupo A, el control en el grupo B y el T1 en el C. En conclusión, se observa que para la variable de la degradación lignocelulósica del día tres en relación con el tipo de muestra se puede emplear el tratamiento 1 ya que en la pulpa de la tuna es el tratamiento que más degrado la lignocelulosa.

Figura 3 Comportamiento de los promedios de la variable degradación de la lignocelulosa en el día 3 en la pulpa de tuna



HG: Hongo gris

HB: Hongo blanco

Elaborado por: Autores (Gaibor Toaquiza, 2025)

La Figura 3 muestra el comportamiento de los promedios de la degradación de la lignocelulosa en la pulpa de tuna al tercer día de evaluación, considerando las distintas concentraciones del Honey tek, hongos grises (HG) y blancos (HB), junto con un tratamiento control.

Se observa que el tratamiento HG 1:20 (T1) presenta la mayor degradación lignocelulósica, con un valor superior a 0.50, lo que indica una alta eficiencia en la descomposición del material en comparación con los otros tratamientos. En contraste, el tratamiento HB 1:30 muestra la menor degradación, con un valor cercano a 0.26, indicando una baja actividad de degradación en esa concentración.

Los tratamientos intermedios, como HG 1:25, HG 1:30, HB 1:20 y HB 1:25, presentan valores de degradación similares, en un rango entre 0.30 y 0.40, sugiriendo que hay diferencias en la eficiencia de degradación dependiendo de la concentración y el tipo de hongo utilizado.

Por otro lado, el control presenta una degradación moderada con una mayor variabilidad (barra de error), lo que podría deberse a la acción de microorganismos nativos o a factores ambientales que influyen en la degradación sin la intervención de los hongos inoculados.

E hongo gris (HG) en la concentración 1:20 es el tratamiento más eficiente para la degradación lignocelulósica en el día 3, mientras que el hongo blanco (HB) a la concentración 1:30 es el menos efectivo. La concentración y el tipo de hongo juegan un papel clave en la degradación de la lignocelulosa en la pulpa de tuna.

2.10.2.5. Degradación lignocelulósica del día 6

Tabla 15 Análisis de varianza de la variable de degradación lignocelulósica del día 6 de la pulpa de tuna

F.V	SC	Gl 6	CM	F calculado	p-valor
Modelo	0,16		0,03	35,91	<0,0001
Tratamientos	0,16	6	0,03	35,91	<0,0001
Error	0,01	14			
Total	0,17	20			

Elaborado por: Autores (Gaibor & Toaquiza, 2025)

En la tabla 15 se observa el ANOVA para la degradación lignocelulósica del día 6, en la pulpa de tuna, el diseño tiene un nivel de confianza del 95 %, se observa que la suma de cuadrados (SC) del modelo y de los tratamientos es 0.16, con 6 grados de libertad (GL). Esto indica que la variabilidad explicada por los tratamientos es alta en comparación con el error.

El cuadrado medio (CM) es de 0.03, y el valor de F calculado es 35.91, lo que sugiere una diferencia altamente significativa entre los tratamientos evaluados. El p-valor (<0.0001) confirma que existe un efecto estadísticamente significativo de los tratamientos sobre la degradación lignocelulósica en el día 6.

El error presenta una suma de cuadrados de 0.01 con 14 grados de libertad, lo que indica que la variabilidad no explicada por el modelo es baja. Esto sugiere que el modelo utilizado es adecuado para describir la variabilidad de la degradación lignocelulósica en este tiempo de evaluación.

Los tratamientos aplicados generan diferencias significativas en la degradación lignocelulósica de la pulpa de tuna en el día 6. Se acepta la hipótesis alternativa

