

UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA SELVA CENTRAL JUAN SANTOS ATAHUALPA



FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Evaluación de la producción del *Pleurotus ostreatus* en residuos agrícolas como alternativa de valorización agroecológica en el distrito de Pichanaqui, 2024”

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

AUTORAS

Sally Mahely Camayo Valdez

Clendy Rosa Quispe Cabezas

ASESOR

PhD. Alex Huaman de la Cruz

Chanchamayo, Perú

2026

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento al fundo Orión de la familia Quispe Cabezas, ubicado en el centro poblado Colonia Huanca, por permitirnos el acceso a sus terrenos agrícolas y facilitar la recolección de las muestras necesarias para el desarrollo de la presente investigación.

Extendemos nuestra gratitud a la Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa por brindarnos un entorno formativo enriquecedor, así como el acceso a los laboratorios y equipos que hicieron posible la ejecución del presente estudio.

A nuestro asesor, PhD. Alex Huamán de la Cruz, le expresamos nuestro sincero reconocimiento por su orientación, paciencia y acompañamiento durante cada etapa del proceso de elaboración de la tesis.

A los distinguidos miembros del jurado de tesis, Mg. Mayvi Deysi Usuchagua Cornelio, Dr. Daniel Alvarez Tolentino y Dr. Víctor Soto Aquino, les agradecemos por sus valiosos aportes, observaciones y sugerencias, las cuales contribuyeron a fortalecer la calidad académica de la investigación.

Extendemos nuestro agradecimiento a todos los docentes quienes son fuente de inspiración y contribuyeron notablemente en nuestro crecimiento tanto personal como profesional. De igual manera, agradecemos a nuestras mejores amigas Sheyla y Saraid, y a todos nuestros amigos, por su apoyo incondicional, su aliento y su compañía en este proceso lleno de desafíos.

Un agradecimiento especial a Bach. Hitoshi Aso, por su orientación y por compartir su amplia experiencia en el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*, aportes que fueron valiosos para el desarrollo del presente estudio.

Finalmente, nos agradecemos a nosotras mismas por el empeño, la perseverancia y la decisión de no rendirnos, por seguir intentándolo una y otra vez aun cuando sentimos deseos de desistir, este trabajo es reflejo de nuestro esfuerzo tanto personal como colectivo.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, por guiarme y sostenerme durante este camino; a mis abuelos Clariza, Silvano, María y Genaro, agricultores que, con esfuerzo y sabiduría, sembraron en nuestra familia la convicción de que la educación puede transformar vidas. A mis padres Carmen Valdez y Roman Camayo, quienes continuaron ese legado al culminar sus estudios técnicos y sostuvieron cada paso de mi formación profesional. Asimismo, dedico este logro a mis queridas mascotas Shagui, Loki, Blanca, Thor, Julieta y Zeus, cuya compañía hizo más llevadera las largas jornadas de estudio y convirtió muchas noches difíciles en momentos de calma.

Sally Mahely Camayo Valdez

Dedico esta tesis a Dios, por darme fuerza y sabiduría; a mis padres, César Quispe y Ana Cabezas, por creer siempre en mí y por cada consejo, sacrificio y apoyo que me acompañó a lo largo de este camino. A mis tíos Bertha Quispe y Marco Tinoco, por apoyarme y motivarme durante este proceso, impulsándome a continuar hasta alcanzar esta meta. A mi hermana, Diana Quispe, por sus consejos y su apoyo durante mi etapa universitaria. Asimismo, a mi querida Winny, quien siempre me brindó alegría y compañía cuando más lo necesitaba.

Clendy Rosa Quispe Cabezas

RESUMEN

El presente estudio evaluó la producción de *Pleurotus ostreatus* en residuos agrícolas como alternativa de valorización agroecológica en el distrito de Pichanaqui. Se emplearon tres residuos agrícolas predominantes en la zona: cáscara de vaina de cacao (CVC), pulpa de café (PC) y paja de maíz (PM), con los que se prepararon 11 formulaciones de sustrato en distintas proporciones. Se aplicó un diseño completamente al azar con 33 unidades experimentales y se analizaron la eficiencia biológica (EB), el rendimiento (R), la tasa de producción (TP) y la concentración de proteínas en los cuerpos fructíferos. Los resultados expresados como valores promedios por formulación, evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. La F01 (100 % CVC) presentó los mayores valores de EB (52.30 %) y concentración de proteínas (24.60 g/100 g), además de valores intermedios de TP (1.10 %/día) y R (14.57 %). La F06 (40 % CVC + 60 % PM) alcanzó el mayor R (16.65 %), con TP (1.03 %/día) y EB (48.30 %), aunque registró la menor concentración proteica (16.40 g/100 g). La F05 mostró la mayor TP (1.21 %/día) y una EB elevada (51.50 %), pero menores valores de R (13.87 %) y proteínas (17.40 g/100 g). En general, las formulaciones con CVC y PM mostraron mejor desempeño productivo mientras que las combinaciones con PC y PM solo fueron favorables cuando la proporción de PC fue baja. Se concluye que la producción de *Pleurotus ostreatus* utilizando CVC, PC y PM constituye una alternativa viable para valorización los residuos agrícolas locales y obtener un alimento con alto valor nutricional.

Palabras claves: Residuos agrícolas, *Pleurotus ostreatus*, cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the production of *Pleurotus ostreatus* on agricultural residues as an agroecological valorization alternative in the district of Pichanaqui. Three agricultural residues predominant in the area were selected: cocoa pod husk (CPH), coffee pulp (CP), and corn stover (CS), from which 11 substrate combinations were formulated in different proportions. A completely randomized design was used, with 33 experimental units. In each formulation, biological efficiency (BE), yield (Y), production rate (PR), and protein concentration in the fruiting bodies were analyzed. The results showed that F01 (100% CPH) presented the highest BE (52.30%) and protein concentration (24.60 g/100 g), together with intermediate values of PR (1.10%/day) and Y (14.57%). F06 (40% CPH + 60% CS) reached the highest Y (16.65%), in addition to a PR of 1.03%/day and a BE of 48.30%, although it recorded the lowest protein concentration (16.40 g/100 g). F05 showed the highest PR (1.21%/day) and a high BE (51.50%), but lower values of Y (13.87%) and protein concentration (17.40 g/100 g). In general, formulations containing CPH and CS showed better productive performance, whereas combinations of CP and CS were only favorable when the proportion of CP was low. It is concluded that the production of *Pleurotus ostreatus* using CPH, CP, and CS constitutes a viable agroecological valorization alternative in the district of Pichanaqui, as it allows the use of local agricultural residues to obtain a food product with high nutritional value.

