UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA

EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGIA

CARRERA DE BIOTECNOLOGÍA

Tema: Evaluación del uso de residuos orgánicos de centros de distribución alimentaria como sustrato sostenible para la producción de hongo ostra blanco (*Pleurotus ostreatus)*.

Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera Biotecnóloga, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autora: Johanna Stephanie Paredes Sánchez

Tutor: Mg. Alex Fabian Valencia Silva

Ambato – Ecuador

Julio - 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

Mg. Alex Fabian Valencia Silva

CERTIFICA:

Que el presente Informe Final del Trabajo de Titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 23 de junio de 2025



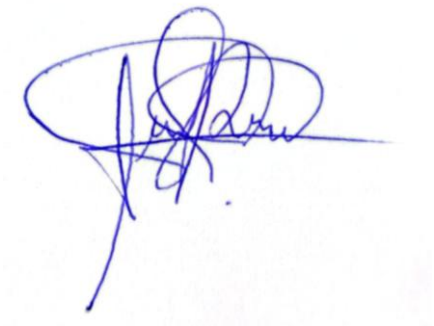
Mg. Alex Fabian Valencia Silva

C.I. 1803121084

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Johanna Stephanie Paredes Sánchez, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera Biotecnóloga son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Johanna Stephanie Paredes Sánchez

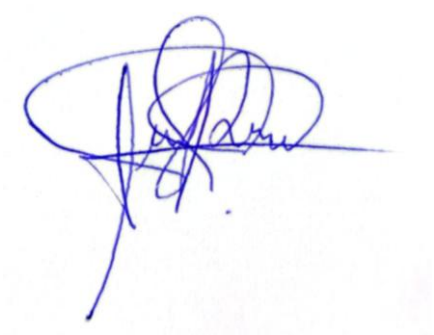
1850268374

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Informe Final del Trabajo de Titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Informe Final del Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Johanna Stephanie Paredes Sánchez

1850268374

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

Firmado electrónicamente por:
LANDER VINICIO PEREZ ALDAS
Validar únicamente con FirmaEC

Presidente del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
CRISTIAN FERNANDO GALARZA GALARZA
Validar únicamente con FirmaEC

Mg. Cristian Fernando Galarza Galarza

1803160272

Firmado electrónicamente por:
MIRARI YOSUNE ARANCIBIA SORIA
Validar únicamente con FirmaEC

Dra. Mirari Yosune Arancibia Soria

1802142461

Ambato, 07 julio del 2025

DEDICATORIA

A Dios

*A mis padres, **Fabricio Paredes** y **Zoila Piedad**, por ser el pilar fundamental en mi vida, por sus sacrificios que llevan día a día, por una familia llena de amor, valores y apoyo incondicional. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, honestidad y perseverancia, todo lo que soy y tengo es gracias a ustedes, este logro es tan mío como suyo.*

*A mis hermanos, **Erick** y **Ariel** por su apoyo y conocimientos, su compañía se ha convertido en huellas eternas, cada uno a su manera ha sido parte fundamental en este camino.*

*A mi familia materna, mi abuelita **Lidita** y abuelito **Noé** gracias por brindarme su apoyo incondicional cuando más lo necesitaba, gracias por cada acción de amor, mis tías **Sandra, Mariela, Katy, Jenny**, mis tíos **Freddy** y **Byron**, gracias por brindarme el calor de unos padres, por el apoyo, mi vida fuera diferente sin ustedes, gracias por cada grano de amor.*

*A **Alejandro Ronquillo**, mi refugio, mi compañero, mi fuerza. Gracias a ti descubrí el amor recíproco, por nunca dudar en darme una mano, en escucharme, en impulsarme a seguir, este logro no sería lo mismo sin ti, porque, en cada situación, siempre estuviste tú, eres una fuente de inspiración, día con día a crecer, caminar y construir un futuro a tu lado.*

*A mis primos, **Melanie, Nathaly, Christian** y **Kevin**, mis verdaderos amigos, con quienes he compartido cada pedazo de mi vida, por cada consejo y momentos inolvidables. Gracias por tantos años de risas y apoyo.*

A mi compañero fiel, mi gatito papi que me brindo su compañía y consuelo, sus huellas quedan en mi corazón, siempre te llevaré conmigo.

A mis amigos, que me acompañaron, gracias por hacerme parte de su vida y hacer la experiencia universitaria con alegría, risas y muchos recuerdos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por lo que tengo y soy, por darme la oportunidad de disfrutar tiempo con mi familia, sobre todo con mi padre, por darle una nueva oportunidad y tiempo con nosotros.

Agradezco a mis padres por ser mis mentores y ser un gran ejemplo a seguir, a ti Fabricio Paredes porque desde pequeña supiste enseñarme con paciencia y ahora que luchas día con día por seguir con nosotros te agradezco tanto por no rendirte, por quedarte a seguir enseñándonos, a ti Zoila Piedad que batallas día con día por mantener la paz en la familia y enseñarme todo lo que soy, estoy muy agradecida con ustedes son unos grandes padres.

A mi familia materna, mi abuelita Lidita y abuelito Noé por siempre preocuparse por mí y mis hermanos, mis tías y tíos por demostrarme que a pesar de cualquier cosa ellos siempre están y estarán, por haber sido unos ángeles con mi padre, a mi tía Sandra por darme el calor de una madre y amistad, por siempre apoyarme y ser como una amiga, gracias por estar siempre y cuando te necesite, a mi Tía Mary y Jenny que han sido una gran ayuda en mi vida, a mi tía Kathy por compartir una alma llena de alegría, a mis tíos Byron y Freddy gracias por ayudarme a culminar este logro.

A mi Alejo, desde el primer día que te conocí, la amabilidad y gentileza que emanaba de ti fue un refugio, gracias porque desde el primer día me diste una mano de la cual nunca soltar, por el amor que recibo, gracias por acompañarme estos años, por ser alguien importante, quien no dudaría en confiar, espero y deseo seguir cumpliendo metas junto a ti.

A mi tutor Ing. Alex Valencia por su apoyo en este proceso y confiar en mi desde el inicio. Muchas gracias por su guía y enseñanza.

A todos los docentes, que me brindaron el conocimiento para llegar a este punto, por sus motivaciones y dedicación. Sobre todo, a Ing. Dolores Robalino por brindarme su apoyo y empatía, a Ing. María Eugenia y Ing. Lorena Núñez por darme el paso a la palabra, confiar en mí y brindarme su apoyo.

A mis amigos más cercanos, Angel Puruncajas por continuar tu amistad desde los primeros semestres, Mateo Naranjo por ser un gran apoyo desde que se inició la carrera hasta que la culminamos, por tu confianza y amistad incondicional, Madeline Guachi por ser una amiga que ha escuchado y brindado sus palabras sinceras y Adriana Ronquillo por considerarme su amiga y brindarme cada palabra de apoyo, gracias Eri Orozco, Made Pérez, Jenni Luzuriaga, Joss Peralvo, Sebas Pérez, Pao Grefa y Angie Ávalos por cada ayuda, consejos y pequeñas anécdotas, a ustedes siempre apoyándome en las buenas y en las malas.

A mi querido gatito papi, que, aunque no se encuentra físicamente a mi lado, gracias por su calor en días difíciles, tu recuerdo vive en cada rincón de mi hogar y corazón, gracias por haber sido parte de mi vida y de este camino, este logro también te lo dedico, con amor eterno.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii
DERECHOS DE AUTOR iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO v
DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS viii
ÍNDICE DE TABLAS x
ÍNDICE DE FIGURAS xi
RESUMEN EJECUTIVO xii
ABSTRACT xiii
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO 14
1.1. Antecedentes investigativos 14
1.1.1. Desechos 14
1.1.1.1. Residuos sólidos lignocelulósicos 14
1.1.1.2. Residuos lignocelulósicos en Ecuador 14
1.1.2. Sustrato 15
1.1.2.1. Factores requeridos para sustrato 15
1.1.2.2. Propagación 16
1.1.3. Hongo 17
1.1.3.1. Descripción del hongo 17
1.1.3.2. Origen y usos 18
1.1.3.3. Clasificación Taxonómica 20
1.1.3.4. Valor nutricional 21
1.1.3.5. Condiciones necesarias para fructificación del hongo 23
1.2. Objetivos 24
1.2.1. Objetivos General 24
1.2.2. Objetivos específicos 24

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA 25
2.1. Materiales 25
2.2. Métodos 26
2.2.1. Análisis de las características fenotípicas de los residuos orgánicos para su prueba de idoneidad como sustrato en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. 26
2.2.1.1. Recolección del material lignocelulósico..... **¡Error! Marcador no definido.**
2.2.1.2. Clasificación de material lignocelulósico para sustrato 26
2.2.2. Adaptación de los materiales recolectados de residuos orgánicos como alternativa de sustrato de *Pleurotus ostreatus*. 26
2.2.2.1. Preparación de materia prima para sustrato 26
2.2.2.2. Elaboración del sustrato 27
2.2.3. Determinación del sustrato óptimo para la producción de *P. ostreatus*. 28
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN 29
3.1. Análisis y discusión de resultados 29
3.1.1. Análisis de las características fenotípicas de los residuos orgánicos para su prueba de idoneidad como sustrato en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. 29
3.1.2. Adaptación de los materiales recolectados de residuos orgánicos como alternativa de sustrato de *Pleurotus ostreatus.* 31
3.1.3. Determinación del sustrato óptimo para la producción de *Pleurotus ostreatus.* 33
CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 35
4.1. Conclusiones 35
4.2. Recomendaciones 35
MATERIALES DE REFERENCIA 36
ANEXOS 43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Clasificación taxonómica del hongo pleurotus ostreatus.* 21
Tabla 2 *Lista de reactivos, material fungible y equipos* 25
Tabla 3 *Contenido de humedad y ph de las muestras de residuos orgánicos* 29
Tabla 4 *Evaluación de color y textura de la materia prima.* 30
Tabla 5 *Clasificación de materia prima en base a su relación carbono/nitrógeno.* 30
Tabla 6 *Contenido de humedad del sustrato* 32
Tabla 7 *Promedio y rendimiento de cosecha por cada 2000 g de sustrato.* 33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Comparación del peso promedio de cuerpos fructíferos de P. ostreatus cultivados en diferentes sustratos.* 34

RESUMEN EJECUTIVO

El aprovechamiento de residuos orgánicos de centros de distribución alimentaria para la producción de *Pleurotus ostreatus* (hongo ostra blanco) ofrece una solución ecológica y económica que contribuye a la gestión sostenible de desechos y a la reducción de la contaminación ambiental. Residuos como aserrín, bagazo de caña y bagazo de maíz sirven como sustrato adecuado para este hongo, proporcionando nutrientes esenciales que favorecen su crecimiento y fructificación.

La metodología empleada incluyó la recolección de residuos orgánicos, cuya idoneidad como sustrato se evaluó mediante análisis de humedad, pH, textura y composición lignocelulósica. Los sustratos fueron fragmentados, ajustados en humedad y pH, y esterilizados. Posteriormente, se inoculó el sustrato con micelio y se monitoreó su crecimiento bajo condiciones controladas, evaluando el rendimiento a través del peso de los cuerpos fructíferos obtenidos. Los resultados demostraron que el aserrín, combinado con afrecho de trigo y carbonato de calcio, logró el mejor rendimiento en la producción de cuerpos fructíferos, con un rendimiento aproximado de 120 gramos por kilogramo de sustrato. En comparación, los sustratos a base de bagazo de maíz y bagazo de caña produjeron menores rendimientos y mayor variabilidad. Estos hallazgos confirman que el uso de residuos orgánicos es una estrategia sostenible, recomendándose optimizar la relación carbono/nitrógeno para mejorar aún más los resultados.