Tabla 16 Prueba de Tukey al 5% de los tratamientos y el control
0,0007 gl:14

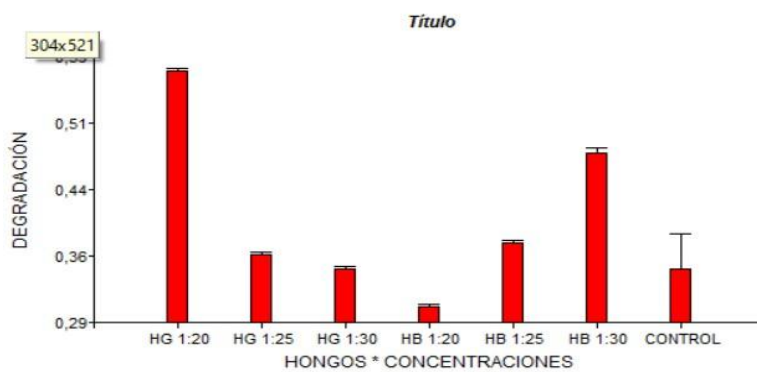
Tratamientos	Medias	n	E. E	Grupos homogéneos
T4	0,30	3	0,02	A
T3	0,35	3	0,02	A
Control	0,35	3	0,02	A
T2	0,36	3	0,02	A
T5	0,38	3	0,02	A
T6	0,48	3	0,02	B

T1	0,57	3	0,02	C
----	------	---	------	---

Elaborado por: Autores (Gaibor &Toaquiza, 2025)

La tabla 16, muestra los resultados de la prueba de significación de Tukey al 5% para los para los tipos de muestra se observa tres rangos de significancia, ubicándose el tratamiento 4, 3, 2, 5 y el control en el grupo homogéneo A, el T6 se ubica en el grupo B y el T1 en el C. En conclusión, se observa que para la variable de la degradación lignocelulósica del día 6 en relación con el tipo de muestra se puede emplear el tratamiento 1 ya que en la pulpa de la tuna es el tratamiento que más degrado la lignocelulosa.

Figura 4 Comportamiento de los promedios de la variable degradación lignocelulosa en el día 6 en la pulpa de tuna



HG: Hongo gris

HB: Hongo blanco

Elaborado por: Autores (Gaibor &Toaquiza, 2025)

En la figura 4 muestra la degradación de la estructura lignocelulósica en función de diferentes concentraciones del hongo *Pleurotus ostreatus* gris (HG) y blanco (HB). Se observa que la mayor degradación se da en la condición HG 1:20 (T1), con un valor superior a 0,51, lo que indica una alta eficiencia de este hongo en esa concentración.

Las concentraciones más bajas (1:20) presentan mayores niveles de degradación en comparación con las más diluidas (1:30). Esto sugiere que una mayor cantidad de hongo favorece la degradación. En el caso del hongo blanco, la degradación más alta se observa en la condición HB 1:30, lo que indica que este hongo puede tener una respuesta diferente a las concentraciones utilizadas.

El control muestra un valor bajo de degradación, lo que confirma que la actividad del hongo es necesaria para que se produzca la degradación lignocelulósica.

El *Pleurotus ostreatus* gris en 1:20 mostró la mejor eficiencia en la degradación de la lignocelulosa de la pulpa de tuna, seguido por *P. ostreatus* blanco en 1:30.

Ramón y Ramón (2012) mencionan los tejidos vegetales poseen una pared celular resistente a los procesos de degradación sin embargo con la acción de los pueden romper estas moléculas y liberar la celulosa, así como la hemicelulosa del compuesto lignina. Además, menciona que los hongos son capaces en su totalidad la lignina.

Según Chaparro (2019) los hongos tienen la capacidad de degradar el material lignocelulósico en la naturaleza a través de 3 tipos de enzimas: las endoglucanasas (hidrolizan las regiones amorfas de las fibras celulósicas y rompen los enlaces glucosídicos); las exoglucanasas (remueven monómeros y dímeros del final de la cadena de glucosa); y la β -glucosidasa (hidroliza dímeros de glucosa impidiendo la acumulación de celobiosa, la cual inhibe la acción de las celobiohidrolasas). También realizó un estudio en el que observo el perfil de concentración de azúcares reductores, apreciando un incremento progresivo de la concentración de azúcares reductores hasta el día 8 de fermentación donde se llegó a una concentración máxima de 3,342%; obtuvo un aumento del 130% en la concentración de azúcares reductores esto se debe a la gran disponibilidad de glucosa que existe en el medio debido a la acción de las enzimas que descomponen el material lignocelulósico en monosacáridos y disacáridos los cuales varios de ellos actúan como azúcares reductores aumentando su concentración. Al comparar este resultado con los que se obtuvo en el estudio se puede verificar que la degradación lignocelulósica de la pulpa de tuna se efectuó a los 6 días con el hongo con un 0,56 %, esto puede estar relacionado a la cantidad de glucosa que contiene la pulpa de la tuna.

3. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONOMICOS)

3.1. *Técnicos*

El estudio aportará al desarrollo de biotecnologías para la biodegradación de materiales lignocelulósicos, a través del uso de hongos comestibles, optimizando las condiciones de crecimiento y eficiencia en la degradación. También, permitirá evaluar el potencial de la pulpa de tuna como un sustrato alternativo en la producción de *Pleurotus Ostreatus*, generando información valiosa para la bioconversión de residuos agroindustriales en productos de valor agregado.

3.2. *Sociales*

Este estudio brinda alternativas de empleo en comunidades rurales, promoviendo la producción sostenible de hongos comestibles y medicinales. Además, el proceso que se detalla en el documento podría mejorar la disponibilidad de alimentos con alto valor nutricional, fomentando una dieta más saludable en la población.

3.3. *Ambientales*

El estudio puede contribuir a la reducción de residuos agroindustriales y su acumulación en el medio ambiente. Además, este proceso minimiza el impacto de la producción agrícola al fomentar la economía circular y el aprovechamiento de subproductos naturales, disminuyendo la contaminación generada por desechos orgánicos.

3.4. Económicos

El estudio abre la posibilidad de generar ingresos mediante la producción de hongos comestibles y la obtención de compuestos bioactivos a partir del proceso de degradación lignocelulósica. La valorización de residuos de tuna podría disminuir los costos de producción en la industria fúngica, ofreciendo una alternativa más económica y sostenible en comparación con sustratos tradicionales.

4. Recursos y Presupuesto

Tabla 17 *Presupuesto del proyecto*

RECURSOS	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
MATERIALES Y SUMIN		1		
Calefactor		Unidad	\$ 10,50	\$ 10,50
Equipo de desinfección	2	Unidad	\$ 3,50	\$ 7,00
Envases de vidrio	15	Unidad	\$ 0,67	\$ 10,05
Bisturí	8	Unidad	\$ 0,50	\$ 4,00
Ollas	1	Unidad	\$ 6,00	\$ 6,00
Colador	1	Unidad	\$ 1,00	\$ 1,00
Papel aluminio	2	Unidad	\$ 1,00	\$ 2,00
Toallas absorbentes	3	Unidad	\$ 1,25	\$ 3,75
SUBTOTAL				\$ 44,30
Reactivos				
Agua destilada	1	Litro	\$ 1,50	\$ 1,50
Alcohol	2	Litro	\$ 1,75	\$ 3,50
SUBTOTAL				\$ 5,00

Material bibliográfico y fotocopias					
Esferos	2	Unidad	\$	0,60	\$ 1,20
Impresiones	200	Unidad	\$	0,12	\$ 24,00
Anillados	15	Unidad	\$	1,50	\$ 22,50
CD	1	Unidad	\$	1,50	\$ 1,50
Cinta	1	Unidad	\$	1,50	\$ 1,50
Resma de papel	1	Unidad	\$	4,00	\$ 4,00
SUBTOTAL				\$ 54,70	
Gastos varios					
Internet	360	horas	\$	0,60	\$ 216,00
Combustible	20	galones	\$	2,20	\$ 44,00
Análisis de laboratorio	15	Unidad	\$	25,00	\$ 375,00
SUBTOTAL				\$ 635,00	
Materia prima Tipos					
de hongo	2	g	\$	30,50	\$ 61,00
Cebada pelada	1	lb	\$	0,50	\$ 0,50
Avena con cascara	1	lb	\$	0,50	\$ 0,50
Trigo	1	lb	\$	0,50	\$ 0,50
Paja de cebada	1.5	kg	\$	5.50	\$ 5,50
Cal	50	g	\$	1,75	\$ 1,75
Tuna	200	g	\$	1,00	\$ 1,00
SUBTOTAL				\$ 70,75	
TOTAL				\$ 809,75	

Elaborado por: Autores (Gaibor y Toaquiza, 2025).