Keywords: agricultural residues, *Pleurotus ostreatus*, cacao pod husk, coffee pulp, corn straw.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	II
DEDICATORIA.....	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT.....	V
INTRODUCCIÓN.....	XIII
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1 Fundamentación del problema.....	15
1.2 Formulación del problema.....	16
1.2.1 Problema general.....	16
1.2.2 Problemas específicos.....	16
1.3 Objetivos.....	17
1.3.1 Objetivo general.....	17
1.3.2 Objetivos específicos.....	17
1.4 Definición y operacionalización de variables.....	17
1.5 Hipótesis.....	20
1.6 Justificación.....	20
1.6.1. Justificación Ambiental.....	20
1.6.2. Justificación social.....	20
1.6.3. Justificación económica.....	21
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	22
2.1 Antecedentes.....	22
2.1.1 Internacionales.....	22
2.1.2 Nacionales.....	25
2.1.3 Locales.....	28
2.2 Bases teóricas.....	28
2.2.1. Residuos sólidos.....	28
2.2.2. Residuos agrícolas.....	29
2.2.3. Economía circular.....	30
2.2.4. Agroecología.....	30
2.2.5. <i>Coffea arabica</i>	31
2.2.5.1 Cultivo del Café.....	31
2.2.5.2 Procesamiento del Café.....	31

2.2.5.3	Procesamiento Húmedo del Café.....	31
2.2.5.4	Pulpa de Café (PC).....	32
2.2.6.	<i>Theobroma cacao</i> L.....	33
2.2.6.1	Cultivo del Cacao.....	33
2.2.6.2	Procesamiento del Cacao.....	34
2.2.6.3	Cáscara de Vaina de Cacao (CVC).....	34
2.2.7.	<i>Zea mays</i>	35
2.2.7.1	Cultivo del Maíz.....	35
2.2.7.2	Planta de Maíz (Morocho).....	35
2.2.7.3	Procesamiento del maíz.....	36
2.2.7.4	Paja de maíz (PM).....	37
2.2.8.	<i>Pleurotus ostreatus</i>	37
2.2.8.1	Taxonomía de <i>Pleurotus ostreatus</i>	37
2.2.8.2	Morfología.....	38
2.2.8.3	Fisiología de <i>Pleurotus ostreatus</i>	39
2.2.8.4	Componentes Minerales del Hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	40
2.2.8.5	Propiedades de <i>Pleurotus ostreatus</i>	40
2.2.8.6	Producción de <i>Pleurotus ostreatus</i>	43
CAPÍTULO III METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....		48
3.1	Ámbito de estudio.....	48
3.2	Nivel, tipo y diseño de investigación.....	49
3.3	Población y muestra.....	52
3.4.1	Procedimientos.....	53
3.4.1.1	Selección de los Residuos Agrícolas.....	53
3.4.1.2	Construcción del Área de Experimentación.....	53
3.4.1.3	Obtención del Inóculo (Semilla de <i>Pleurotus ostreatus</i>).....	53
3.4.1.4	Preparación del Sustrato.....	54
3.4.1.5	Inoculación de <i>Pleurotus ostreatus</i>	56
3.4.1.6	Incubación.....	56
3.4.1.7	Inducción.....	56
3.4.1.8	Fructificación.....	57
3.4.1.9	Cosecha.....	57
3.4.2	Técnicas e instrumentos.....	57
3.4	Análisis de datos.....	60

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	62
4.1 Presentación de resultados y discusión.....	62
4.2 Prueba de hipótesis	84
CONCLUSIONES.....	86
RECOMENDACIONES	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
ANEXOS	104
Anexo 1. Matriz de consistencia	104
Anexo 2. Datos obtenidos.....	107
Anexo 3. Análisis de Laboratorio.....	109
Anexo 6. Panel Fotográfico	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Diagrama de flujo del procesamiento húmedo del café y sus residuos.	32
Figura 2	Identificación de los subproductos del café en la anatomía de la cereza del café. ..	33
Figura 3	Producción de granos de cacao y generación de biomasa residual.	34
Figura 4	Identificación de los subproductos del cacao en la anatomía del fruto del cacao.	35
Figura 5	Diagrama de flujo del procesamiento del maíz.	36
Figura 6	Partes principales del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	39
Figura 7	Mapa de ubicación del área de cultivo y laboratorio en el distrito de Pichanaqui.	48
Figura 8	Distribución aleatoria de las 33 unidades experimentales.	50
Figura 9	Flujograma del diseño metodológico de la investigación.	52
Figura 10	Promedio de la masa de <i>Pleurotus ostreatus</i> según la composición de las formulaciones de sustrato ordenadas de mayor a menor.	64
Figura 11	Eficiencia biológica de <i>Pleurotus ostreatus</i> según la composición de las formulaciones de sustrato ordenadas de mayor a menor media.	70
Figura 12	Rendimiento de <i>Pleurotus ostreatus</i> según la composición de las formulaciones de sustrato ordenadas de mayor a menor media.	75
Figura 13	Tasa de Producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> según la composición de las formulaciones de sustrato ordenadas de mayor a menor media.	80
Figura 14	Concentración de proteínas en los cuerpos fructíferos de <i>Pleurotus ostreatus</i> ordenadas de mayor a menor media.	82
Figura 15	Recolección de los residuos agrícolas en el Centro Poblado Colonia Huanca	122
Figura 16	Inóculo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	122
Figura 17	Preparación de los residuos agrícolas utilizados como sustrato para el cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	123

Figura 18 Mezcla y empaquetado de las formulaciones de sustrato para el cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	123
Figura 19 Proceso de esterilización de las formulaciones para el cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	124
Figura 20 Inoculación de <i>Pleurotus ostreatus</i> en las formulaciones.....	124
Figura 21 Área de incubación y desarrollo del micelio en las formulaciones de sustrato de <i>Pleurotus ostreatus</i>	125
Figura 22 Área de inducción y manejo de las formulaciones de sustrato para la fructificación de <i>Pleurotus ostreatus</i>	126
Figura 23 Etapas de fructificación de <i>Pleurotus ostreatus</i> en las formulaciones.....	126
Figura 24 Cosecha de los cuerpos fructíferos de <i>Pleurotus ostreatus</i>	127
Figura 25 Conservación de los cuerpos fructíferos mediante deshidratación y empaquetado al vacío	128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	18
Tabla 2 Taxonomía de <i>Pleurotus ostreatus</i>	37
Tabla 3 Componentes minerales de <i>Pleurotus ostreatus</i>	41
Tabla 4 Formulación de medios de cultivos	44
Tabla 5 Parámetros de incubación de <i>Pleurotus ostreatus</i>	46
Tabla 6 Formulación del sustrato en % p/p base seca	51
Tabla 7 Detalles de las formulaciones de los residuos agrícolas en estudio	55
Tabla 8 Técnicas e instrumentos usados en la recolección de datos	58
Tabla 9 Métodos para la caracterización química de los residuos agrícolas y determinación de la concentración de proteína en los cuerpos fructíferos	60
Tabla 10 Caracterización química de los residuos agrícolas cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz.....	63
Tabla 11 Estadísticos descriptivos de la Eficiencia Biológica por tratamiento.....	65
Tabla 12 Prueba de normalidad de la Eficiencia Biológica.....	66
Tabla 13 Prueba de igualdad de Levene de la Eficiencia Biológica.....	66
Tabla 14 Análisis de varianza (ANOVA) de la Eficiencia Biológica (%) de <i>Pleurotus ostreatus</i>	67
Tabla 15 Prueba de Tukey de la Eficiencia biológica	68
Tabla 16 Estadísticos descriptivos del Rendimiento por tratamiento.....	71
Tabla 17 Prueba de normalidad del Rendimiento	71
Tabla 18 Prueba de igualdad de Levene del Rendimiento	72
Tabla 19 Análisis de varianza (ANOVA) del rendimiento (%) de <i>Pleurotus ostreatus</i> según formulación de sustrato.	72
Tabla 20 Prueba Tukey de Rendimiento	73

Tabla 21 Estadísticos descriptivos de la Tasa de Producción por tratamiento	76
Tabla 22 Prueba de normalidad de la Tasa de Producción	77
Tabla 23 Prueba de igualdad de Levene de la Tasa de Producción.....	77
Tabla 24 Análisis de varianza (ANOVA) de la Tasa de Producción (%) de <i>Pleurotus ostreatus</i> según formulación de sustrato	78
Tabla 25 Prueba Tukey de Tasa de Producción.....	78
Tabla 26 Parámetros productivos y nutricionales de las formulaciones para el cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	84

INTRODUCCIÓN

Las Naciones Unidas proyectan que para el año 2050 la población mundial podría crecer hasta 9.700 millones (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2022). Asimismo, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2018) afirma que alimentar una población de 9.100 millones de personas requeriría aumentar la producción total de alimentos en un 70 % entre 2005 y 2050. El sector agrícola al satisfacer la demanda de alimentos genera anualmente 1 300 millones de toneladas de residuos agrícolas y se estima que esta cifra se incremente por el crecimiento de la población (Muhammad et al., 2021).