Palabras clave: Residuos orgánicos, *Pleurotus ostreatus,* sustrato, gestión de residuos, biotecnología.

ABSTRACT

The use of organic residues from food distribution centers to produce *Pleurotus ostreatus* (oyster mushroom) offers an ecologic and money-wise solution which contributes to disposal management and environmental contamination reduction. Residues such as sawdust, sugarcane bagasse and corn bagasse serve as a suitable substrate for this fungus, providing essential nutrients that promote its growth and fruiting.

The applied methodology included the collection of organic waste, whose suitability as a substrate was evaluated through analysis of moisture, pH, texture, and lignocellulosic composition. The substrates were fragmented, adjusted for moisture and pH, and sterilized. Subsequently, the substrate was inoculated with mycelium and its growth was monitored under controlled conditions, evaluating the yield through the weight of the fruiting bodies obtained.

The results demonstrated that sawdust, combined with wheat bran and calcium carbonate, achieved the best performance in fruiting body production, with an approximate yield of 120 grams per kilogram of substrate. In comparison, substrates based on corn bagasse and sugarcane bagasse produced lower yields and greater variability. These findings confirm that the use of organic waste is a sustainable strategy to produce *P. ostreatus*, recommending the optimization of the carbon/nitrogen ratio to further improve the results.

Keywords: Organic waste, *Pleurotus ostreatus*, substrate, waste management, biotechnology.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

1.1.1. Desechos

1.1.1.1. Residuos sólidos lignocelulósicos

Ruiz et al. (2024) destaca que el uso de residuos orgánicos constituye una fuente viable para la producción de hongos, siendo una opción económicamente sostenible y accesible. Los residuos orgánicos de centros de distribución alimentaria pueden aprovecharse eficazmente como sustrato para la producción del hongo ostra blanco (*Pleurotus ostreatus).* Este método de producción no solo tiene un bajo costo, sino que también promueve el aprovechamiento de residuos y contribuye a una gestión sostenible en base a **Doroški et al. (2025).**

Los residuos sólidos lignocelulósicos, formados principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, constituyen una fuente esencial para el desarrollo de procesos sostenibles, como la producción de *P. ostreatus.* Estos materiales, generados en grandes cantidades en los centros de distribución alimentaria, incluyen desechos como hojas, cáscaras, tallos, y restos de frutas y verduras descartados por no cumplir estándares de calidad para el consumo humano **(Vásquez, 2022).**

El aprovechamiento de residuos lignocelulósicos como sustrato sostenible presenta múltiples ventajas. *P. ostreatus* es un hongo con alta capacidad de degradar compuestos lignocelulósicos mediante la producción de enzimas extracelulares, transformando estos desechos en biomasa de alto valor comercial y nutricional **(Castaño et al., 2022).** Este proceso no solo contribuye a la valorización de residuos, sino que también promueve una gestión más eficiente de los mismos, disminuyendo su acumulación en vertederos y su impacto ambiental.

El uso de residuos agroindustriales o sus subproductos contribuye al desarrollo de la bioenergía mediante la aplicación de hongos con potencial en procesos de biorremediación, gracias a su capacidad para crecer en diversos sustratos en base a **Ratuchne et al. (2023)**, cuyo enfoque representa una estrategia útil para la gestión ambiental. En particular, el hongo ostra *P. ostreatus* puede desarrollarse en materiales lignocelulósicos, lo que lo convierte en una herramienta valiosa para el manejo de residuos en base a **Mihai et al. (2022)**. Además, el hongo se destaca por su alto contenido de fibra dietética, lo que le añade un valor nutricional significativo.

1.1.1.2. Residuos lignocelulósicos en Ecuador

En Ecuador, se genera una gran cantidad de residuos lignocelulósicos en distintas provincias, lo que impacta negativamente en los ámbitos ambiental, social y económico **(Garc et al., 2022).** En particular, de centros de distribución alimentaria que producen grandes volúmenes de residuos sólidos que, en su mayoría, no son gestionados de manera adecuada y terminan siendo desechados, lo que contribuye a la

contaminación ambiental y al desperdicio de recursos valiosos **(Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2013).** La acumulación de estos desechos resulta en la emisión de gases de efecto invernadero, la generación de malos olores y la proliferación de plagas **(Chancafe, 2022)**. Por lo tanto, su aprovechamiento adecuado podría reducir la contaminación. **Fernando & Arunakumara (2021)** señala que los residuos no son aprovechados como subproductos en cadenas de producción, entre ellos se destaca frutas, paja, caña de azúcar, hojas de maíz, cascarillas de arroz y arveja, etc. Con ello el aumento de vertederos y la descomposición, propiciando el deterioro de la salud ambiental **(Chancafe, 2022)**. Sin embargo, el uso de estos desechos como sustrato para el cultivo de hongos representa una alternativa valiosa.

Considerando lo mencionado anteriormente, se plantea el uso de subproductos provenientes de centros de distribución alimentaria para la producción sostenible de hongo ostra blanco (*P. ostreatus*). Esta estrategia busca reducir el impacto ambiental asociado a la acumulación de desechos, que contribuye a la creación de vertederos, la contaminación y el aumento de plagas, promoviendo así una solución ecológica y económicamente viable.

1.1.2. Sustrato

1.1.2.1. Factores requeridos para sustrato

El sustrato juega un papel clave en el cultivo de *P. ostreatus*, ya que afecta el desarrollo del micelio, la producción de fructificaciones y la calidad del hongo **(Aditya et al., 2024).** Tradicionalmente, se emplean materiales como paja, bagazo de caña y aserrín, ricos en celulosa y lignina, que no solo proporcionan nutrientes esenciales, sino que también ayudan en la gestión de residuos orgánicos **(Guachamin et al., 2021).** La elección adecuada del sustrato es fundamental, ya que impacta tanto en la productividad como en el perfil nutricional del hongo cultivado. Factores como la humedad, el pH, la estructura del sustrato y su contenido de nutrientes son determinantes en el éxito del cultivo en base a **Yu et al. (2025).** Según **(Gebru et al., 2024)** la humedad debe mantenerse en niveles óptimos para favorecer la actividad del micelio, sin llegar a niveles que puedan promover la aparición de contaminantes. El pH ideal varía entre 5.5 y 7.5, lo que favorece el crecimiento de *P. ostreatus* y previene el desarrollo de microorganismos no deseados.

La estructura del sustrato también juega un papel importante, ya que debe permitir una adecuada aireación y circulación de oxígeno, lo que favorece el crecimiento micelial. Sustratos demasiado compactos pueden inhibir el desarrollo del micelio, mientras que los sustratos demasiado sueltos pueden no proporcionar suficiente soporte **(Thakur, 2020)**. En cuanto al contenido nutricional, se ha demostrado que la adición de suplementos, como nitrógeno, calcio y fósforo, puede mejorar significativamente la eficiencia del crecimiento micelial y acelerar la fructificación, incrementando tanto el rendimiento como la calidad del cultivo **(Doroški et al., 2025)**.

También se considera un factor importante la granulometría del sustrato, es decir, el tamaño de las partículas que lo componen. Donde menciona **Mixquititla-Casbis et al. (2022)** que las partículas demasiado grandes pueden dificultar la colonización del micelio, ya que impiden una adecuada distribución de la humedad. Por otro lado, las partículas demasiado finas pueden retener exceso de líquido, lo que favorece la aparición de moho. Por esta razón, se recomienda trabajar con un tamaño de partícula que permita un equilibrio entre retención de humedad y aireación adecuada**.** Es importante considerar que, una vez hidratado, el sustrato debe mantenerse en reposo durante un periodo previo a la siembra. Este tiempo de reposo favorece la homogeneización de la humedad y la activación de compuestos beneficiosos para el desarrollo del hongo **(Soto & Betancurt, 2022)**. Además, durante esta fase es fundamental controlar la temperatura del sustrato, la cual debe mantenerse por debajo de los 30 °C, ya que temperaturas más altas pueden dañar el micelio.

Un aspecto relevante para considerar es el contenido de minerales presentes en el sustrato, especialmente el equilibrio de elementos como zinc, hierro y manganeso. Estos minerales, aunque se encuentran en pequeñas cantidades, cumplen funciones clave, particularmente como cofactores enzimáticos, facilitando reacciones catalíticas esenciales para la degradación de compuestos como la lignina y la celulosa **(Al-Azad & Ping, 2022)**. La presencia o ausencia de estos micronutrientes puede influir de manera significativa en la velocidad de colonización del micelio y en la calidad de los cuerpos fructíferos obtenidos durante el cultivo.

La interacción de todos los factores mencionados anteriormente resulta fundamental para el desarrollo adecuado del hongo, ya que constituyen un conjunto de condiciones fisicoquímicas y microbiológicas que deben ser cuidadosamente controladas. Este control minucioso es esencial para lograr una óptima producción y desarrollo del hongo *P. ostreatus*. En los últimos años, ha aumentado el interés por utilizar residuos orgánicos como sustratos para *P. ostreatus* debido a su bajo costo y capacidad para descomponer materiales lignocelulósicos **(Ianni et al., 2021)**. Estos residuos, como cáscaras de arroz y restos de poda, son opciones ecológicas y económicas que contribuyen a la economía circular, transformando desechos en productos nutritivos **(Cifuentes et al., 2024)**.

1.1.2.2. Propagación

La propagación de *P. ostreatus* se realiza generalmente mediante esporas, aunque en cultivos controlados es más común y factible el uso de fragmentos de micelio en medios estériles. De acuerdo con **Silva et al. (2024)** el proceso puede ser optimizado mediante técnicas como la clonación de micelio en medios enriquecidos, lo que garantiza la pureza y calidad del cultivo. Además, se ha demostrado que la utilización de residuos orgánicos como sustratos para la propagación del hongo no solo favorece su crecimiento, sino que también contribuye a la gestión sostenible de estos desechos. Los residuos como paja, aserrín, cáscaras de arroz y otros materiales orgánicos pueden ser utilizados eficazmente, proporcionando un medio adecuado para el desarrollo del micelio y mejorando el rendimiento de la

producción **(Aditya et al., 2024).** La propagación exitosa de *P. ostreatus* depende de la esterilidad ambiental y la elección adecuada del sustrato, siendo los residuos orgánicos una opción ecológica y rentable. Los avances en biotecnología han mejorado la eficiencia de este proceso, reduciendo contaminantes y optimizando el uso de recursos naturales **(Gebru et al., 2024).**

Una de las fases críticas en el cultivo de *P. ostreatus* es la propagación del micelio**,** ya que de esta etapa depende en gran medida la uniformidad, el vigor y el rendimiento del cultivo en las fases posteriores. Entre las técnicas más utilizadas y con mayor eficiencia comprobada en condiciones de laboratorio, destaca el cultivo de micelio en grano**,** empleando comúnmente granos como trigo, sorgo o mijo, los cuales son previamente esterilizados **(Soto & Betancurt, 2022)**. Esta técnica permite obtener un inóculo activo, fácil de manejar y con una alta capacidad de colonización sobre los sustratos seleccionados, contribuyendo así a una producción más eficiente y controlada. Además, el uso de placas con extracto nutritivo, como el medio PDA (Papa-Dextrosa-Agar), será adoptado como modelo experimental, ya que permite la obtención de micelio a partir de fragmentos seleccionados **(Mata et al., 2020)**. Esta técnica facilita una evaluación visual del crecimiento, ayuda a prevenir contaminaciones y permite la conservación adecuada de la cepa.