5. CONCLUSIONES

- Los resultados muestran que la cebada pelada (CP) fue el único sustrato en el que los hongos *Pleurotus Ostreatus* gris y blanco lograron una propagación al 100% mientras que en el trigo pelado (TP) y la avena con cascara cáscara (AC) no se registró propagación. El hongo gris presento una propagación más rápida alcanzando el 100% al día 11. En contraste, el hongo blanco alcanzo el 100% al día 18. Esto indica que el hongo gris tiene una mayor velocidad de colonización en este sustrato, lo que podría hacerlo más eficiente en determinar condiciones de cultivo.
- El hongo *Pleurotus Ostreatus* gris presento un mayor grado de eficiencia biológica que el *Pleurotus Ostreatus* blanco con valores de 43% y 20,07%, respectivamente. La mayor eficiencia del hongo gris sugiere que es más adecuado para mantener una producción estable bajo las mismas condiciones.
- El tratamiento T1 (pulpa de tuna-medio de cultivo Honey Tek (Relación 1:20) + hongo *Pleurotus Ostreatus* gris presento en los días de evaluación diferencia significativa con respecto al testigo, obtenido en el día 6 valor de 5,7 g/L de concentración de azúcares reductores totales.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar ensayos con diferentes combinaciones de sustratos, como la pulpa de tuna y otros materiales lignocelulósicos, para identificar la mezcla que favorezca el crecimiento más rápido y eficiente de los hongos *Pleurotus Ostreatus* gris y blanco.
- Controlar factores como temperatura, humedad y pH durante el cultivo para garantizar condiciones ideales para la propagación de los hongos. Un control más preciso puede mejorar el rendimiento y facilitar la comparación de los diferentes tipos de hongos.
- Usar técnicas de análisis como la espectroscopía o la cromatografía, las cuales pueden ofrecer una visión precisa de los cambios en la composición de la pulpa de tuna.
- Desarrollar estudios comparativos con otros sustratos lignocelulósicos para determinar si la pulpa de tuna es un material viable y eficiente para la degradación por parte de estos hongos.

7. Referencias bibliográficas

- Albarrán, L. c. (2018). *Cultivo del hongo ostra (Pleurotus ostreatus) en tres tipos de residuos de la madera de Bolaína Blanca (Guazuma crinita)*. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/14802/1/20319.pdf>
- Altamirano, J., & Ortiz, S. (2022). *Construcción de un Biorreactor para la obtención de micelio infinito del hongo Portobello (Agaricus brunnescens) y Pleurotus ostreatus mediante la Técnica Honey Tek*. Riobamba.
- Angulo, F., Mamani, B., & Nova, M. (2022). Crecimiento in vitro de hongo ostra (Pleurotus ostreatus) en diferentes medios de cultivo. *Investigación e innovación agropecuaria y de recursos naturales*, 9(1), 14-22. doi:<https://doi.org/10.53287/yspr1253nr82s>
- Ariza, W. (2023). *Residuos lignocelulósicos como sustratos en el cultivo de Ganoderma lucidum Y Ganoderma applanatum*. [Tesis-Ingeniería en Recursos Naturales Renovables; Universidad Nacional Agraria de la selva]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2468>
- Bermúdez, C., García, N., Aguilera, A., & Mendoza, Y. (2023). Biodegradación de residuos lignocelulósicos secundarios por Pleurotus spp. *Scielo*, 43(1), 157-172. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852023000100157