Los residuos agrícolas son desechos que se generan después de la cosecha como hojas, tallos, vainas de semillas; así como durante el procesamiento del cultivo, como las cáscaras, bagazos, paja, pulpa, rastrojo y raíces (Zafar, 2021). Estos residuos se acumulan o se queman indiscriminadamente, causando la contaminación del suelo y aire, asimismo son vertidos a fuentes de agua alterando el ecosistema acuático (Hosam, 2021).

Para reducir el impacto ambiental generado por los residuos agrícolas, se han desarrollado diversas alternativas de tratamiento y valorización, como el vermicompost, compostaje, biocombustibles, biogás, digestión anaeróbica y producción de hongos (Chávez & Rodríguez, 2016; K. Díaz et al., 2019; Myers, 2020; Solé & Flotats, 2016). Actualmente, el cultivo de hongos es un tratamiento rentable, ecológico y eficiente. Entre ellos, el hongo comestible *Pleurotus ostreatus* destaca por su producción sencilla, de bajo costo, comercializable y su capacidad para aprovechar compuestos como celulosa y lignina, los cuales están presentes en los residuos agrícolas (K. Díaz et al., 2019; Villanueva & Gutierrez, 2019).

Diversos autores han evaluado el desarrollo y producción de *Pleurotus ostreatus* en diferentes sustratos, por ejemplo Díaz et al. (2019) cultivaron *Pleurotus ostreatus* en residuos lignocelulósicos y demostraron que el sustrato de coronta de maíz, obtuvo uno de los mayores porcentajes de eficiencia biológica y rendimiento con 12.10 % y 0.65 % respectivamente. Por su parte Ortiz et al. (2020) determinaron que la producción de *Pleurotus ostreatus* constituye alternativa de biorremediación de los residuos del cacao, debido a que la cáscara presenta componentes como la lignina y celulosa, con valores de 45.23 ± 0.184 y 30.70 ± 0.753 , respectivamente. Mendoza et al. (2019) demostraron que la adición de suplementos orgánicos al tratamiento puede mejorar la producción del hongo.

En el distrito de Pichanaqui, la principal actividad económica es la agricultura (García, 2019), destacando los cultivos perennes, cacao y café; así como cultivos transitorios como el maíz amarillo duro. De estos cultivos, solo se llega a aprovechar el 50 %, 5.5 %, y 10 %, respectivamente (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2018; Nieto et al., 2019; Pérez et al., 2020), por tanto el porcentaje restante corresponde a los residuos agrícolas que en su mayoría no son tratados o valorizados (Romero et al., 2018). Ante esta situación, el objetivo de la presente investigación es evaluar en qué medida la producción de *Pleurotus ostreatus* utilizando residuos agrícolas (cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz) constituye una alternativa de valorización agroecológica en el distrito de Pichanaqui.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Fundamentación del problema

En el 2020, a nivel mundial se generaron alrededor de 2.4 billones de toneladas de residuos sólidos municipales (RSM) y se estima que de mantenerse la tendencia actual, esta cifra aumentará hasta alcanzar 3.8 billones de toneladas para el 2050 (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 2023). Los RSM son generados principalmente por los hogares y su gestión es responsabilidad de los gobiernos locales; sin embargo, al menos un 33 % no recibe una gestión adecuada (Kaza et al., 2018). Además, representan solo una parte del problema, debido a que cada año también se generan grandes volúmenes de residuos no municipales, procedentes de los sectores de construcción, industria, agricultura y servicios de salud, sobre los cuales la información acerca de su generación y gestión sigue siendo limitada (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2024).

El sector agrícola produce anualmente más de 5 mil millones de toneladas de residuos agrícolas en todo el mundo y en muchos países estos se queman en el mismo campo para preparar rápidamente el terreno para el siguiente cultivo (Shinde et al., 2022). En el Perú, la actividad agrícola aporta alrededor de 7.3 % del PBI, es fuente de empleo para más de 4.7 millones de personas y produce más de 37 millones de toneladas de productos agrícolas; sin embargo, los residuos derivados de esta producción tienen escasas aplicaciones por lo que son quemados o simplemente acumulados (Assureira & Assureira, 2022). La quema a campo abierto de una tonelada métrica de residuos agrícolas puede liberar aproximadamente 1400 kg de dióxido de carbono, 58 kg de monóxido de carbono, 11 kg de partículas, 1.2 kg de dióxido de azufre y 4.9 kg de óxidos de nitrógeno (Divyabharathi et al., 2024).

Según los resultados de la Encuesta Nacional Agropecuaria 2022, en la selva peruana el principal cultivo transitorio cosechado por los agricultores es el maíz amarillo duro representado en un 49 %. En el caso de cultivos permanentes, el café ocupa el segundo lugar con 45.4 %, seguido por el cacao con 30.3 %. Asimismo, la encuesta señala que en la selva solo 18.8 % de los productores realiza una gestión adecuada de los residuos de sus cultivos, lo que evidencia una brecha importante en el manejo de residuos agrícolas (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI] & Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2023). En el distrito de Pichanaqui, el cultivo más representativo es el café con el 74 % del total de la superficie del territorio, seguido del naranjo con 6.4 %, plátano con 4.9 %, el cacao con 1.8 %, el

el achiote con 1.5 % y el vergel frutícola con 1.3 %, además de otros productos con menor superficie cultivada (Municipalidad Distrital de Pichanaqui, 2018).

En síntesis, la elección de la paja de maíz, la pulpa de café y la cáscara de vaina de cacao se sustenta en la representatividad de los cultivos de maíz, café y cacao en la selva peruana y en su disponibilidad en el distrito de Pichanaqui, especialmente en el caso del café y el cacao, que forman parte importante de la actividad agrícola local (MIDAGRI & INEI, 2023; Municipalidad de Pichanaqui, 2018). Asimismo, estos residuos presentan naturaleza lignocelulósica, debido a su contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina, componentes que pueden ser aprovechados por *Pleurotus ostreatus* por su capacidad para degradar este tipo de matriz vegetal (Kamdem et al., 2025). Sin embargo, pese a su disponibilidad y potencial de aprovechamiento, estos residuos aún no reciben una valorización adecuada en el contexto local. Por ello, surge la necesidad de evaluar en qué medida la producción de *Pleurotus ostreatus* utilizando estos residuos agrícolas constituye una alternativa de valorización agroecológica en el distrito de Pichanaqui.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿En qué medida la producción de *Pleurotus ostreatus* utilizando residuos agrícolas (cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz) constituye una alternativa de valorización agroecológica en el distrito de Pichanaqui?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuáles son las propiedades químicas (contenido de carbono, nitrógeno, relación C/N) de los residuos agrícolas pulpa de café, cáscara de vaina de cacao y paja de maíz utilizados como sustratos en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*?
- ¿Cuál es la eficiencia biológica, el rendimiento y la tasa de producción alcanzados por *Pleurotus ostreatus* cultivado en diferentes formulaciones de sustratos elaborados a partir de residuos agrícolas (cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz) en el distrito de Pichanaqui?
- ¿Qué concentración de proteínas presentan los carpóforos de *Pleurotus ostreatus* cultivados en distintas formulaciones de sustrato a base de residuos (cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz)?