Para optimizar el cultivo en zonas rurales y promover la sostenibilidad del proceso, se recurre a la transferencia directa del micelio, una técnica que consiste en inocular sustratos nuevos con cultivos previos **(El-Ramady et al., 2022)**. Este método, aunque más simple, permite mantener cierto grado de control en el proceso de propagación y puede adaptarse a contextos con recursos limitados.

1.1.3. Hongo

1.1.3.1. Descripción del hongo

El hongo ostra blanco, perteneciente al género *Pleurotus*, es ampliamente estudiado en micología debido a su capacidad para descomponer materia orgánica y sus beneficios nutricionales para la alimentación humana **(Raman et al., 2021)**. Este hongo basidiomiceto produce enzimas que desintegran eficientemente compuestos complejos como la lignina y la celulosa, lo cual lo convierte en un recurso valioso para el aprovechamiento de residuos agrícolas **(Dedousi et al., 2024).** Según la información de **Nieto et al. (2021)** *P. ostreatus* es un hongo macroscópico que presenta un sombrero carnoso con colores variables, láminas decurrentes y una base corta. Su desarrollo óptimo depende de condiciones específicas de humedad y temperatura, las cuales deben ser controladas cuidadosamente para asegurar una fructificación adecuada.

Una de las características principales del hongo *P. ostreatus*, destacada por **Hou et al. (2023)**, es su forma de crecimiento en racimos y su morfología en forma de abanico, además de presentar colores que varían entre blanco, gris perla y tonos azulados, los cuales dependen tanto de las condiciones ambientales como de la cepa específica. Este hongo es saprófito, lo que significa que se alimenta de

materia orgánica muerta, particularmente de residuos ricos en lignocelulosa **(Raman et al., 2021)**. Gracias a su suave sabor, es considerado uno de los hongos más apreciados en la gastronomía mundial. Biológicamente se destaca que *P. ostreatus* es su eficiente sistema enzimático para descomponer celulosa y lignina presentes en los residuos vegetales. Este hongo produce una serie de enzimas clave, como celulasa y ligninasa, que descomponen las paredes celulares de las plantas, facilitando la digestión de materiales que otros organismos no pueden aprovechar **(Blasi et al., 2023)**. Este proceso no solo optimiza la descomposición de residuos agrícolas, sino que también da lugar a una biomasa rica en proteínas y nutrientes, que puede ser utilizada no solo como alimento para seres humanos, sino también como forraje para animales, contribuyendo así a la sostenibilidad y aprovechamiento de los recursos.

Desde el punto de vista estructural, *P. ostreatus* posee un estípite corto, que en algunos casos puede estar ausente, láminas densas y delgadas, y un sombrero ondulado. Cabe resaltar que este hongo muestra una gran capacidad de adaptación a diferentes tipos de sustratos, lo que facilita su cultivo en diversas condiciones **(Elkanah et al., 2022)**. El crecimiento rápido del hongo durante su ciclo de vida, combinado con sus bajos requisitos de inversión, lo convierte en una opción viable para la agricultura sostenible y un componente clave en la economía circular. Además, presenta una gran diversidad de usos, entre los cuales destaca su valor nutricional y su capacidad para participar en procesos de biorremediación, ya que es capaz de descomponer contaminantes presentes en el ambiente **(Calderón, 2022)**. Es importante señalar que su aplicación en la agricultura también ha demostrado ser eficaz en la mejora de la calidad del suelo, ya que promueve la descomposición de la materia orgánica y aumenta la disponibilidad de nutrientes para otras plantas, favoreciendo así el desarrollo de cultivos y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas.

1.1.3.2. Origen y usos

El origen de *P. ostreatus* se encuentra en diversas regiones del mundo, especialmente en áreas con climas templados y tropicales. Tradicionalmente, este hongo ha sido utilizado tanto como alimento como medicina, pero en la actualidad su cultivo se ha expandido globalmente debido a sus valiosas propiedades nutricionales y medicinales **(Cifuentes et al., 2024)**, especialmente en bosques húmedos de Asia, Europa, América del Norte y del Sur. En estos entornos, este hongo crece principalmente sobre madera muerta o en descomposición, desempeñando un papel ecológico fundamental en la degradación de la materia orgánica lignocelulósica. La capacidad de *P. ostreatus* para colonizar diferentes tipos de residuos vegetales le ha permitido adaptarse a diversos ecosistemas, lo cual ha sido un factor clave para su domesticación y posterior incorporación en sistemas agrícolas **(Wang et al., 2024)**.

Históricamente, las comunidades rurales han recolectado este hongo directamente del bosque para su consumo doméstico, valorando no solo su sabor delicado y su textura agradable, sino también sus propiedades energéticas y restauradoras. En la actualidad, el cultivo de *P. ostreatus* se ha expandido de manera significativa debido a su facilidad de producción, ya que puede desarrollarse sobre sustratos de

bajo costo como paja de trigo, bagazo de caña, cáscara de arroz, hojas secas y residuos de poda, muchos de los cuales suelen ser desechados o incinerados, contribuyendo así a la contaminación ambiental **(Mihai et al., 2022)**.

Uno de los principales componentes del hongo *P. ostreatus***,** considerado comestible, son los carbohidratos, entre los que destacan los polisacáridos y la fibra dietética **(Hou et al., 2023)**. En particular, los polisacáridos presentes en este hongo cumplen diversas funciones beneficiosas para la salud, como la reducción de la presión arterial, la regulación del sistema inmunológico y la actividad antitumoral y antiviral, entre otros efectos que contribuyen a la prevención de diversas enfermedades **(Ianni et al., 2021)**. En el ámbito alimentario, *P. ostreatus* es altamente valorado debido a su perfil nutricional. Contiene una proporción significativa de proteínas (aproximadamente 20-30% en base seca), fibras dietéticas, vitaminas del complejo B, minerales esenciales como potasio, fósforo, hierro y zinc, así como compuestos antioxidantes que ayudan a proteger al organismo del estrés oxidativo **(Karim et al., 2020)**. Gracias a esta composición nutricional, su consumo ha ganado popularidad no solo entre vegetarianos y veganos, sino también en dietas orientadas a la prevención de enfermedades crónicas. Se le considera un alimento funcional, capaz de ofrecer beneficios para la salud que van más allá de su aporte calórico. *P. ostreatus* es utilizado en gastronomía para mejorar el valor nutricional de alimentos, y su capacidad para descomponer materiales lo convierte en un agente clave en procesos de biorremediación, ayudando a limpiar suelos y aguas contaminadas en base a **Raman et al. (2021)**. Las investigaciones han demostrado su gran potencial en la producción de biomateriales sostenibles, debido a su capacidad para formar estructuras resistentes a partir de materiales orgánicos, lo que permite su uso en la fabricación de productos biodegradables como empaques, materiales de construcción y textiles ecológicos **(Alaneme et al., 2023).**

Además de sus propiedades nutricionales, *P. ostreatus* tiene aplicaciones relevantes en la medicina y la biotecnología. Diversas investigaciones científicas han demostrado que este hongo produce metabolitos secundarios como polisacáridos, glucanos, terpenoides y compuestos fenólicos que presentan efectos inmunomodulador, antiviral, hipocolesterolémico e incluso antitumoral **(Agrawal et al., 2022)**. Estos compuestos están siendo investigados como ingredientes activos en el desarrollo de suplementos dietéticos y productos farmacéuticos. Un ejemplo destacado es el β-glucano extraído del micelio, el cual ha mostrado efectos positivos en la reducción de lípidos plasmáticos y en el fortalecimiento del sistema inmunológico, especialmente en personas con enfermedades autoinmunes y metabólicas **(Karim et al., 2020)**.

En el ámbito biotecnológico, uno de sus usos más recientes es la extracción de compuestos bioactivos que promueven beneficios para la salud humana, como antioxidantes, inmunomoduladores y agentes anticancerígenos **(Elhusseiny et al., 2021)**. Estos compuestos tienen aplicaciones en la fabricación de suplementos alimenticios y productos farmacéuticos, mejorando el bienestar general y fortaleciendo el

sistema inmunológico **(Al-Azad & Ping, 2022)**. También, *P. ostreatus* también ha demostrado ser eficaz en la biorremediación debido a su capacidad para producir enzimas ligninolíticas, como lacasas y peroxidasas. Estas enzimas le permiten descomponer contaminantes persistentes, tales como pesticidas, hidrocarburos derivados del petróleo, colorantes sintéticos y otros compuestos tóxicos **(Urbancikova et al., 2020)**. Este proceso biológico, que imita la descomposición natural que ocurre en los ecosistemas forestales, hace posible utilizar *P. ostreatus* en la rehabilitación de suelos y aguas contaminadas, constituyendo una alternativa ecológica frente a los métodos químicos tradicionales, que suelen ser costosos y agresivos para el medio ambiente **(Ianni et al., 2021)**.

En base a la economía, el cultivo de este hongo ha generado nuevas oportunidades para las comunidades rurales. En diversas regiones de África, Asia y América Latina, se han implementado programas educativos que promueven el cultivo artesanal de *P. ostreatus*, lo que no solo proporciona una fuente alternativa de alimento, sino también una oportunidad de ingresos. Este modelo de economía circular fomenta la generación de empleo, la reducción de la inseguridad alimentaria y el aprovechamiento de recursos locales, lo que contribuye al desarrollo de estas comunidades **(El-Ramady et al., 2022)**. Además, debido a que el hongo no requiere grandes extensiones de tierra ni condiciones tecnificadas, resulta adecuado para huertos urbanos, patios familiares, invernaderos caseros e incluso espacios reducidos dentro de viviendas.

Finalmente, un escenario innovador donde *P. ostreatus* se está investigando como una fuente para la creación de nuevos materiales sostenibles. El micelio del hongo puede ser moldeado en formas sólidas que, al secarse, se convierten en estructuras resistentes, ligeras y completamente biodegradables **(Tunuhe et al., 2022)**. Este tipo de biomaterial está transformando sectores como el embalaje, la construcción y la moda, dando lugar a productos como empaques compostables, aislantes térmicos, paneles arquitectónicos, cueros veganos y calzado ecológico. De esta manera, el hongo se presenta no solo como un alimento, sino también como un recurso multifuncional que tiene un impacto positivo en las industrias verdes del siglo XXI.

1.1.3.3. Clasificación Taxonómica

De acuerdo con estudios realizados por **Ofori et al. (2020)**, su taxonomía se presenta en la Tabla 1. Conocer la clasificación taxonómica precisa de *P. ostreatus* no solo es esencial para los estudios sobre su biología y ecología, sino que también tiene implicaciones prácticas en su cultivo y utilización en diversas aplicaciones **(Devi et al., 2024)**. Este conocimiento permite a los científicos y cultivadores entender las condiciones óptimas para su desarrollo, desde la elección de sustratos adecuados hasta la gestión de su crecimiento en sistemas agrícolas y en biotecnología.

Tabla 1

Clasificación taxonómica del hongo Pleurotus Ostreatus.