- Bósques, P. (2012). *EVALUACIÓN DE CUATRO SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRA (Pleurotus ostreatus) EN TRES CICLOS DE PRODUCCIÓN EN LA ZONA DE TAMBILLO, PROVINCIA DE PICHINCHA*. Tesis de grado, ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA, Quito. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4663/1/CD-4295.pdf>
- Calachahui, Y., & Mozo, C. (2023). *Evaluación del rendimiento en la extracción de aceite de semillas de tuna (Opuntia ficus-indica) obtenido mediante tres métodos y su caracterización fisicoquímica. [Tesis-Ingeniería Química; Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/8381?show=full&localeattribut e=en>
- Calle, S. (2023). Diseños de investigación cualitativa y cuantitativa. *Ciencia Latina*, 7(4), 18651879. doi: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7016
- Capa, S., Proaño, A., & F, Q. (2024). *Aprovechamiento de los residuos forestales lignocelulósicos provenientes de la poda de las áreas verdes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo como sustrato para la producción del hongo ostra (Pleurotus ostreatus)*. Tesis, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/22171/1/236T0946.pdf>
- Cardona, D., Patiño, L., & Ormaza, A. (2021). Aspectos tecnológicos de la microencapsulación de compuestos bioactivos en alimentos mediante secado por aspersión. *Ciencia y tecnología agropecuaria*, 22(1), 1-21. doi:https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num1_art:1899
- Carmona Juan. (2020). *Micropartículas de pulpa de tuna anaranjada opuntia ficus-indica con mucílago de nopal y su aplicación como colorante en alimentos. [Tesis de postgrado; Universidad de Chile]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/178413>

- Chamba , Y., & Quispe, S. (2021). *Desarrollo de un microencapsulado a base de orégano (origanum vulgare, l), mediante secado por aspersión. [Tesis - Ingeniería Agroindustrial; Universidad Técnica de Cotopaxi]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8159>
- Chaparro, C. (2019). *Publicación: Estudio de la producción de enzimas lignocelulolíticas por el hongo pleurotus ostreatus en un biorreactor usando residuos de fruta como sustrato. [Tesis-Ciencias Biológicas; Universidad de Buenos Aires]*. Repositorios institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/1992/44658>
- Cieza, R., & Díaz, G. (2018). *Obtención de azúcares reductores a partir de cáscara de papa (solanum tuberosum) por hidrólisis química y enzimática. [Tesis; ingeniería agroindustrial y comercio exterior; Universidad Señor de Sipán]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12802/5777>
- Correa, J. (2023). *Grado de Esterificación y Rendimiento de Pectina utilizando cáscaras de tuna (Opuntia Ficus Indica.) extraída a diferentes tiempos y temperaturas. [Ingeniería en industrias alimentarias; Universidad Nacional de Cajamarca]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/5912>
- Cruz, D., Capa, D., Maza, D., Ojeda, R., & Benitez, Á. (2020). Producción y valor proteico de Pleurotus ostreatus en la región sur de Ecuador : Valor proteico de Pleurotus ostreatus. *Avnces en ciencias e ingenierias*, 12(2), 1-7.
doi:<https://doi.org/10.18272/aci.v12i2.1806>
- Cuarez, Y., & Quispe, R. (2022). *Producción de hongo (pleurotus ostreatus) en diferentes sustratos lignocelulósicos en condiciones de invernadero en Acobamba - Huancavelica. [Tesis-Ingeniería agronómica; Universidad Nacional de Huancavelica]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14597/5118>
- Díaz, E., & Carvajal, E. (2014). Eficiencia biológica de Pleurotus ostreatus cultivado en fibra de palma de aceite. *PKP*, 12(1), 63-70.
doi:<https://doi.org/10.24054/limentech.v12i1.1590>

- Díaz, K. (2019). Producción de *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) ICFC 153/99 cultivado sobre diferentes residuos lignocelulósicos. *SciELO*, 26(3), 1177-1184. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992019000300022&script=sci_abstract
- Erazo, A., Chamorro, H., Álvarez, P., Suárez, A., & Condo, L. (2021). Caracterización socio productivo de la *Opuntia ficus indica* (Tuna) en las comunidades del cantón Guano. *Bosques latitud cero*, 11(1), 155-165. Obtenido de <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/870>
- Erazo, A., Condo, L., Oñate, B., & Alvarez, P. (2023). *La Tuna y la Cochinilla*. Puerto Madero. doi:<https://doi.org/10.55204/pmea.42>
- Estrada, E. (2022). *Evaluación de cultivo de Pleurotus ostreatus (hongo oreja de cazahuate) en dos condiciones de cultivo. [Tesis de licenciatura- Biologo; Universidad Autónoma del Estado de Morelos]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/3436>
- Farceque, J. (2021). *Elaboración de mermelada aprovechando la pulpa de “tuna” Opuntia ficus-indica L. variedad blanca, edulcorada con panela granulada orgánica y evaluación del nivel de aceptabilidad. [Tesis-Ingeniería agroindustrial y de biocomercio]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14095/1027>
- Farfan, R., & Brissolesi, G. (2024). *Análisis de la Producción y Comercialización de la Tuna (Opuntia ficus-indica) en Sectores Productores del Distrito de Huanta. [Ingeniería de Negocios Agronómicos y Forestales; Universidad Nacional Autónoma de Huanta]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14388/54>
- Flores, A. (Agosto de 2012). *Manual de cultivo de hongo seta (Pleurotus ostreatus) de forma artesanal*. Obtenido de http://huertofenologico.filos.unam.mx/files/2017/05/Cultivo_de_hongo_seta.pdf
- Flores, M. (2021). *Evaluación de la capacidad antioxidante del hongo ostra (Pleurotus ostreatus). [Trabajo de titulación-Ingeniería en Biotecnología de los Recursos*