- ¿Cuáles son las formulaciones de sustrato más eficientes para implementar el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* como alternativa de valorización agroecológica en el distrito de Pichanaqui?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar en qué medida la producción de *Pleurotus ostreatus* utilizando residuos agrícolas (cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz) constituye una alternativa de valorización agroecológica en el distrito de Pichanaqui.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar las propiedades químicas (carbono, nitrógeno, relación C/N) de los residuos agrícolas (cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz) utilizados en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*.
- Cuantificar la eficiencia biológica, el rendimiento y la tasa de producción de *Pleurotus ostreatus* cultivado en distintas formulaciones de sustratos elaborados a partir de residuos agrícolas (cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz) en el distrito de Pichanaqui.
- Determinar la concentración de proteínas en los cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* en función de las formulaciones de sustrato elaboradas a partir de residuos agrícolas (cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz).
- Comparar las formulaciones de sustrato más eficientes para implementar el cultivo de *Pleurotus ostreatus* como una alternativa de valorización agroecológica en el distrito de Pichanaqui.

1.4 Definición y operacionalización de variables

Se presenta la operacionalización de variables en la Tabla 1

Tabla 1*Operacionalización de variables*

	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Independiente	Formulación de sustrato a base a los residuos agrícolas	Los residuos agrícolas son el resultado de las actividades agrícolas y es una de las principales causas de contaminación de las aguas subterráneas, superficiales y del suelo (Blázquez, 2003; Gyaawah et al., 2022).	Formulaciones (Ver Tabla 6)	Proporción de CVC (%) Proporción de PC (%) Proporción de PM (%)	% (p/p) base seca
Dependiente	Propiedades químicas de los residuos agrícolas CVC, PC y PM.	Las propiedades químicas de los residuos agrícolas determinan la viabilidad y productividad del crecimiento fúngico (Valera, 2019).	Carbono	% de C en el residuo agrícola	%
			Nitrógeno	% de N en el residuo agrícola	%
			Relación C/N	Relación entre C y N	Relación (C/N)
Dependiente	Producción de <i>Pleurotus ostreatus</i>	El hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> es una especie con alta capacidad para degradar biomasa lignocelulósica, capaz de desarrollarse en residuos agrícolas, produciendo cuerpos fructíferos comestibles de alto valor alimenticio (Cruz et al., 2010).	Eficiencia Biológica	Porcentaje de hongos frescos en relación con la cantidad de sustrato seco (Maccapa et al., 2024).	%
			Rendimiento	Porcentaje de la cantidad de hongo fresco obtenida en relación con el sustrato húmedo (Maccapa et al., 2024).	%
			Tasa de producción	Porcentaje de la velocidad con que se produce el hongo en el tiempo (Zárate, 2015).	%

Concentración de proteína del cuerpo fructífero de <i>Pleurotus ostreatus</i> .	Los hongos comestibles se caracterizan por su alto contenido de proteína, lo que incrementa su valor nutritivo y agroecológico (Okuda, 2022).	Contenido proteico	% de proteína cruda en base seca del cuerpo fructífero.	%
---	---	--------------------	---	---

1.5 Hipótesis

H_a : Existen diferencias significativas entre las formulaciones de sustrato a base de cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz, en la eficiencia biológica, el rendimiento y la tasa de producción de *Pleurotus ostreatus*.

H_0 : No existen diferencias significativas entre las formulaciones de sustrato a base de cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz, en la eficiencia biológica, el rendimiento y la tasa de producción de *Pleurotus ostreatus*.

1.6 Justificación

1.6.1. Justificación Ambiental

Desde el punto de vista ambiental, esta investigación contribuye en la gestión de los residuos generados por los cultivos de café, cacao y maíz en el distrito de Pichanaqui. Una parte importante de estos no son valorizados y suelen acumularse, quemarse a campo abierto o disponerse inadecuadamente, lo que favorece la contaminación del suelo, del aire y de los cuerpos de agua, además de incrementar las emisiones de gases de efecto invernadero.

El uso de estos residuos como sustrato para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* representa una alternativa de valorización agroecológica, al transformar un desecho de bajo o nulo valor en un producto alimenticio de alto valor nutritivo. Asimismo, la investigación se relaciona con los principios de la economía circular, debido a que promueve el cierre de ciclos productivos y reduce la presión sobre el ambiente. Sus resultados pueden servir como base para impulsar prácticas agrícolas más sostenibles, compatibles con los objetivos de desarrollo sostenible y con las estrategias de adaptación al cambio climático en zonas productoras de café, cacao y maíz.

1.6.2. Justificación social

En el ámbito social, la investigación responde a necesidades tangibles de la población de Pichanaqui, distrito cuya economía se basa principalmente en la agricultura y donde muchas familias dependen de los cultivos de café, cacao y maíz. El aprovechamiento de los residuos agrícolas para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* ofrece una oportunidad para fortalecer la seguridad alimentaria local mediante la producción de un alimento accesible, de alto contenido proteico y con excelentes propiedades nutricionales.

Además, el cultivo de hongos comestibles puede ser implementado a pequeña escala en hogares, asociaciones de productores, cooperativas o comedores populares, lo que facilita la participación de distintos miembros de la comunidad. De esta forma, la investigación no solo aporta conocimiento técnico, sino que también promueve la generación de capacidades locales y el desarrollo de iniciativas productivas familiares o comunitarias. En síntesis, el estudio tiene el potencial de mejorar la calidad de vida de la población de Pichanaqui al promover hábitos de consumo más saludables, diversificar la dieta y fomentar prácticas productivas más sostenibles e inclusivas.

1.6.3. Justificación económica

Desde la perspectiva económica, la investigación propone una alternativa viable y rentable para incrementar el valor agregado de los residuos agrícolas generados en la cadena productiva del café, cacao y maíz. Estos residuos, que normalmente no generan ingresos para los agricultores, pueden convertirse en la base de un nuevo producto comercializable: el hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. Al evaluar qué formulaciones de sustrato son más eficientes en términos de producción y contenido de proteínas, el estudio ofrece información práctica para diseñar sistemas de producción de hongos con mejores rendimientos y con mayor rentabilidad.