Grupo taxonómico	Clasificación
Reino	Fungi
División	Basidiomycota
Clase	Agaricomycetes
Orden	Agaricales
Familia	Pleurotaceae
Género	Pleurotus
Especie	Ostreatus

Nota: Obtenido de **(Deepalakshmi & Mirunalini, 2014).**

La familia *Pleurotaceae,* a la que pertenece *P. ostreatus*, agrupa a varios géneros de hongos que comparten características similares en su morfología y biología, siendo este género uno de los más relevantes tanto en estudios micológicos como en la industria alimentaria conforme con **Cateni et al. (2022)**. *Pleurotus* se destaca por la variedad de especies que produce, todas ellas conocidas por su capacidad de descomponer materiales orgánicos, como madera y residuos vegetales. Hay que considerar que la taxonomía también ayuda a diferenciar entre las diversas especies de *Pleurotus*, algunas de las cuales tienen propiedades medicinales, como la capacidad de fortalecer el sistema inmunológico o reducir los niveles de colesterol, lo que amplía su campo de aplicaciones en la medicina natural.

1.1.3.4. Valor nutricional

El hongo ostra es una fuente rica en proteínas, vitaminas, especialmente del complejo B y vitamina D, minerales esenciales como hierro y zinc, y fibra dietética **(Cruz, 2021)**. Su bajo contenido calórico y su perfil libre de colesterol lo convierten en una excelente opción dentro de dietas equilibradas y como alternativa en dietas vegetarianas **(Effiong et al., 2023)**. Además, **Silva et al. (2024)** menciona que los compuestos bioactivos presentes en este hongo, como los polisacáridos y los antioxidantes, han sido ampliamente investigados debido a sus propiedades beneficiosas para la salud humana, que incluyen efectos antitumorales, inmunomoduladores y reductores de lípidos **(Al-Azad & Ping, 2022)**. *P. ostreatus* es una fuente significativa de nutrientes esenciales, que incluyen proteínas, fibra, minerales y vitaminas, lo que lo convierte en un alimento funcional con numerosos beneficios para la salud humana. Su composición nutricional permite que este hongo pueda reemplazar o complementar otros alimentos dentro de la dieta, especialmente en contextos donde se buscan alternativas vegetales con un alto valor nutricional.

El hongo *P. ostreatus* destaca por su contenido proteico, el cual, comparado con otras fuentes vegetales, lo convierte en una excelente fuente de proteínas de alta calidad, con un rango de entre el 20 y el 30% de proteína en base seca, dependiendo de las condiciones de cultivo **(Karim et al., 2020)**. Las proteínas de este hongo contienen aminoácidos esenciales, como lisina, metionina y triptófano, que son fundamentales para el crecimiento y mantenimiento de los tejidos humanos **(Mkhize et al., 2022)**. Además, estas proteínas son fácilmente digeribles y se consideran comparables a las de origen animal, lo que hace que *P. ostreatus* sea una opción ideal para dietas vegetarianas y veganas, donde el consumo de proteínas animales es limitado o excluido **(Silva et al., 2024)**. El contenido proteico en base a **Cateni et al. (2022)** menciona que junto con la presencia de fibra, convierte a *P. ostreatus* en una excelente fuente para el desarrollo de productos alimenticios funcionales, los cuales pueden contribuir a mejorar la salud digestiva y muscular, además de ser beneficiosos en la prevención de enfermedades metabólicas como la obesidad y la diabetes tipo 2.

Además, contiene diversas vitaminas del complejo B, como niacina (B3), riboflavina (B2) y ácido fólico (B9), que desempeñan funciones esenciales en el metabolismo celular, la producción de energía y la formación de glóbulos rojos menciona **Urbancikova et al. (2020)**. Estas vitaminas son fundamentales para la salud cardiovascular, la función cognitiva y el bienestar general del organismo. Adicionalmente, *P. ostreatus* es una fuente natural de vitamina D, un nutriente clave para la absorción de calcio y fósforo en el cuerpo, lo que contribuye a la salud ósea y a la función inmunológica **(Raman et al., 2021)**.

La fibra soluble presente en *P. ostreatus* contribuye a la reducción de los niveles de colesterol en sangre, mientras que la fibra insoluble favorece la motilidad intestinal, previniendo el estreñimiento y promoviendo una digestión saludable. Esta fibra, junto con los polisacáridos como los beta-glucanos, no solo mejora la salud digestiva, sino que también modula la respuesta inmune y regula los niveles de glucosa en sangre, lo cual resulta beneficioso para personas con diabetes tipo **(Effiong et al., 2023)**. Además, *P. ostreatus* contiene compuestos antioxidantes como polifenoles, flavonoides y terpenoides, que protegen las células del daño oxidativo causado por los radicales libres **(Al-Azad & Ping, 2022)**. Estos antioxidantes tienen efectos positivos en la salud cardiovascular y la reducción de la inflamación, además de poseer propiedades anticancerígenas, lo cual ha sido respaldado por diversos estudios científicos. Por ejemplo, ciertos compuestos fenólicos presentes en *P. ostreatus* han mostrado potencial para inhibir el crecimiento de células tumorales y reducir la proliferación de tipos comunes de cáncer, como el cáncer de colon **(Elhusseiny et al., 2021)**.

El bajo contenido calórico de *P. ostreatus* lo convierte en una excelente opción para quienes siguen dietas de control de peso o desean reducir la ingesta calórica sin sacrificar nutrientes esenciales **(Mkhize et al., 2022)**. Además, al ser libre de colesterol, *P. ostreatus* es beneficioso para la salud cardiovascular, ayudando a mantener niveles saludables de lípidos en sangre. Esto resulta particularmente relevante en la prevención de enfermedades del corazón, que representan una de las principales causas de mortalidad

a nivel global. Los estudios sobre los efectos de *P. ostreatus* en la salud humana son amplios, y muchos han destacado su potencial en el tratamiento y prevención de diversas enfermedades crónicas. Los compuestos bioactivos, como los beta-glucanos, tienen propiedades inmunomoduladores, lo que significa que regulan y refuerzan el sistema inmune, mejorando la capacidad del organismo para defenderse de infecciones y enfermedades **(Al-Azad & Ping, 2022)**. En lo que respecta a la prevención del cáncer, se ha demostrado que los extractos de *P. ostreatus* inhiben el crecimiento de células cancerosas en diferentes tipos de cáncer, especialmente los gastrointestinales, lo que subraya el valor del hongo no solo como alimento, sino también como un tratamiento complementario potencial **(Urbancikova et al., 2020)**.

1.1.3.5. Condiciones necesarias para fructificación del hongo

La fructificación de *P. ostreatus* es un proceso altamente sensible que requiere condiciones ambientales controladas, tales como luz, temperatura, humedad y ventilación, para asegurar la formación exitosa de los cuerpos fructíferos y maximizar el rendimiento del cultivo **(Villani et al., 2025)**. Estas condiciones deben ser cuidadosamente reguladas para obtener un hongo de alta calidad tanto en términos de cantidad como de características nutricionales y organolépticas.

Uno de los factores clave en la fructificación de *P. ostreatus* es la calidad y cantidad de luz. A diferencia de otros hongos que requieren oscuridad para su desarrollo, *P. ostreatus* necesita una cantidad moderada de luz durante su fase de fructificación. La luz no solo regula el ciclo de fructificación, sino que también afecta la morfología de los cuerpos fructíferos, promoviendo la formación y el desarrollo adecuado de las setas **(Elkanah et al., 2022)**. No obstante, no es necesaria una exposición directa a la luz, ya que el exceso de luz puede inducir un crecimiento irregular. Por lo tanto, una fuente de luz tenue y difusa es ideal para asegurar un crecimiento homogéneo del hongo.

El rango óptimo de temperatura para la formación de los cuerpos fructíferos del hongo se encuentra entre 20 y 28 °C. Temperaturas fuera de este rango pueden inhibir la fructificación o alterar las características de los hongos, como su tamaño y forma. Además, la humedad juega un papel fundamental en este proceso **(Silva et al., 2024).** Para evitar la desecación de los cuerpos fructíferos y garantizar un desarrollo adecuado, la humedad relativa debe mantenerse alta, entre 80 y 90% en base a la información de **Nieto et al. (2021).** Niveles de humedad más bajos pueden causar estrés en el hongo y afectar negativamente su calidad y rendimiento. También, el suministro adecuado de oxígeno es otro factor crucial durante la fructificación, ya que requiere un ambiente bien ventilado con una baja concentración de dióxido de carbono (CO_2) para evitar la deformación de las estructuras del hongo **(Louzada et al., 2021)**. Altos niveles de CO_2 pueden afectar negativamente la calidad del hongo, resultando en cuerpos de fructificación pequeños y deformados **(Salifu et al., 2024).**

Un intercambio adecuado de gases es crucial para una fructificación exitosa de *P. ostreatus*. Durante su desarrollo, este hongo consume oxígeno y libera dióxido de carbono (CO_2), lo que implica que un

entorno cerrado con escasa circulación de aire no favorece la formación de cuerpos fructíferos de calidad **(Gebru et al., 2024)**. La acumulación de CO_2 puede inhibir el desarrollo de las setas, causando que estas sean pequeñas, malformadas o que su crecimiento se detenga por completo. Por lo tanto, es fundamental contar con un sistema de ventilación que permita una circulación constante de aire fresco y la eliminación eficiente del CO_2 para promover un desarrollo óptimo de los cuerpos fructíferos.

El control adecuado de condiciones como temperatura, humedad y ventilación es esencial para optimizar la productividad y garantizar cultivos de alta calidad en ambientes comerciales a gran escala **(Silva et al., 2024)**. Además, el uso de tecnologías de control automatizado, como sistemas de climatización y sensores de humedad y CO_2, ha facilitado la gestión de estas variables en cultivos industriales **(Salifu et al., 2024).**

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivos General

Evaluar el uso de residuos orgánicos de centros de distribución alimentaria como sustrato sostenible para la producción de hongo ostra blanco (*Pleurotus Ostreatus).*

1.2.2. Objetivos específicos

- Analizar las características fenotípicas de los residuos orgánicos para su prueba de idoneidad como sustrato en el cultivo de *Pleurotus ostreatus.*
- Adaptar los materiales recolectados de residuos orgánicos como alternativa de sustrato de *Pleurotus ostreatus.*
- Determinar el sustrato óptimo para la producción de *Pleurotus ostreatus.*

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

2.1. Materiales

En la tabla siguiente, se encuentran los reactivos, material fungible y equipos.