- Naturales*]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21284>
- Gallegos, A. (2022). *Aplicación de micelio de hongo Pleurotus ostreatus en diferentes residuos lignocelulósicos para la obtención de biomateriales. [Tesis-Ingeniería Ambiental]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/12024>
- García, L., Pérez, J., Mera, F., Esparza, D., Pérez, E., Contreras, E., . . . Olloqui, E. (2024). Potencial nutricional y terapéutico de la tuna y de sus subproductos. *Biología y sociedad*, 7(14), 26-39. doi:<https://doi.org/10.29105/bys7.14-126>
- Gavilanez, K. (2024). *Diversidad de la microbiota fúngica de tuna (Opuntia ficus-indica (L.) mill.) en Tunshi, los Chingazos y Alacao de la provincia de Chimborazo. [TesisIngeniería agronómica; Escuela Politécnica de Chimborazo]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/22249>
- Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo*, 4(3), 163-173. doi:[https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Huaman, D. (2023). *Determinación de la eficiencia biológica del hongo (Pleurotus ostreatus (Jacquin ex Fr.) Kummer en cinco sustratos, en el centro agronómico K'ayra – San Jerónimo – Cusco. [Tesis-Ingeniería agronómica: Universidad Nacional de San Antobio Abad del Cusco]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12918/7982>
- Lema, L. (2020). *Proyecto de investigación para la producción y comercialización de hongos comestibles tipo Ostra (Pleurotus ostreatus) en la parroquia Puyo, provincia de Pastaza. [Trabajos de Titulación -Administración de Empresas (SED); UCSG]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/14599>
- Lizunde, D. (2022). *Influencia del Sustrato Formulado a base de residuos agrícolas y agroindustriales en la producción De Setas Comestibles (Pleurotus Ostreatus). [TesisIngeniería Agroindustrial; Universidad Nacional José María Arguedas]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14168/653>

- López, C., Hernández, R., & Suárez, C. (2008). Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. *Scielo*, 128-137. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-74832008000200004#:~:text=En%20este%20estudio%20se%20pudo,comparado%20con%20Shan%20et%20al
- Martínez, J. (2021). *Bioaccesibilidad de microencapsulados de extractos de Haematococcus pluvialis ricos en astaxantina. [Maestría en Ciencias: Productos Naturales y Alimentos; Universidad Tecnológica de la Mixteca]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utm.mx:8080/jspui/handle/123456789/405>
- Medina, A. (2018). *Innovación de subproductos de tuna variedad copena y cristal para desarrollo sostenible de la comunidad de San Sebastián Villanueva Acatzingo, Puebla. [Tesis-Licenciatura en ingeniería en alimentos]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12371/8726>
- Melaños, I. (2024). *Evaluación de los residuos agrícolas y de poda de la estación experimental Tunshi como sustrato para la producción del hongo ostra gris (Pleurotus ostreatus). [Ingeniería en Biotecnología Ambiental; ESPOCH]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/22831>
- Melo, C. (2021). *Evaluación de la colonización del hongo Pleurotus ostreatus en sustratos lignocelulósicos. [Trabajos de grado - Ingeniería Química; Universidad de América]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8665>
- Muñoz Toledo, D. G. (2024). Obtenido de “CULTIVO DE PLEUROTUS OSTREATUS BLANCO EN SUSTRATO DE ASERRÍN Y PAJA DE CEBADA”: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/14802>
- Navarrete, V., & Tapia, M. (2022). *Desarrollo de un microencapsulado del extracto de chillangua (Eryngium foetidum), mediante secado por aspersion. Repositorio institucional*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9358>
- NTE INEN 2337. (2008). *Jugos, pulpas, concentrados, nectares, bebidas de fruta y vegetales*.