El cultivo de *Pleurotus ostreatus* se caracteriza por requerir inversiones relativamente bajas, aprovechar una infraestructura sencilla y utilizar insumos disponibles localmente, lo cual lo convierte en una opción viable para pequeños productores. La posibilidad de obtener ingresos adicionales a partir de los residuos agrícolas contribuye a diversificar las fuentes económicas de las familias rurales y a reducir su vulnerabilidad frente a las fluctuaciones del mercado de café, cacao o maíz. En este sentido, la investigación se justifica económicamente porque ofrece una alternativa productiva que puede favorecer la generación de empleo local, el emprendimiento rural y el fortalecimiento de la economía del distrito de Pichanaqui.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Internacionales

Gebru et al. (2024) en su investigación “*Growth and yield performance of Pleurotus ostreatus cultivated on agricultural residues*”, tuvieron como objetivo de evaluar el efecto de distintos residuos agrícolas sobre el crecimiento y rendimiento de *Pleurotus ostreatus*. Para ello, emplearon como sustratos paja de teff, cebada y trigo, cáscaras de haba y arveja, aserrín y una mezcla de estos residuos en proporción 1:1 (p/p). Los resultados mostraron que la mezcla de residuos presentó el mejor desempeño productivo, mientras que el aserrín solo registró los valores más bajos. Los autores concluyeron que el crecimiento y rendimiento de *Pleurotus ostreatus* dependen del tipo de sustrato, y que las mezclas de residuos agrícolas ofrecen mejores condiciones para su cultivo.

Ndah et al. (2024) realizaron el estudio “*Growth, Infestation and Yield of Oyster Mushroom Pleurotus ostreatus (Jacq.) P. Kumm on Local Substrates in the Cropping House in Kumba Municipality South West Region*”, con el objetivo de contribuir al conocimiento sobre el efecto de diferentes sustratos locales en el crecimiento, la colonización del sustrato y el rendimiento de *Pleurotus ostreatus*. Evaluaron doce tratamientos a base de tusa de maíz, estiércol de cerdo, cáscara de vaina de cacao y mezclas entre estos materiales, además de formulaciones suplementadas con NPK. Cada tratamiento fue preparado en unidades de 1.5 kg, con tres repeticiones, bajo un diseño completamente al azar. Se analizaron variables como el tiempo de invasión micelial, la aparición de primordios, las características de los cuerpos fructíferos, la infestación por enfermedades y el rendimiento en masa fresca y seca. Los resultados mostraron que el tratamiento T9, conformado por tusa de maíz suplementada con 6 g de NPK, presentó el mejor desempeño general, con un periodo corto de invasión micelial, mayor número promedio de cuerpos fructíferos (34.67), mayor diámetro del cuerpo fructífero (9.32 cm) y el mayor rendimiento en masa fresca (35.40 g/día) y seca (11.30 g/día). No obstante, entre los sustratos orgánicos, la mejor combinación fue T4, integrada por 50 % de cáscara de vaina de cacao y 50 % de tusa de maíz. Los autores concluyeron que el tipo de sustrato influye significativamente en el crecimiento, la sanidad y el rendimiento del hongo.

Melanouri et al. (2022) desarrollaron un estudio de investigación sobre “*Cultivating Pleurotus ostreatus and Pleurotus eryngii mushroom strains on agro-industrial residues in solid-state fermentation. Part II: Effect on productivity and quality of carposomes*”, cuyo objetivo fue investigar el potencial de las cepas de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus eryngii* para colonizar y producir carposomas tras la fermentación de 5 sustratos agroindustriales; paja de trigo (WS), virutas de madera de haya (BWS), residuos de café (CR), paja de cebada y avena (BOS), corteza de arroz (RB). La metodología fue experimental; en ella se determinaron los parámetros cuantitativos como el rendimiento y eficiencia biológica, así como parámetros cualitativos del carposoma. Los resultados indicaron que las cepas de *Pleurotus ostreatus* produjeron carposomas antes que las de *P. eryngii*. Los hongos *Pleurotus ostreatus* más firmes se produjeron en CR. En conclusión, los *Pleurotus ostreatus* puede cultivarse en residuos agroindustriales de bajo o nulo valor.

Bellettini et al. (2019), en el artículo titulado “*Factors affecting mushroom Pleurotus spp.*”, tuvieron como propósito sintetizar la información disponible sobre los principales factores que afectan el crecimiento, supervivencia y producción de las especies del género *Pleurotus*. Para ello, desarrollaron una revisión de literatura en la que organizaron los factores que intervienen en el cultivo de este hongo, destacando tanto factores intrínsecos como extrínsecos. Entre los aspectos más relevantes señalaron la composición del medio o sustrato, la relación carbono/nitrógeno (C/N), el pH, la temperatura y la composición del aire, debido a que estos influyen en la actividad enzimática lignocelulolítica y, en consecuencia, en el desempeño productivo del cultivo. Como resultado de la revisión, los autores presentaron una síntesis práctica de los factores técnicos que deben considerarse para una producción adecuada y eficiente de *Pleurotus spp.*, concluyendo que el manejo del cultivo requiere una comprensión integral de sus propiedades físicas, químicas, biológicas y enzimáticas.

Olivera et al. (2018) realizaron un estudio de investigación “*Producción de hongo Pleurotus ostreatus en residuos de maíz, frijol y caña de azúcar*”, la finalidad principal del estudio consistió en evaluar la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* empleando como sustrato los restos de frijol, maíz y caña de azúcar. La metodología aplicada fue de naturaleza experimental, dividida en tres tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, en los cuales se evaluaron las variables de producción en fresco, rendimiento, eficiencia biológica y tasa de producción. Los resultados indicaron que, el frijol tuvo mayor producción en comparación con los demás sustratos con un total de 829.80 g, en la eficiencia biológica se obtuvo: maíz (66 %), frijol (110.60 %) y la caña de azúcar (37.50 %), rendimiento se obtuvo: maíz (14.50 %), frijol

(24.30 %) y caña de azúcar (8.30 %), la tasa de producción se obtuvo: maíz (1.10 %), frijol (1.84 %) y la caña de azúcar (0.62 %). En resumen, todos los materiales utilizados como sustratos resultaron ser opciones viables para la productividad del hongo *Pleurotus ostreatus*.

Lowor & Ofori (2018) realizaron un estudio de investigación “*Evaluation of Cashew Pulp and Shell, Kola, Cocoa and Coffee Husk as Substrates for the Cultivation of Pleurotus ostreatus*”, tuvieron como objetivo evaluar la cascarilla de café, la cáscara de cacao, la cáscara y pulpa de marañón y la cáscara de kola como sustratos potenciales para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, así como determinar la influencia del sustrato sobre la calidad nutricional de los hongos obtenidos. Para ello, emplearon sustratos compostados, luego embolsados e inoculados con spawn, bajo un diseño completamente al azar en casa de cultivo; asimismo, evaluaron la colonización del sustrato, el rendimiento y la calidad nutricional de los carpóforos mediante diferentes pruebas bioquímicas. Los resultados mostraron que todos los sustratos permitieron el crecimiento y la fructificación de *Pleurotus ostreatus*, sin embargo, la cascarilla de café produjo los menores rendimientos en términos de eficiencia biológica. Los autores concluyeron que la cáscara de cacao, la cáscara y pulpa de marañón, y la cáscara de kola presentan alto potencial como sustratos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* con buen valor nutricional, aunque algunos componentes nutricionales del hongo fueron influenciados por el tipo de sustrato empleado.