Tabla 2

*Lista de reactivos, material fungible y equipos***.**

Reactivos	
- Aserrín	- Hipoclorito de sodio
- Afrecho de trigo	- Bagazo de caña de azúcar
- Carbonato de calcio	- Bagazo de caña de maíz
- Agaragar	- Agua destilada
- Alcohol etílico	
Material fungible	
- Guantes de nitrilo	- Aluminio
- Gradillas	- Placas de plástico
- Papel absorbente	- Parafilm
- papel aluminio	- Masking tape
- Anillos de PVC	- Algodón
- Tela de algodón mixto	- Aspersores
- Ligas de 80:2	- Mascarillas
- Bolsas de rollo 10*16	
Equipos	
- Incubadora	- Balanza
- Refrigerador	- Cámara de flujo laminar
- Autoclave	

2.2. Métodos

2.2.1. Análisis de las características fenotípicas de los residuos orgánicos para su prueba de idoneidad como sustrato en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

2.2.1.1. Preparación de la muestra

La recolección del material lignocelulósico se llevó a cabo en el centro de distribución de alimentos Mercado Mayorista ubicado en la calle Tres Carabelas 830, asegurando que los residuos orgánicos fueran frescos y estuvieran libres de signos de descomposición o moho. Para evitar la contaminación cruzada los materiales fueron transportados en recipientes limpios y desinfectados. Posteriormente, se determinó el contenido de humedad de los residuos mediante el secado de una muestra representativa en una estufa hasta alcanzar un peso constante y posteriormente se calculó su porcentaje de humedad, utilizando la Ecuación 1.

$$Porcentaje\ de\ humedad = \frac{Peso\ humedo - peso\ seco}{Peso\ humedo} * 100 \qquad \text{(Ecuación 1)}$$

Para ser utilizado como sustrato, el residuo debe presentar un contenido de humedad entre el 50% y el 80% **(Akcay et al., 2023)**. Paralelamente, se midió el pH del material mediante la mezcla de 10 g del residuo seco con agua destilada, agitando alrededor de 30 minutos y dejando reposar por 10 minutos. La medición se realizó con un potenciómetro previamente calibrado, y los valores aceptables para el sustrato deben estar entre 5.0 y 7.0 para favorecer el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* **(Villani et al., 2025)**. Además, se realizó una prueba fenotípica donde se evaluará visualmente el color y la textura del material seco. Los residuos con tonos marrones claros a oscuros indicarán un mayor contenido de lignina y celulosa, mientras que la textura deberá ser fibrosa o semileñosa para facilitar la degradación por el hongo

2.2.1.2. Clasificación de material lignocelulósico para sustrato

Este proceso incluye su trituración y disecado, para la composición del carbono que poseen los materiales orgánicos se toma lo reportado por **Koutrotsios et al. (2014)**. Este paso permite clasificar los residuos según su aporte de nutrientes esenciales, como carbono y nitrógeno. Finalmente, los materiales clasificados se almacenaron en contenedores limpios y secos para evitar la contaminación cruzada durante el proceso.

2.2.2. Adaptación de los materiales recolectados de residuos orgánicos como alternativa de sustrato de *Pleurotus ostreatus*.

2.2.2.1. Preparación de materia prima para sustrato

Una vez clasificado el material orgánico, este se sometió a una preparación específica para garantizar su idoneidad como sustrato. En primer lugar, los residuos se cortaron en fragmentos de 1 a 5 cm, lo que facilitará su manejo, posteriormente se hidrató con agua potable hasta alcanzar un nivel de humedad

óptimo, que se verificó mediante el porcentaje de humedad, logrando un rango entre 60 % y 70 %. El siguiente paso consistió en ajustar el pH del sustrato considerando valores de 6 y 7 mediante la adición controlada de carbonato de calcio, optimizando las condiciones para el crecimiento del hongo. Finalmente, el material fue homogeneizado manualmente utilizando setas previamente esterilizadas, lo cual garantizó una distribución uniforme de los nutrientes y de la humedad, proporcionando un sustrato uniforme y listo para su esterilización. **(Elkanah et al., 2022).**

La esterilización de la materia prima fue un paso crucial para eliminar posibles patógenos y organismos competidores presentes en el sustrato. El proceso inició cuando el material se sometió a esterilización térmica, utilizando autoclave durante un lapso de 60 minutos, lo cual aseguró la erradicación de microorganismos perjudiciales, incluyendo esporas resistentes. Una vez finalizado el proceso, el sustrato esterilizado se dejó enfriar en un ambiente estéril hasta alcanzar temperatura ambiente, lo cual fue esencial para garantizar su inocuidad antes de proceder con la inoculación de los hongos. **(Roblero-Mejía et al., 2021).**

2.2.2.2. Elaboración del sustrato

Preparación del inóculo

Para preparar el grano que se utilizó como inóculo para los sustratos, primero se dividió el agar inoculado con el hongo en pedazos homogéneos, utilizando herramientas esterilizadas, luego, en bolsas de grano de trigo previamente esterilizadas, se introdujo un fragmento del agar con el hongo y se selló cuidadosamente, asegurando un pequeño espacio que permitió el intercambio de gases. Finalmente, estas bolsas se almacenaron en condiciones controladas, manteniéndose en completa oscuridad, a una temperatura entre 25 °C y 28 °C, y en un ambiente limpio y desinfectado. **(Krupodorova et al., 2024)**. Este proceso garantizó el adecuado crecimiento del micelio y, posteriormente, del hongo.

Inoculación en el sustrato

La inoculación del sustrato es un paso fundamental en la producción de *Pleurotus ostreatus*, ya que fue el proceso mediante el cual el micelio del hongo se introdujo en el sustrato preparado, iniciando su colonización. Para garantizar la inocuidad del proceso, este se llevó a cabo en condiciones estériles, minimizando el riesgo de contaminación por otros microorganismos. El micelio se distribuyó homogéneamente en el sustrato, utilizando una proporción recomendada de entre el 3 % y el 5 % del peso del sustrato. **(El-Ramady et al., 2022)**. Este proceso se realizó de manera manual para asegurar que el micelio tuviera un contacto adecuado con todo el sustrato. Después de la inoculación, el sustrato se almacenó en condiciones controladas, en un ambiente que favoreció la colonización del micelio, sin alteraciones que pudieran afectar su crecimiento.

Incubación del sustrato

Una vez inoculado el sustrato, se procedió a la etapa de incubación, que fue crucial para la completa colonización del sustrato por parte del micelio. Durante esta fase, el sustrato se mantuvo en un entorno con temperaturas controladas, entre 24 y 28 °C, y una humedad relativa alta, alrededor del 85–90 %. Este periodo de incubación se llevó a cabo en oscuridad para favorecer el crecimiento del micelio. Asimismo, se garantizó una ventilación adecuada para evitar la acumulación de dióxido de carbono (CO_2), lo que podría haber inhibido el crecimiento del micelio y afectado el rendimiento del cultivo. **(Krupodorova et al., 2024)**. La incubación continuó durante un periodo estimado de 10 a 15 días, al final del cual el sustrato estará completamente colonizado por el micelio, listo para pasar a la fase de fructificación.

2.2.2.3. Fructificación

Una vez que el micelio ha colonizado completamente el sustrato, se procedió a inducir la fructificación, lo cual fue un proceso esencial para la formación de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus*. Para inducir la fructificación, se cambiaron las condiciones ambientales, ajustando la temperatura y la humedad. La temperatura fue reducida a un rango de entre 16 y 18 °C, mientras que la humedad relativa se aumentó por encima del 90 %. Además, se proporcionó iluminación difusa, dado que *P. ostreatus* respondió a la luz para la formación de los primordios **(Schoder et al., 2024).** La ventilación también fue optimizada para evitar la acumulación de CO_2, lo que permitió el adecuado desarrollo de las setas. La fase de fructificación se extendió por un periodo de aproximadamente 7 a 10 días, tras el cual los cuerpos fructíferos estuvieron listos para la cosecha.

2.2.3. Determinación del sustrato óptimo para la producción de *P. ostreatus*.

Factores de estudio y toma de datos

M1: Aserrín, afrecho de trigo y carbonato de calcio

M2: Caña de maíz, afrecho de trigo y carbonato de calcio

M3: Caña de azúcar, afrecho de trigo y carbonato de calcio

Variable de respuesta: Fructificación del hongo (peso del hongo cosechado por cada 2000g de sustrato)

En el estudio se consideró el número de setas producidas y el peso de setas obtenidas por cada 2000 g de bolsa del sustrato, cuyos datos fueron sometidos a prueba de medias para determinar si existió diferencia de producción por parte de los diferentes sustratos inoculados con *P. ostreatus*.

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de resultados

3.1.1. Análisis de las características fenotípicas de los residuos orgánicos para su prueba de idoneidad como sustrato en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

Se recolectaron tres tipos de residuos orgánicos denominados lignocelulósicos, el aserrín, bagazo de maíz y bagazo de caña. Cada uno de ellos se recolecto bajo criterios de frescura, ausencia de moho y sin signos de descomposición, en los cuales se realizaron algunos análisis:

Tabla 3

Contenido de humedad y pH

Residuo	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	% Humedad	pH
Aserrín	110	40	63.64 %	5.5
Bagazo de maíz	150	45	70.00 %	6.4
Bagazo de caña	130	39	70.00 %	6.0

Nota. Muestras recolectadas consideradas como desechos orgánicos.

Uno de los parámetros críticos fue el contenido de humedad, ya que este influye directamente en la germinación de esporas, el crecimiento micelial y la formación de primordios. En este sentido, los tres residuos evaluados aserrín, bagazo de caña y bagazo de maíz presentaron porcentajes de humedad dentro del rango óptimo (50 %-80 %), con valores de 63.64 %, 70.00 % y 70.00 %, respectivamente. Estos resultados coinciden con lo reportado por **Akcay et al., (2023)**, quienes encontraron que materiales con contenidos de humedad entre 60 % y 75 % favorecen el crecimiento micelial y la eficiencia biológica en el cultivo de *P. ostreatus*.

Otro aspecto importante fue la evaluación del pH, ya que este afecta la disponibilidad de nutrientes y el desarrollo del microbiota asociado al sustrato. En este estudio, los residuos mostraron valores de pH entre 5.5 y 6.4, lo que se encuentra dentro del intervalo óptimo de 5.0 a 7.0 para el crecimiento del hongo **(Villani et al., 2025)**. El aserrín presentó un pH de 5.5, ligeramente más ácido, lo cual podría ser beneficioso en la etapa inicial de colonización micelial. Por otro lado, el bagazo de caña, con un pH de 6.4, se acercó más a la neutralidad, favoreciendo tanto la colonización como la fructificación. De manera similar, **(Ofori et al., 2020)** destaca que los residuos con pH cercano a 6.0 facilitaron una rápida colonización micelial y producción sostenida de cuerpos fructíferos.

Tabla 4

Evaluación de color y textura

Residuo	Color observado	Textura	Interpretación fenotípica
Aserrín	Marrón claro a medio	Fina, fibrosa y seca	Alta proporción de lignina y celulosa; buena aireación
Bagazo de caña	Marrón claro con fibras amarillas	Fibrosa, ligeramente húmeda	Buena porosidad y contenido lignocelulósico equilibrado
Bagazo de maíz	Marrón oscuro con restos de granos	Fibrosa-granular	Rico en celulosa; textura semileñosa favorece la colonización

La evaluación visual del color y textura aportó información relevante sobre la composición estructural de los residuos. El aserrín, de color marrón claro y textura fibrosa fina, sugirió un alto contenido de lignina y celulosa, necesarios para la acción enzimática de *P. ostreatus*. No obstante, su tamaño de partícula fino podría reducir la porosidad, dificultando la aireación. Esto concuerda con lo indicado por **Suárez et al. (2024)**quién reportaron que residuos como el bagazo de caña, al tener mayor porosidad y textura fibrosa, permiten una mejor aireación y expansión del micelio. En este estudio, el bagazo de caña mostró precisamente estas características, junto con un color marrón claro y fibras visibles, lo que facilitó su manipulación como sustrato. El bagazo de maíz, con un color marrón oscuro y textura fibrosa-granular, presentaba restos visibles de granos, lo que sugiere una mayor cantidad de carbohidratos fermentables, útiles para acelerar el crecimiento micelial, pero que también pueden incrementar el riesgo de contaminación si no se realiza una adecuada higienización **Vásquez (2022)**.

Tabla 5

Clasificación de residuos en base a su relación carbono/nitrógeno.