- Requisitos*. Obtenido de <https://studylib.es/doc/5519404/nte-inen-2337--jugos--pulpas-concentrados--n%C3%A9ctares>
- Ortiz, F., & Muñoz, M. (Diciembre de 2013). *Cultivo de Pleurotus ostreatus sobre paja de cereales*. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Cultivo%20de%20pleurotus%20sobre%20paja%20de%20cereales%20V3-3.pdf>
- Padilla, K. (2023). *Evaluación de distintos medios de cultivo in vitro para la elaboración de micelio del hongo ostra blanco (Pleurotus ostreatus) (Jacq.) P. Kumm., en laboratorio*. [Tesis, ingeniería agronómica; Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/38393>
- Palomino, E. (2024). *Producción del hongo comestible Pleurotus ostreatus, utilizando diferentes residuos de cosecha agrícola e industrial, Ayacucho - 2750 msnm*. [Tesis Ingeniería agronómica; Universidad Nacional de San Cristóbal]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/20.500.14612/6807>
- Pérez, A. (2024). *Valoración de Pleurotus ostreatus en la obtención de micomateriales*. [Tesis Ingeniería ambiental; Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28715>
- Pérez, C. (2022). *Microencapsulación de compuestos fenólicos de la planta de sunfo (Clionopodium nubigenum Kunth Kuntze), mediante secado por aspersión*. [Tesis - Maestría en Agroindustrial, Mención Tecnología de Alimentos; Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9076>
- Pinos, K. (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*. [Tesis de Pregrado - Ingeniería Agropecuaria; Universidad Técnica estatal de Quevedo]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/5999>
- Pisco, D., & López, M. (2023). *Formulación y aceptabilidad de néctar de penca de atún (Opuntia ficus indica) saborizado con pulpa de maracuyá (Passiflora edulis)*.

- [TesisLicenciatura en Nutrición y técnicas alimentarias; Universidad de Cordon Bleu]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14546/1209>
- Quichimbo, K., & Romero, S. (2023). *Elaboración de bebidas fermentadas a base de tuna (Opuntia Ficus-Indica L) y su aplicación en coctelería de autor. [Tesis-Licenciatura en Gastronomía y Servicios de Alimentos y Bebidas; Universidad de Cuenca]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/43145>
- Ramón, P., & Ramón, D. (2012). *Análisis de la capacidad degradativa de residuos lignocelulósicos utilizando el hongo Pleurotus ostreatus var. Florida. [Tesis-Ingeniería Ambiental; Universidad Politécnica Salesiana]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2811>
- Ríos, L. (2023). *Evaluación del índice de cosecha de tuna (Opuntia ficus - indica) y estrategias de limpieza del fruto. Salache, Cotopaxi. [Titulación - Maestría en Sanidad Vegetal; Universidad Técnica de Cotopaxi]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11533>
- Rivera, D., Álvarez, M., Ramírez, F., Maldonado, R., & Bandala, V. (2022). Uso potencial de las glóquidas de tuna como sustrato para la producción de micelio de Pleurotus sp. *Gobierno de México*, 13(6), 991-1002. doi:<https://doi.org/10.29312/remexca.v13i6.3310>
- Rodríguez, G., & Loján, A. (2015). *Determinación de azúcares reductores y ph en heces de preescolares como indicadores de intolerancia a la lactosa. [Tesis-ASH; Universidad Nacional de Loja]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/13717>
- Romero, O., Huerta, M., Damián, M., Macías, A., Tapia, A., Parraguirre, J., & Juárez, J. (2010). Evaluación de la capacidad productiva de Pleurotus Ostreatus con el uso de hoja de plátano (Musa paradisiaca l., cv. Roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos Agrícolas. *SciELO*, 34(1), 53-63. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S03779424201000010000