Nunes et al. (2017) desarrollaron el estudio “*Pleurotus ostreatus, mushrooms production using quick and cheap methods and the challenges to the use of coffee husk as substrate*”, con el objetivo de evaluar métodos alternativos y de bajo costo para producir *Pleurotus ostreatus* en cáscara de café. En la metodología, compararon tres métodos de tratamiento del sustrato: inmersión alcalina con cal, hervido con cal y esterilización, utilizando cáscara de café de las variedades arábica y conilon suplementada con salvado de trigo. Los resultados mostraron que los tratamientos alcalinos lograron mejores valores de eficiencia biológica, destacando AIM 4 h en arábica (EB total 40.30 %) y hervido 30 min en conilon (EB total 42.68 %), mientras que la esterilización presentó desempeños inferiores e incluso inhibición en una de las variedades. Además, los tratamientos con cal redujeron la cafeína del sustrato, lo que favorece la colonización y la producción. En conclusión, el estudio sostiene que estos métodos son viables para valorizar la cáscara de café en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, recomendando optimizar el manejo del sustrato y el control de condiciones para escalar la producción.

Ruilova et al. (2017) desarrollaron el estudio titulado “*Influence of C/N ratio on productivity and the protein contents of Pleurotus ostreatus grown in different residue mixtures*”, con el objetivo de evaluar la influencia de la composición de diferentes sustratos agrícolas estandarizados en relación C/N sobre la productividad y el contenido proteico de *Pleurotus ostreatus*. Para ello, diseñaron seis mezclas de residuos agrícolas compuestas por materiales como cascarilla de arroz, rastrojo de lenteja, bagazo de caña de azúcar, entre otros, variando el contenido de nitrógeno entre 0.50 y 1.40 %; además, caracterizaron físicoquímicamente las mezclas, inocularon la cepa 768/12 y evaluaron variables como eficiencia biológica, contenido de proteína y tasa de producción, bajo un diseño completamente al azar con análisis de varianza y prueba de Tukey. Los resultados mostraron que la mejor respuesta productiva se obtuvo con la mezcla compuesta por 15 % de cascarilla de arroz, 40 % de rastrojo de lenteja, 40% de bagazo de caña de azúcar, 3 % de harina de soya y 2 % de carbonato de calcio, la cual presentó 1% de nitrógeno y una relación C/N de 47.99, alcanzando 177.37% de eficiencia biológica, 31.13% de proteína y 2.64 de tasa de producción. Los autores concluyeron que la relación C/N tuvo una alta influencia sobre la productividad y el contenido proteico de *Pleurotus ostreatus*, identificando un rango favorable de C/N entre 38 y 58 para la eficiencia biológica y entre 38 y 48 para el contenido de proteína.

2.1.2 Nacionales

De la Cruz (2024) investigó la “*Evaluación de la producción de Pleurotus ostreatus en residuos de café como alternativa de valorización agroecológica en la comunidad de Shucush, Amazonas*”, la investigación evaluó la producción de *Pleurotus ostreatus* utilizando residuos del café (pulpa, cascarilla y concho) como sustratos, con el fin de analizar su potencial de valorización agroecológica. Se formularon 16 tratamientos en diferentes proporciones y se aplicó un diseño completamente aleatorizado, con 48 unidades experimentales, evaluándose como variables productivas el rendimiento y la precocidad. Los resultados mostraron diferencias entre formulaciones: F03 (100 % concho) alcanzó el mayor rendimiento (19.73 %) con precocidad moderada (17 días); F08 (25 % pulpa + 75 % concho) evidenció un desempeño equilibrado entre rendimiento (15.10 %) y precocidad (14 días); mientras que F11 (25 % pulpa + 50 % cascarilla + 25 % concho) destacó por su rapidez productiva (14.35 % en 15 días). En términos generales, las formulaciones con alta proporción de concho (75 – 100 %) favorecieron el crecimiento y la producción, mientras que elevadas proporciones de pulpa y cascarilla redujeron el desempeño; incluso tratamientos con ≥ 75 % de pulpa no presentaron crecimiento, lo que se asoció a posibles problemas de compactación y/o contaminación del sustrato, como

ocurrió en F01 (100 % pulpa de café). El estudio concluye que el uso de residuos del café para producir *Pleurotus ostreatus* es viable como estrategia de valorización agroecológica, recomendando profundizar en pretratamientos y condiciones más controladas para optimizar la producción a mayor escala.

Valera et al. (2023) desarrollaron el artículo “*Rendimiento del hongo comestible Pleurotus ostreatus cultivado en diferentes sustratos a base de residuos agroindustriales*”, cuyo objetivo fue determinar el rendimiento de *Pleurotus ostreatus* cultivado en residuos agroindustriales en la ciudad de Tacna, Perú. El estudio fue experimental comparativo, con 4 tratamientos (T1: orujo de uva + coronta de maíz; T2: orujo de aceituna + coronta de maíz; T3: orujo de uva + orujo de aceituna; T4: paja de maíz como control), 7 repeticiones y 28 unidades experimentales distribuidas completamente al azar. Se evaluaron variables productivas como tiempo de corrida del micelio, número de hongos, tamaño del basidiocarpo, eficiencia biológica (EB), tasa de producción (TP), rendimiento (R) y proteína (Kjeldahl). Los resultados mostraron que el menor tiempo de corrida del micelio ocurrió en T2 (18 días) y el mayor en el control (22 días). En desempeño productivo, el control (T4) alcanzó el mayor rendimiento (26.90 %), EB (87.60 %) y TP (1.60 %); mientras que T1 y T3 lograron rendimientos 24.1 % (ambos) con EB de 76.50 % y 70.10 %, respectivamente; y T2 presentó los valores más bajos (R = 18 %, EB = 48.80 %, TP = 0.80 %). En conclusión, los autores señalan que T1 y T3 fueron los tratamientos más eficientes en términos integrados (rendimiento, EB y TP), sin diferencias significativas respecto al control.

Díaz et al. (2019) realizaron un estudio sobre “*Producción de Pleurotus ostreatus (Pleurotaceae) ICFE 153/99 cultivado sobre diferentes residuos lignocelulósicos*”, su objetivo principal fue analizar el desempeño del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en diversos sustratos, entre los que se incluyen el bagazo de caña de azúcar (BC), los residuos de la poda de pasto de parques (RP), la paja de arroz (PA) y la coronta de maíz (CM) evaluando tanto su rendimiento (R) como su eficiencia biológica (EB). La metodología fue experimental, el cual consistió en la preparación de inóculo, preparación e inoculación de los sustratos, diseño experimental, fructificación, cosecha y evaluación de producción. En total se realizaron 4 tratamientos y 5 repeticiones. Se obtuvo como rendimiento lo siguiente: 0.43 ± 0.04 (PA), 0.90 ± 0.09 (BC), 0.65 ± 0.10 (CM), 0.54 ± 0.06 (RP) y como eficiencia biológica: 8.65 ± 0.72 (PA), 16.77 ± 1.41 (BC), 12.10 ± 0.95 (CM), 9.97 ± 0.80 (RP). En conclusión, los residuos lignocelulósicos que obtuvieron una mayor producción fueron el bagazo de caña de azúcar y la coronta de maíz

quienes alcanzaron una eficiencia biológica de 16.77 % y 12.10 % y un rendimiento de 0.90 % y 0.65 % respectivamente.