Residuo	Relación C/N estimada	Clasificación
Aserrín	100:1	Muy alto en carbono; requiere mezcla con material nitrogenado
Bagazo de caña	50:1	Rico en carbono, pero más equilibrado que el aserrín
Bagazo de maíz	35:1	C/N balanceada; potencial como sustrato base

Nota: Obtenido de **(Koutrotsios et al., 2014).**

En cuanto a la relación carbono/nitrógeno (C/N), el aserrín tiene una relación estimada de 100:1, reflejando una deficiencia de nitrógeno que podría ralentizar el crecimiento del micelio si no se

complementa con una fuente proteica. El bagazo de caña, con una relación de 50:1, tiene un mejor equilibrio, aunque todavía por encima del rango óptimo de 20:1 a 40:1, según lo indicado por **Koutrotsios et al., (2014)**. En cambio, el bagazo de maíz tiene una relación más equilibrada (35:1), que se aproxima al intervalo óptimo para el cultivo de hongos, lo que lo convierte en una muy buena opción para complementar otros residuos con menor contenido de nitrógeno. Estudios como el de **Akcay et al., (2023)** también señalan que relaciones C/N cercanas a 30:1 favorecen no solo el desarrollo micelial, sino también el rendimiento en la producción de cuerpos fructíferos.

Los residuos evaluados presentan características fenotípicas favorables para su uso como sustratos, tanto de manera individual como en mezclas complementarias. La combinación del aserrín, como fuente rica en lignina, con el bagazo de maíz, que posee una relación C/N más equilibrada, y el bagazo de caña, que mejora la porosidad y mantiene la humedad, constituye una estrategia viable para desarrollar sustratos sostenibles y de bajo costo en la producción de *P. ostreatus*. Además, la utilización de estos residuos contribuye a la valorización de subproductos agroindustriales, promoviendo un enfoque más sustentable en la gestión de residuos orgánicos **(Villani et al., 2025)**.

3.1.2. Adaptación de los materiales recolectados de residuos orgánicos como alternativa de sustrato de *Pleurotus ostreatus.*

Tras la recolección su respectiva clasificación y preparación del material orgánico se compuso el sustrato donde se obtuvo una mezcla homogénea, con fragmentos de 1 a 5 cm, al igual manteniendo su humedad de sustrato en un rango de 60% y 70% mediante el método gravimétrico. En la tabla que está a continuación se muestra las condiciones en las cuales se mantiene el sustrato tanto la humedad controlada, tanto la humedad de un rango del 60 al 70% permiten el paso del desarrollo micelial, siendo este un crecimiento homogéneo, este coincide con **Wiesnerová et al., (2023)** cuales recalcan que al tener una humedad de entre 65 y 75% ayuda a el crecimiento del micelio, además también se menciona en Saputera et al., (2020) que la humedad impacta significativamente en el peso y desarrollo de los cuerpos fructíferos. A diferencia del ph los valores obtenidos en la Tabla 6 fueron gracias al carbonato de calcio ya que se demuestra en la investigación de **Hernández et al., (2003)** que el rango óptimo para el crecimiento de micelio es de 6.0 a 7.0 en su fase de incubación y fructificación, cabe recalcar que se evidencia que en la fase de incubación no existió microorganismos contaminantes, lo cual permite confirmar la efectividad del proceso de higienización de preparación del micelio y sustrato.

Tabla 6

Contenido de humedad del sustrato.

Sustrato	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)	pH
Aserrín, carbonato de calcio y afrecho de trigo.	145	44	69.65 %	6.5
Bagazo de maíz, carbonato de calcio y afrecho de trigo.	150	45	70.00 %	6.7
Bagazo de caña, carbonato de calcio y afrecho de trigo.	143	42	70.00 %	6.6

Nota: Compuestos de sustrato, evaluados mediante el método gravimétrico. Suspensión 1:1 de sustrato y agua destilada. Suspensión 1:1 de sustrato y agua destilada.

Po otra parte, la inoculación en bolsas de trigo se realizó con fragmentos de agar cuales mostraron una colonización apropiada de entre 6 a 9 días con una temperatura de 28 °C, cuando se realizó la inoculación del sustrato se empleó un 4% de inóculo respecto con el peso del sustrato es decir de 2000 gramos de sustrato se inoculó 80 g de agar, gracias a **Magaña & Shimizu, (2025)**, coincide los protocolos de cultivo de *P. ostreatus* donde se evalúa las tasas de inoculó de 3, 4, 5 y 6 % donde se menciona que el 5% presenta una colonización temprana y buen rendimiento, pero se demostró que a mayor porcentaje de inóculo acelera la colonización pero reduce el tiempo de aparición de primordios. Las bolsas inoculadas mostraron una colonización total en el sustrato entre los días 12 y 15, demostrando que son existía contaminación ni zonas de colonización desigual.

Finalmente, se indujo a la fructificación donde se realizó el cambio de condiciones ambientales, se reduce la temperatura a 16 °C entre 18 °C y su humedad relativa mayor a 90%, donde se observó los primeros primordios en los primero 4 días, La formación completa de los cuerpos fructíferos fue entre los días 8 y 10, donde se demostró un gramaje de 250 en la primera cosecha por 2000 g de sustrato de aserrín mientras que el de bagazo de caña fue de 215 g en un lapso de 12 días y de bagazo de maíz de 200 g alrededor de los 15 días, esto varía por su composición, la fructificación fue exitosa por las condiciones controladas de ventilación e iluminación cuales brindan un resultado de carpóforos bien formados. Sin embargo, **Tesfaw et al. (2015)** reporta que a temperatura de 15-16 °C y humedad relativa de 95 % se formaron los cuerpos fructíferos de 7 a 14 días, cual evidencia que temperaturas más bajas los cuerpos fructíferos se destacan por su calidad. **(Gebru et al., 2024)** recalca que las cosechas controladas su fructificación estándar es de 13-22 días del inicio de fructificación, entonces la cosecha obtenida en el rango de 8- 10 días del aserrín fue exitosa, mientras la del bagazo de caña y bagazo de maíz se reportan dentro de una cosecha estándar. También, presenta que los cultivos de 17-30 días entran en la categoría de cultivos con menor control ambiental, es decir que las cosechas realizadas fueron dentro del rango exitoso.

3.1.3. Determinación del sustrato óptimo para la producción de *Pleurotus ostreatus.*

Se realizaron 3 réplicas por sustrato, donde se evaluó el promedio en base al peso del cuerpo fructífero como se muestra a continuación:

Tabla 7

Promedio y rendimiento de cosecha por cada 2000 g de sustrato.

Sustrato	Peso de los cuerpos fructíferos (g)	Rendimiento (g/kg)
Aserrín, carbonato de calcio y afrecho de trigo.	241.0 ± 7.9	120.5 ± 3.9
Bagazo de maíz, carbonato de calcio y afrecho de trigo.	208.3 ± 7.6	104.1 ± 3.8
Bagazo de caña, carbonato de calcio y afrecho de trigo.	204.3 ± 9.2	102.1 ± 4.6

Nota. Valores correspondientes al promedio de tres replicas por tratamiento (Anexo A).

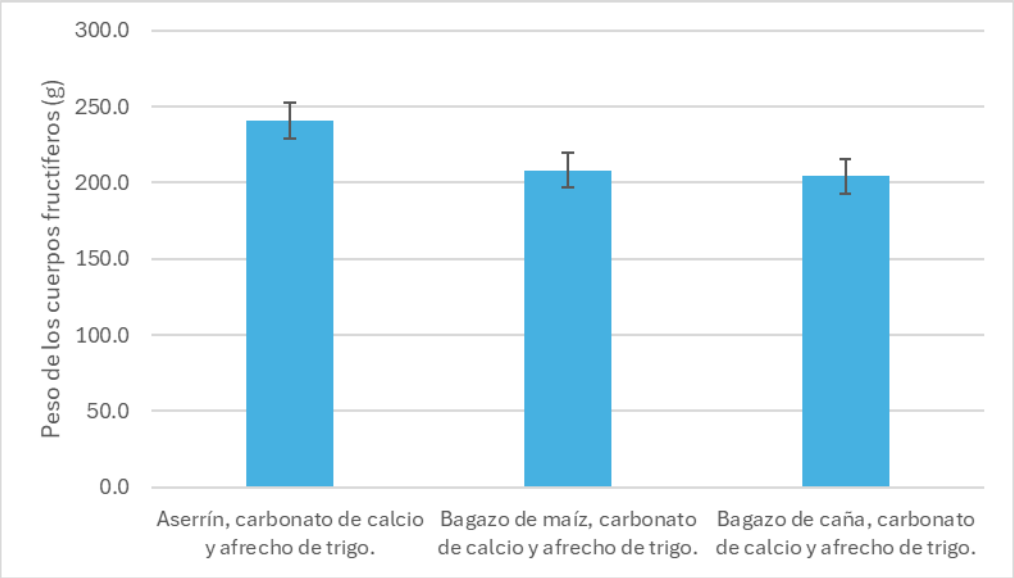
Los resultados muestran que el sustrato con aserrín, carbonato de calcio y afrecho de trigo alcanzó el mayor rendimiento promedio (241 g en 2 kg; ≈120.5 g/kg) y desviación estándar intermedia (±7.9 g), lo que indica alta eficiencia y consistencia. Comparativamente, el bagazo de maíz y de caña produjeron menores rendimientos (≈204 g y ≈208 g respectivamente) y presentaron mayor variabilidad entre réplicas (±7.6 g y ±9.2 g). Estos hallazgos concuerdan con **Maheswari et al., (2020)** quienes reportaron un rendimiento de 266 g y una eficiencia biológica del 86 % usando sustratos enriquecidos con serrín y bagazo , apoyando que el aserrín es un sustrato altamente productivo cuando se suplementa adecuadamente. Los resultados de cosecha de *P. ostreatus* cultivado en diferentes sustratos son datos que reflejan una tendencia clara, es decir, que el sustrato a base de aserrín favorece una mayor biomasa fúngica, posiblemente por su estructura más porosa, su capacidad de retención de humedad, y su mayor estabilidad física durante la colonización y fructificación del micelio.

Además, al observar la desviación estándar, se nota que el tratamiento con bagazo de caña presentó el valor más alto (±9.29 g), lo cual indica mayor variabilidad entre réplicas y, por ende, menor consistencia en la respuesta del cultivo. Por lo tanto, **Ahmad et al. (2020)** encontró una eficiencia biológica del 56.3 % en sustrato de aserrín simple, y solo entre 44–45 % cuando se usó bagazo de caña en base a **(Kumar et al., 2018)** respalda tus resultados en los que el bagazo de caña obtuvo menor rendimiento Por el contrario, el tratamiento con aserrín mostró una desviación estándar más baja (±7.94 g), lo que sugiere una mayor uniformidad en la producción de cuerpos fructíferos. Esta diferencia en la variabilidad también se visualiza en la Figura 1, donde las barras de error del tratamiento con aserrín son estrechas en comparación con las de los otros sustratos. Esto respalda que, además de generar un mayor rendimiento, el uso de aserrín como base en el sustrato ofrece mayor predictibilidad en la

producción, lo cual es deseable en contextos productivos o comerciales. Además, otros estudios sobre sustratos alternativos, como los realizados con paja de arroz y hojas de caña, han alcanzado rendimientos de hasta 500–830 g/kg con eficiencias biológicas del 82 % **(Hasan et al., 2015)**. Demostrando que, si se optimizan adecuadamente, los residuos agrícolas también pueden ser competitivos. En conjunto, los resultados confirman que el aserrín, especialmente cuando se combina con suplementos, proporciona un equilibrio excelente entre rendimiento, consistencia y viabilidad económica para el cultivo de *P. ostreatus.*

Figura 1

Comparación del peso promedio de cuerpos fructíferos de P. ostreatus cultivados en diferentes sustratos.



CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- El uso de residuos orgánicos como sustrato para *P. ostreatus* constituye una estrategia sostenible y eficaz, alcanzando un rendimiento máximo de 120,5 g de cuerpo fructífero por kilogramo de sustrato (241 g en 2 kg) con la mezcla de aserrín, afrecho de trigo y carbonato de calcio. La desviación estándar de ±7,9 g confirma la productividad y reproducibilidad del proceso en condiciones controladas

- Los residuos orgánicos evaluados (aserrín, bagazo de maíz y bagazo de caña) presentaron características fenotípicas y fisicoquímicas adecuadas para su uso como sustrato. Los mismos mostraron contenidos de humedad óptimos (63,6 %, 70,0 % y 70,0 % respectivamente) y pH adecuados (5,5–6,4), dentro de los rangos requeridos para *P. ostreatus* (50–80 % de humedad y pH 5,0–7,0). El análisis visual revelo una textura fibrosa, color uniforme y ausencia de contaminantes visibles y de manera bibliográfica relaciones C/N entre 35:1 y 100:1.

- La preparación y acondicionamiento de los residuos (fragmentación a 1–5 cm, hidratación al 60–70 %, ajuste de pH a 6,5–6,7 y esterilización por autoclave) permitió obtener un sustrato libre de contaminantes y con colonización completa en 12–15 días. La mezcla homogénea mostró una colonización micelial uniforme sin presencia de organismos competidores, validando la efectividad del protocolo de adaptación

- Entre las tres formulaciones ensayadas, el sustrato compuesto por aserrín, afrecho de trigo y carbonato de calcio resultó el más eficiente, con un promedio de 241 g de cuerpos fructíferos por 2 kg de sustrato (120,5 g/kg) y la menor variabilidad (±7,9 g), superando al bagazo de maíz (208,3 g; ±7,6 g) y al bagazo de caña (204,3 g; ±9,2 g), lo que confirma su idoneidad para maximizar la producción de *P. ostreatus.*

4.2. Recomendaciones

- Explorar diferentes combinaciones de residuos orgánicos y sustratos adicionales que brinden mayor sostenibilidad y su uso.

- Promover a la investigación de hongos benéficos y su cultivo a base de residuos orgánicos locales como sustratos.

MATERIALES DE REFERENCIA

Aditya, R. S., Jarial, K., & Bhatia, J. N. (2024). Comprehensive review on oyster mushroom species (Agaricomycetes): Morphology, nutrition, cultivation and future aspects. *Heliyon*, *10*(5), e26539. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26539

Agrawal, D., Chourasia, A., Ganeshpurkar, A., Shrivastava, A., & Dubey, N. (2022). In vitro α-amylase and α-glucosidase inhibitory potential of Pleurotus ostreatus cv. Florida extract. *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics*, *59*(10), 1016–1019. https://doi.org/10.56042/ijbb.v59i10.29484

Ahmad, F., Muhammad, K. H., Mohd, M. S., & Isha, R. (2020). Growth and yield of Pleurotus ostreatus using sugarcane bagasse as an alternative substrate in Malaysia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *736*(2). https://doi.org/10.1088/1757-899X/736/2/022021

Akcay, C., Ceylan, F., & Arslan, R. (2023). Production of oyster mushroom (Pleurotus ostreatus) from some waste lignocellulosic materials and FTIR characterization of structural changes. *Scientific Reports*, *13*(1), 1–13. https://doi.org/10.1038/s41598-023-40200-x

Al-Azad, S., & Ping, V. C. A. (2022). Antioxidant Properties and Antimicrobial Activity in the Extracts of Two Edible Mushroom, <i>Pleurotus sajor caju</i> and <i>Schizophyllum commune</i> *Advances in Bioscience and Biotechnology*, *13*(09), 352–361. https://doi.org/10.4236/abb.2022.139023

Alaneme, K. K., Anaele, J. U., Oke, T. M., Kareem, S. A., Adediran, M., Ajibuwa, O. A., & Anabaranze, Y. O. (2023). Mycelium based composites: A review of their bio-fabrication procedures, material properties and potential for green building and construction applications. *Alexandria Engineering Journal*, *83*(January), 234–250. https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.10.012

Blasi, A., Verardi, A., Lopresto, C. G., Siciliano, S., & Sangiorgio, P. (2023). Lignocellulosic Agricultural Waste Valorization to Obtain Valuable Products: An Overview. *Recycling*, *8*(4), 1–46. https://doi.org/10.3390/recycling8040061

Calderón, L. (2022). Análisis de las aplicaciones de Pleurotus ostreatus como alternativa en la biorremediación de residuos mineros. *Universidad Autónoma Del Estado de Morelos*, 1–82.

Castaño, J. D., Muñoz-Muñoz, N., Kim, Y. M., Liu, J., Yang, L., & Schilling, J. S. (2022). Metabolomics Highlights Different Life History Strategies of White and Brown Rot Wood-Degrading Fungi. *MSphere*, *7*(6). https://doi.org/10.1128/msphere.00545-22

Cateni, F., Gargano, M. L., Procida, G., Venturella, G., Cirlincione, F., & Ferraro, V. (2022). Mycochemicals in wild and cultivated mushrooms: nutrition and health. In *Phytochemistry Reviews* (Vol. 21, Issue 2). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/s11101-021-09748-2

Chancafe, J. G. (2022). Análisis medioambiental del manejo de residuos sólidos de los mercados abiertos en Perú, una revisión narrativa. *Revista de Ciencias*.

Cifuentes, C. A., Mora Uvidia, J. A., Navarrete Mera, J. F., & Cartuche Macas, L. F. (2024). Tesoros etnomicológicos: historia y patrimonio cultural de los hongos comestibles en el mundo con énfasis en el Ecuador. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, *11*(1), 69–81. https://doi.org/10.26423/rctu.v11i1.756

Cruz, D. (2021). Producción y valor proteico de Pleurotus ostreatus en la región sur de Ecuador : Valor proteico de Pleurotus ostreatus. *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*, *12*(2), 34–43. https://doi.org/10.18272/aci.v12i2.1806

Dedousi, M., Melanouri, E. M., Karayannis, D., Kaminarides, E. I., & Diamantopoulou, P. (2024). Utilization of spent substrates and waste products of mushroom cultivation to produce new crops of Pleurotus ostreatus, Pleurotus eryngii and Agaricus bisporus. *Carbon Resources Conversion*, *7*(2), 100196. https://doi.org/10.1016/j.crcon.2023.08.001

Deepalakshmi, K., & Mirunalini, S. (2014). Pleurotus ostreatus : an oyster mushroom with nutritional and medicinal properties. *J Biochem Tech*, *5*(2), 718–726.

Devi, P. V., Islam, J., Narzary, P., Sharma, D., & Sultana, F. (2024). Bioactive compounds, nutraceutical values and its application in food product development of oyster mushroom. *Journal of Future Foods*, *4*(4), 335–342. https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2023.11.005

Doroški, A., Klaus, A., Vunduk, J., Cvetković, S., Nikolić, B., Rabrenović, B., Tomasevic, I., & Djekic, I. (2025). Pleurotus ostreatus cultivation for more sustainable soybean and sunflower seed waste management. *Scientia Horticulturae*, *339*. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113866

Effiong, M. E., Umeokwochi, C. P., Afolabi, I. S., & Chinedu, S. N. (2023). Assessing the nutritional quality of Pleurotus ostreatus (oyster mushroom). *Frontiers in Nutrition*, *10*(January), 1–13. https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1279208

El-Ramady, H., Abdalla, N., Fawzy, Z., Badgar, K., Llanaj, X., Törős, G., Hajdú, P., Eid, Y., & Prokisch, J. (2022). Green Biotechnology of Oyster Mushroom (Pleurotus ostreatus L.): A Sustainable Strategy for Myco-Remediation and Bio-Fermentation. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(6). https://doi.org/10.3390/su14063667

Elhusseiny, S. M., El-Mahdy, T. S., Awad, M. F., Elleboudy, N. S., Farag, M. M. S., Yassein, M. A., & Aboshanab, K. M. (2021). Proteome analysis and in vitro antiviral, anticancer and antioxidant capacities of the aqueous extracts of lentinula edodes and pleurotus ostreatus edible mushrooms. *Molecules*, *26*(15). https://doi.org/10.3390/molecules26154623

Elkanah, F. A., Oke, M. A., & Adebayo, E. A. (2022). Substrate composition effect on the nutritional quality of Pleurotus ostreatus (MK751847) fruiting body. *Heliyon*, *8*(11), e11841. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11841

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2013). Food wastage footprint. In *Fao*.

Fernando, K. M. C., & Arunakumara, K. K. I. U. (2021). Sustainable organic waste management and nutrients replenishment in the soil by vermicompost: A review. *AGRIEAST: Journal of Agricultural Sciences*, *15*(2), 32. https://doi.org/10.4038/agrieast.v15i2.105

Garc, V. G., Garc, V. G., Zootecnista, V., Agropecuarias, C., Naturales, R., Veterinaria, M., & Universitario, C. (2022). Potencialidades de la ovinocultura y los hongos comestibles (Pleurotus spp .) en la seguridad alimentaria y el desarrollo rural Virginia Guadalupe García Rubio (Issue June).

Gebru, H., Belete, T., & Faye, G. (2024). Growth and Yield Performance of Pleurotus ostreatus Cultivated on Agricultural Residues. *Mycobiology*, *52*(6), 388–397. https://doi.org/10.1080/12298093.2024.2399353

Guachamin, M., Sebastian, E., Montalvo, F., & Xavier, R. (2021). Evaluación técnica y determinación de costos de un fructificador a pequeña escala de Pleurotus ostreatus como potencial emprendimiento en Quito, Ecuador.