- Ruilova, M., & Hernández, A. (2014). Evaluación de residuos agrícolas para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*. *Redalyc*, 48(1), 54-59. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223131337008>
- Ruiz, A. (2021). *Cultivo de cuatro cepas de hongos comestibles del género Pleurotus en residuos a base de tallo de maíz y paja de arroz. [Tesis-Maestría en Gestión Ambiental; Universidad Nacional Agraria de la Selva]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14292/1858>
- Ruiz, M. (2014). *Estabilidad de componentes bioactivos de tuna roja (opuntia ficus indica) en la encapsulación y desarrollo de productos extrudidos. [Tesis-Doctorado en ciencias con acentuación en alimentos: Universidad Autónoma de Nuevo León]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/4011>
- Sakamoto, Y. (2018). Influencias de los factores ambientales en la inducción, desarrollo y maduración de cuerpos fructíferos en hongos formadores de setas. *Elsevier*, 32(4), 236-248. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1749461317300568>
- Somera, G. (2024). *Propiedades antioxidantes, fisicoquímicas y microestructurales de microcápsulas de alginato-cáscara de tuna (Opuntia ficus-indica). [Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria; Universidad Autónoma Chapingo]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.chapingo.edu.mx/handle/123456789/3708>
- Vásquez, D. (2022). *Producción de hongos gourmet (pleurotus ostreatus jacq.) mediante el aprovechamiento residuos lignocelulósicos en la Granja Experimental La Pradera. [Tesis-Ingeniería agropecuaria; Universidad Técnica del Norte]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12153>
- Vega, A., & Franco, H. (2013). Productividad y calidad de los cuerpos fructíferos de los hongos comestibles *Pleurotus pulmonarius* RN2 y *P. djamor* RN81 y RN82 cultivados sobre sustratos lignocelulósicos. *Dcielo*, 24(1), 69-78. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S071807642013000100009>
- Vegas, R., Acosta, Y., & Fernández, C. (2024). Obtención, purificación y aprovechamiento de azúcares reductores a partir de materiales lignocelulósicos. *SciELO*, 41(2), 67-84. doi:<https://doi.org/10.34098/2078-3949.41.2.2>

- Vera, X. (2022). *Capacidad productiva de hongos gírgola, en diferentes residuos agroindustriales en estado fresco y deshidratado. [Tesis de Pregrado - Ingeniería en Alimentos; Universidad Técnica Estatal de Quevedo]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/75cf28ac-9f5c-4a65-8eb386d1d62037aa>
- Villalobos, F. (2022). *Evaluación in vitro del uso del hongo Pleurotus ostreatus como tratamiento alternativo de los residuos orgánicos generados por la agroindustria de aceite de la palma. [Licenciatura-Gestión Ambiental con énfasis en Ingeniería Sanitaria; UNCR]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11056/25573>
- Villar, L. (2021). *Sustratos provenientes de residuos agrícolas en la producción del hongo comestible Pleurotus djamor (Fr.) Boedijn En Tingo María. [Tesis-Ingeniería Forestal; Universidad Nacional Agraria de la Selva]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14292/1985>
- Wagner Bettioli, M. (2014). *Control Biológico de Enfermedades de Plantas en América Latina y el Caribe*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/WagnerBettioli/publication/272086423_Control_Biologico_de_Enfermedades_de_Plantas_en_America_Latina_y_el_Caribe/links/552fd2190cf27acb0de7922a/Control-Biologicode-Enfermedades-de-Plantas-en-America-Latina-y-el-Caribe.
- Yanacallo, M. (2023). *Aprovechamiento de la tuna (Opuntia ficus indica Miller) para la elaboración de productos agroindustriales. [Tesis - Ingeniería Agroindustrial; Universidad Nacional de Chimborazo]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11760>
- Yupanqui, F. (2022). *Efecto de la harina de tuna (Opuntia ficus-indica) en la concentración de detergentes en agua residual de lavandería, San Juan de Lurigancho 2019. [TesisIngeniería Ambiental; Universidad Continental]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/11134>