Mendoza et al. (2019) realizaron el estudio “*Análisis de la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* obtenida a partir de los subproductos de la etapa de despulpado del café*”, el propósito de este estudio es investigar la generación del hongo *Pleurotus ostreatus* utilizando como base los desechos del proceso de despulpado del café y la viruta de bolaina blanca. Para alcanzar este objetivo, se llevaron a cabo tres tratamientos, cada uno repetido en tres ocasiones. Estos tratamientos incluyeron: tratamiento 1 (utilizando 100 % de viruta de bolaina blanca), tratamiento 2 (combinando un 50 % de pulpa de café y un 50 % de viruta de bolaina blanca) y tratamiento 3 (empleando 100 % de pulpa de café). El procedimiento comprendió la caracterización fisicoquímica de los sustratos, la producción del hongo, la evaluación de su eficiencia biológica, la tasa de producción y la caracterización fisicoquímica de la pleurotina. Obteniendo los siguientes resultados: tasa de producción del T1 (0.47 %), T2 (0.75 %) y T3 (0.13 %), eficiencia biológica T1 (37.2 %), T2 (96.50 %) y T3 (15.70 %) y tasa de biodegradación T1 (22.90 %), T2 (31.80 %) y T3 (14 %). Por lo tanto, el sustrato que obtuvo una mejor producción fue el tratamiento 2, el cual es la mezcla de los residuos del despulpado del café y la viruta de bolaina blanca y el sustrato que tuvo menor producción fue el tratamiento 3 el cual solo contiene residuo del despulpado del café. En conclusión, la pulpa de café puede ser aprovechada como sustrato para el cultivo del hongo; sin embargo, su uso combinado con otro residuo lignocelulósico mejora significativamente su desempeño productivo frente a su empleo individual.

Nieto et al. (2019) desarrollaron la investigación “*Estudio preliminar de la composición nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en pulpa de café*”, la investigación tuvo como objetivo producir *Pleurotus ostreatus* a partir de pulpa de café como sustrato alternativo y evaluar la composición nutricional del hongo obtenido, considerando su contenido de proteínas, carbohidratos, grasas, minerales y cafeína. La metodología fue experimental y consistió en 6 etapas: Inoculación, acondicionamiento de la muestra, producción del hongo, análisis de cafeína, análisis de macronutrientes y análisis de micronutrientes. Los resultados revelan que la proteína cruda, en muestra seca, fue de 28.60 % y 29.70 %, la eficiencia biológica fue de 121.70 ± 8.10 % y 90.20 ± 10 %. El hongo *Pleurotus ostreatus* tiene en muestra seca 8 % de carbohidratos y 1 % de grasas, y también tiene 10 $\mu\text{g/g}$ de cafeína en muestra seca. En conclusión, el residuo de pulpa de café resultó ser un excelente sustrato para producción del hongo *Pleurotus ostreatus* el cual es altamente proteico y saludable.

2.1.3 Locales

Hurtado et al. (2016) en su artículo sobre “*Evaluación del cultivo de Pleurotus ostreatus en mazorcas de cacao (Theobroma cacao L.)*”, con el objetivo de determinar cómo la preparación del sustrato y el tratamiento térmico influyen en la producción del hongo, considerando peso de carpóforos, eficiencia biológica (EB) y rendimiento. El estudio utilizó mazorcas de cacao clon CCN-51, y aplicó un diseño completamente al azar con seis tratamientos que combinaron tiempos de fermentación por inmersión (1, 3 y 7 días) y dos métodos de desinfección del sustrato: pasteurización (80 °C) y esterilización (121 °C), con cinco repeticiones (30 unidades experimentales). Los resultados mostraron que el tratamiento T5 (3 días de fermentación + esterilización) fue significativamente superior, alcanzando 283 g de producción, 31.22 % de EB y 28.30 % de rendimiento, mientras que los demás tratamientos presentaron rendimientos entre 19.70 % y 21.70 %. En conclusión, el estudio establece una metodología viable para valorizar las mazorcas de cacao mediante el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, destacando que la combinación de fermentación por 3 días y esterilización optimiza el desempeño productivo.

2.2 Bases teóricas

2.2.1. Residuos sólidos

Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento proveniente del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprende, tiene la intención u obligación a hacerlo, con el fin de ser manejados priorizando la valorización de los residuos y en última instancia, su disposición final (Decreto Legislativo N° 1278, 2017; Ley N° 32212, 2024).

Clasificación de los residuos sólidos

De acuerdo al Decreto Legislativo N° 1278 (2017), los residuos se clasifican, según el manejo que reciben, en peligrosos y no peligrosos, y de acuerdo con la autoridad pública competente para su gestión, en municipales y no municipales.

A. Clasificación según su peligrosidad

Residuos peligrosos: Son aquellos que por sus características o el manejo al que son o van a ser sometidos representan un riesgo significativo para la salud de las personas o el ambiente (Decreto Legislativo N° 1278, 2017).

Residuos no peligrosos: Son los residuos sólidos que por sus características o al manejo que reciben no representan un riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2014).

B. Clasificación según su gestión

Residuos municipales. Comprende los residuos domiciliarios, además de los generados por el barrido y limpieza de espacios públicos, y por actividades comerciales u otras actividades urbanas no domiciliarias que por sus características pueden ser atendidos mediante los servicios de limpieza pública.

Residuos no municipales. Son aquellos de carácter peligroso y no peligroso que se generan en el desarrollo de actividades extractivas, productivas y de servicios, incluyendo los provenientes de las instalaciones principales y auxiliares de la operación.

2.2.2. Residuos agrícolas

Los residuos agrícolas son todos los desechos que permanecen en el campo después de la cosecha (Zhu & Liang, 2020). Zafar (2021) menciona que existen dos tipos de residuos agrícolas, los residuos generados durante la cosecha se denominan residuos agrícolas primarios e incluyen hojas, tallos, paja. En cambio, los producidos durante el procesamiento se definen como residuos agrícolas secundarios entre ellos se encuentran las cáscaras, mazorcas, pulpa, etc.

En la normativa peruana no se establece una definición específica de residuos agrícolas, sin embargo, el Decreto Supremo N° 016-2012-AG, Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector agrario (2012), señala que los residuos sólidos agropecuarios, provienen de actividades agrícolas, forestales, ganaderas, avícolas y centros de faenamientos de animales. Por tanto, los residuos agrícolas como la pulpa de café, cáscara de vaina de cacao y paja de maíz forman parte de dicha categoría.

En el artículo 27 de la referida norma sugiere que la gestión de los residuos de las actividades agrícolas, como restos vegetales de cultivos o cosecha, pueden ser reaprovechados como forraje de animales de crianza, compostaje y biocombustible. Asimismo, la norma prohíbe la quema de dichos residuos vegetales. En ese sentido, la normativa respalda su aprovechamiento y valorización en lugar de su eliminación inadecuada.

2.2.3. Economía circular

La economía circular plantea la transformación del modelo económico lineal tradicional, basado en extraer, producir y desechar, hacia un sistema cerrado en el cual los residuos de un proceso se convierten en insumos para otros (Deutz, 2020; Nautiyal & Goel, 2021). Este enfoque promueve el reciclaje, la reutilización de recursos, la reducción en el consumo de materias primas y la minimización de la generación de residuos (Ferdous et al., 2021). Su implementación puede generar beneficios ambientales, sociales y económicos a largo plazo, contribuyendo al desarrollo sostenible (Deutz, 2020).

2.2.4. Agroecología

La agroecología constituye un enfoque integral de la agricultura orientado a transformar los sistemas productivos mediante la aplicación de principios ecológicos. Entre estos principios destaca la promoción de la biodiversidad, el reciclaje de nutrientes, la conservación del suelo, la reducción de la contaminación y el aprovechamiento de procesos biológicos naturales (Kpienbaareh et al., 2022; Lecuyer et al., 2021). A diferencia de la agricultura convencional, caracterizada por una mayor dependencia de insumos sintéticos y recursos externos, la agroecología no se limita a un conjunto de técnicas, sino que representa una forma de analizar y rediseñar los sistemas agrícolas para hacerlos más sostenibles en términos ambientales, económicos y sociales (Kpienbaareh et al., 2022; Peeters et al., 2013).