Hasan, M. T., M. H. A. Khatun, Sajib, M. A. M., Rahman, M. M., Rahman, M. S., Roy, M., Miah, M. N., & Ahmed, K. U. (2015). Effect of Wheat Bran Supplement with Sugarcane Bagasse on Growth , Yield and Proximate Composition of Pink Oyster Mushroom (Pleurotus djamor) Effect of Wheat Bran Supplement with Sugarcane Bagasse on Growth , Yield and Proximate Composition of Pink Oyst. *American Journal of Food Science and Technology*, *3*(May), 150–157. https://doi.org/10.12691/ajfst-3-6-2

Hernández, D., Sánchez, J. E., & Yamasaki, K. (2003). A simple procedure for preparing substrate for Pleurotus ostreatus cultivation. *Bioresource Technology*, *90*(2), 145–150. https://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00118-4

Hou, L., Yan, K., Dong, S., Guo, L., Liu, J., Wang, S., Chang, M., & Meng, J. (2023). Transcriptome Analysis Revealed That Hydrogen Peroxide-Regulated Oxidative Phosphorylation Plays an Important

Role in the Formation of Pleurotus ostreatus Cap Color. *Journal of Fungi*, *9*(8). https://doi.org/10.3390/jof9080823

Ianni, F., Blasi, F., Angelini, P., Di Simone, S. C., Flores, G. A., Cossignani, L., & Venanzoni, R. (2021). Extraction optimization by experimental design of bioactives from pleurotus ostreatus and evaluation of antioxidant and antimicrobial activities. *Processes*, *9*(5). https://doi.org/10.3390/pr9050743

Karim, M. R., Rahman, M. F., Rahman, M. R., Tamannaa, Z., Ghose, D. K., Islam, M. N., Hossain, M. T., Islam, R., & Rahman, M. A. (2020). Hypoglycemic and antidyslipidemic potential of pleurotusostreatus in streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Advanced Biotechnology and Experimental Therapeutics*, *3*(1), 49–55. https://doi.org/10.5455/jabet.2020.d106

Koutrotsios, G., Mountzouris, K. C., Chatzipavlidis, I., & Zervakis, G. I. (2014). Bioconversion of lignocellulosic residues by Agrocybe cylindracea and Pleurotus ostreatus mushroom fungi-Assessment of their effect on the final product and spent substrate properties. *Food Chemistry*, *161*, 127–135. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.121

Krupodorova, T., Barshteyn, V., Tsygankova, V., Sevindik, M., & Blume, Y. (2024). Strain-specific features of Pleurotus ostreatus growth in vitro and some of its biological activities. *BMC Biotechnology*, *24*(1), 1–14. https://doi.org/10.1186/s12896-024-00834-9

Kumar, P., Rani, N., Lal, H. C., Kumar, K., & Yadav, M. K. S. S. L. (2018). Evaluation of Different Substrate for Growth Performance , Yield and Nutritional Value of Oyster Mushroom (Pleurotus sojar-caju). 7, 2540–2544.

Louzada, T., Huertas Tavares, O. C., de Abreu Lopes, S., Elias, S. S., Louro Berbara, R. L., & García, A. C. (2021). Environmental implications of the organic matter structure for white-rot fungus Pleurotus eryngii growth in a tropical climate. *Fungal Biology*, *125*(11), 845–859. https://doi.org/10.1016/j.funbio.2021.05.006

Magaña, J. A., & Shimizu, N. (2025). Digital Analysis of Mycelium Growth and Mycelium Density In Vitro of Pleurotus ostreatus with Submerged Fermentation as Substrate Treatment. *Mycobiology*, *53*(2), 214–224. https://doi.org/10.1080/12298093.2025.2460291

Maheswari, S., Rajarajan, P., Malaiyarasa Pandian, P., Sheeba, E., & Bayineni, V. K. (2020). Influence of different substrates on growth and yield of Pleurotus ostreatus. *Journal of Applied Horticulture*, *22*(3), 215–219. https://doi.org/10.37855/jah.2020.v22i03.38

Mata, G., Gaitán, R., & Salmones, D. (2020). El cultivo del shiitake: tecnología einnovación en la producción de un alimento y medicina ancestral.

Mihai, R. A., Melo Heras, E. J., Florescu, L. I., & Catana, R. D. (2022). The Edible Gray Oyster Fungi Pleurotus ostreatus (Jacq. ex Fr.) P. Kumm a Potent Waste Consumer, a Biofriendly Species with Antioxidant Activity Depending on the Growth Substrate. *Journal of Fungi*, *8*(3). https://doi.org/10.3390/jof8030274

Mixquititla-Casbis, G., Villegas-Torres, Ó. G., Andrade-Rodríguez, M., & Sotelo-Nava, H. (2022). Propiedades físicas y químicas de sustratos en función de su granulometría y componente orgánico-mineral. *Acta Agrícola y Pecuaria*, *8*(1). https://doi.org/10.30973/aap/2022.8.0081007

Mkhize, S. S., Cedric Simelane, M. B., Mongalo, I. N., & Pooe, O. J. (2022). The Effect of Supplementing Mushroom Growing Substrates on the Bioactive Compounds, Antimicrobial Activity, and Antioxidant Activity of Pleurotus ostreatus. *Biochemistry Research International*, *2022*. https://doi.org/10.1155/2022/9436614

Nieto, J. I., Cuzcano Ruiz, A. D., & Reyes lópez, W. A. (2021). Evaluación del cultivo del hongo pleurotus ostreatus y de su composición nutricional en borra de café. *Tecnia*, *31*(2), 27–32. https://doi.org/10.21754/tecnia.v21i2.1026

Ofori, D. A., Anjarwalla, P., Mwaura, L., Jamnadass, R., Stevenson, P. C., Smith, P., Koch, W., Kukula-Koch, W., Marzec, Z., Kasperek, E., Wyszogrodzka-Koma, L., Szwerc, W., Asakawa, Y., Moradi, S., Barati, A., Khayyat, S. A., Roselin, L. S., Jaafar, F. M., Osman, C. P., … Slaton, N. (2020). Predicting the binding mode of flexible polypeptides to proteins is an important task that falls outside the domain of applicability of most small molecule and protein. *Molecules*, *2*(1), 1–12.

Raman, J., Jang, K. Y., Oh, Y. L., Oh, M., Im, J. H., Lakshmanan, H., & Sabaratnam, V. (2021). Cultivation and Nutritional Value of Prominent Pleurotus Spp.: An Overview. *Mycobiology*, *49*(1), 1–14. https://doi.org/10.1080/12298093.2020.1835142

Ratuchne, A., Lonardoni, E. A., Bueno, C. E., Reis, G. F., Rezende, M. I., Urbano, A., Biz, G., de Almeida, R. S. C., & Panagio, L. A. (2023). Pleurotus ostreatus and a novel fungal composite: Development and bioremediation of plastic wastes. *Resources, Conservation and Recycling Advances*, *19*(June). https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2023.200167

Roblero-Mejía, D. O., Aguilar-Marcelino, L., & Sánchez, J. E. (2021). Efecto de la variación del sustrato en la productividad de dos cepas de Pleurotus spp. *Scientia Fungorum*, *52*(October 2020), e1377. https://doi.org/10.33885/sf.2021.52.1377

Ruiz, W. C., Cano, B. C., & Jiménez, C. I. (2024). Apreciación de residuos orgánicos agrícolas como sustrato para el cultivo del hongo comestible Pleurotus pulmonarius Appreciation of agricultural organic wastes as substrate for the cultivation of the edible mushroom Pleurotus pulmonarias. 1, 81–90. https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v26n1.111029

Salifu, E., Di Rauso Simeone, G., Russo, G., Rao, M. A., Urciuoli, G., & El Mountassir, G. (2024). Influence of environmental conditions on the growth of Pleurotus ostreatus in sand. *Biogeotechnics*, *3*(2), 100137. https://doi.org/10.1016/j.bgtech.2024.100137

Saputera, A., Sofyan, A., Saputra, R. A., & Sari, N. (2020). Effect of Watering Frequency on The Growth and Yield of Oyster Mushrooms (Pleurotus ostreatus). *AGROSAINSTEK: Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pertanian*, *4*(2), 155–160. https://doi.org/10.33019/agrosainstek.v4i2.91

Schoder, K. A., Krümpel, J., Müller, J., & Lemmer, A. (2024). Effects of Environmental and Nutritional Conditions on Mycelium Growth of Three Basidiomycota. *Mycobiology*, *52*(2), 124–134. https://doi.org/10.1080/12298093.2024.2341492

Silva, M., Ramos, A. C., Lidon, F. J., Reboredo, F. H., & Gonçalves, E. M. (2024). Pre- and Postharvest Strategies for Pleurotus ostreatus Mushroom in a Circular Economy Approach. *Foods*, *13*(10). https://doi.org/10.3390/foods13101464

Soto, F., & Betancurt, A. (2022). Evaluación de metodologías para determinar las características físicas de un sustrato de fibra. *Agronomía Costarricense*, *46*(2), 29–45. https://doi.org/10.15517/rac.v46i2.52044

Suárez, R., Macias González, A. A., Cardona Soberao, Y. R., Diaz Sánchez, J., & Pérez Sánchez, A. (2024). Evaluation of several inoculums for the cultivation of edible mushrooms Pleurotusspp. *AgroScience Research*, *2*(1), 7–19. https://doi.org/10.17268/agrosci.2024.001

Tesfaw, A., Tadesse, A., & Kiros, G. (2015). Optimization of oyster (Pleurotus ostreatus) mushroom cultivation using locally available substrates and materials in Debre Berhan, Ethiopia. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*, *3*(01), 15–20. https://doi.org/10.7324/jabb.2015.3103

Thakur, M. P. (2020). Advances in mushroom production: key to food, nutritional and employment security: A review. *Indian Phytopathology*, *73*(3), 377–395. https://doi.org/10.1007/s42360-020-00244-9

Tunuhe, A., Liu, P., Ullah, M., Sun, S., Xie, H., Ma, F., Yu, H., Zhou, Y., & Xie, S. (2022). Fungal-Modified Lignin-Enhanced Physicochemical Properties of Collagen-Based Composite Films. *Journal of Fungi*, *8*(12). https://doi.org/10.3390/jof8121303

Urbancikova, I., Hudackova, D., Majtan, J., Rennerova, Z., Banovcin, P., & Jesenak, M. (2020). Efficacy of Pleuran (β-Glucan from Pleurotus ostreatus) in the Management of Herpes Simplex Virus Type 1 Infection. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, *2020*. https://doi.org/10.1155/2020/8562309

Vásquez, D. I. (2022). Producción de hongos gourmet (pleurotus ostreatus jacq.) mediante el aprovechamiento residuos lignocelulósicos en la Granja Experimental La Pradera. March 2022. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15193.90729

Villani, A., Fanelli, F., Mulè, G., Moretti, A., & Loi, M. (2025). Shedding light on Pleurotus: An update on taxonomy, properties, and photobiology. *Microbiological Research*, *295*(January). https://doi.org/10.1016/j.micres.2025.128110

Wang, D., Zhang, M., Wan, J., Liu, H., Wang, Y., Yang, R., Wu, Y., Bao, D., Chen, H., Zou, G., & Zhao, Y. (2024). Enhancing Digestibility and Intestinal Peptide Release of Pleurotus eryngii Protein: An Enzymatic Approach. *Journal of Fungi*, *10*(12). https://doi.org/10.3390/jof10120890

Wiesnerová, L., Hřebečková, T., Jablonský, I., & Koudela, M. (2023). Effect of different water contents in the substrate on cultivation of Pleurotus ostreatus Jacq. P. Kumm. *Folia Horticulturae*, *35*(1), 25–31. https://doi.org/10.2478/fhort-2023-0002

Yu, S., Zhou, T., Hu, W., Hui, F., Ren, Y., Cen, Q., Liu, M., Tie, H., & Zeng, X. (2025). Isolation and purification of Pleurotus ostreatus polysaccharides by corn distiller dried grains cultivation: Structural characterization and study the protective capacity against cells. *Industrial Crops and Products*, *227*(February). https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.120797

ANEXOS

Anexo A

Resultados de cosecha por cada 2000 g de sustrato.

Sustrato	Réplica	Peso de cuerpos fructíferos (g)	Rendimiento (g/kg)
Aserrín, carbonato de calcio y afrecho de trigo.	1	250	125
	2	235	117.5
	3	238	119
Bagazo de maíz, carbonato de calcio y afrecho de trigo.	1	200	100
	2	215	107.5
	3	210	105
Bagazo de caña, carbonato de calcio y afrecho de trigo.	1	215	107.5
	2	198	99
	3	200	100

Nota. El rendimiento se calculó dividiendo el peso de los cuerpos fructíferos frescos entre el peso del sustrato utilizado (2 Kg).