La agroecología puede entenderse desde tres dimensiones. Como ciencia, estudia integralmente los sistemas agrícolas y alimentarios; como práctica, se expresa en estrategias como rotación de cultivos, compostaje, agroforestería, fertilización orgánica y manejo ecológico del suelo; y como movimiento social, incorpora en algunos contextos participación, coproducción de conocimiento y mayor autonomía de los agricultores (Mota et al., 2020).

En la presente investigación, la agroecología se entiende como un enfoque orientado al aprovechamiento sostenible de los recursos agrícolas, mediante procesos biológicos que permiten reincorporar residuos orgánicos al sistema productivo. Desde esta perspectiva, el uso de pulpa de café, cáscara de vaina de cacao y paja de maíz como sustratos para la producción de *Pleurotus ostreatus* constituye una estrategia de valorización agroecológica, ya que transforma residuos agrícolas en biomasa útil y alimento, reduce su disposición inadecuada y favorece el reciclaje de materia orgánica dentro de un sistema más sostenible.

2.2.5. *Coffea arabica*.

2.2.5.1 Cultivo del Café. La planta del café pertenece a la familia *Rubiaceae*, subfamilia *Cinchonoideae* y género *Coffea* (Mendes et al., 2021). Este género contiene más de 80 especies, sin embargo *Coffea arabica* conocida como arábica y *Coffea canephora* conocida como Robusta, son las más importantes. En la producción mundial de café de 2018, la arábica representó el 58.91 % mientras que la robusta el 41.09 % (Campos et al., 2021; Gemechu, 2020). El Perú produce casi exclusivamente la especie *Coffea arabica* y destaca como el quinto país productor a nivel mundial. De igual manera en la selva central solo se cultiva esta especie de café (Junta Nacional del Café, 2020; Marin, 2012; MIDAGRI, 2020). Por ello la presente investigación se enfocará en los residuos de dicha especie.

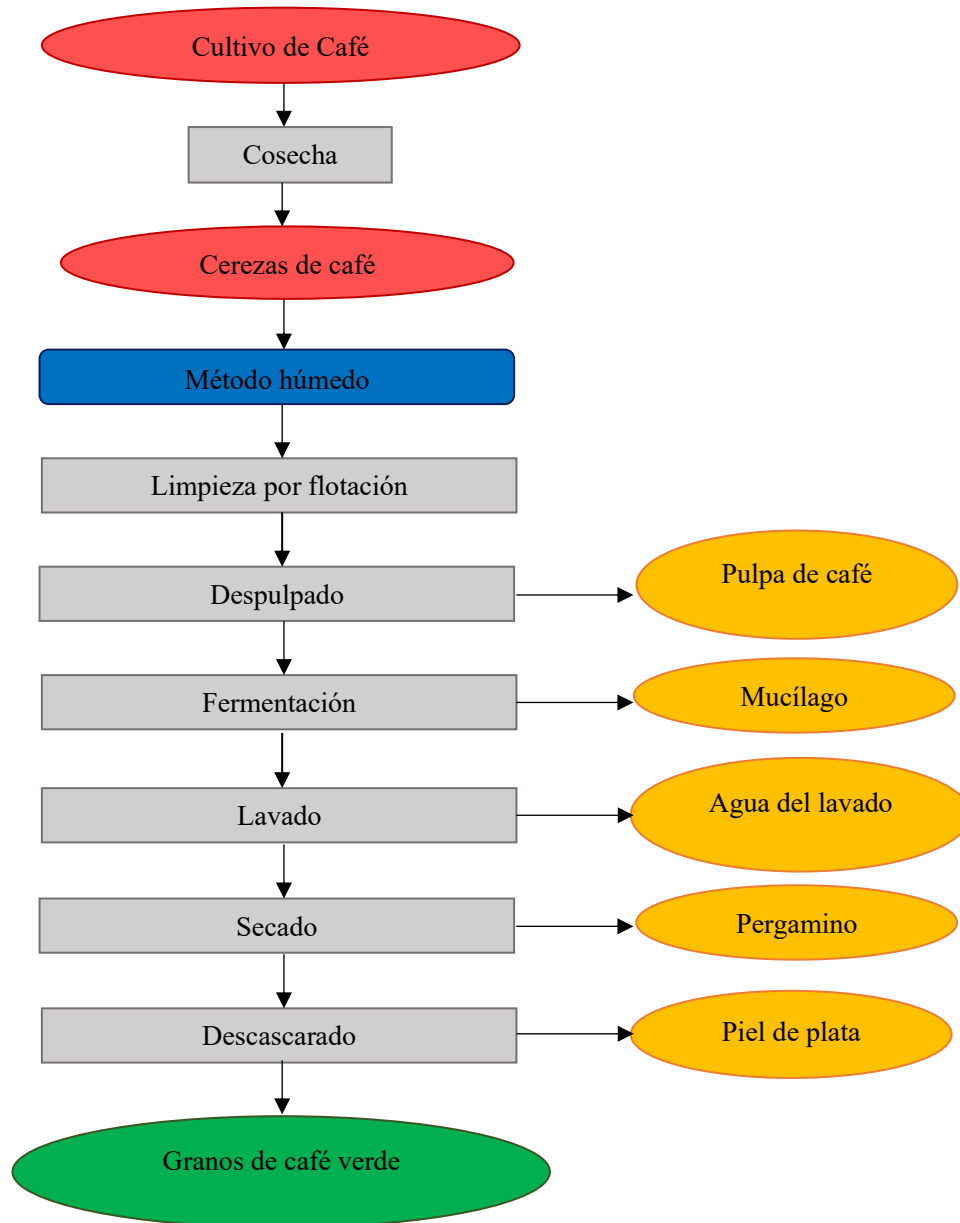
2.2.5.2 Procesamiento del Café. Después de la cosecha, la cereza de café pasa por un procesamiento destinado a separar las semillas de las partes restantes del fruto. Las formas de procesamiento del café se pueden clasificar en método seco y húmedo (Campos et al., 2021; Mendes et al., 2021). El método seco es utilizado primordialmente para el café robusta, mientras que el método húmedo se emplea para el café arábica. Debido a que esta última especie predomina en la selva central, en los párrafos siguientes se describe el procesamiento húmedo (Hoseini et al., 2021; Mendes et al., 2021).

2.2.5.3 Procesamiento Húmedo del Café. El procesamiento húmedo consiste en sumergir las cerezas de café en agua para separar las impurezas, los granos verdes y granos maduros. Luego se realiza el despulpado en la cual se elimina mecánicamente la piel y la pulpa (Campos et al., 2021; Mendes et al., 2021).

Al final de este proceso la semilla permanece envuelta por el endocarpio y el mucílago. Este último es eliminado mediante una fermentación adecuada, finalmente los restos de pulpa y el mucílago son eliminados lavándolos con agua. Posteriormente los frutos secos y despulpados permanecen en estas formas para continuar en otro proceso de beneficiado (Hoseini et al., 2021; Mendes et al., 2021).

Figura 1

Diagrama de flujo del procesamiento húmedo del café y sus residuos.

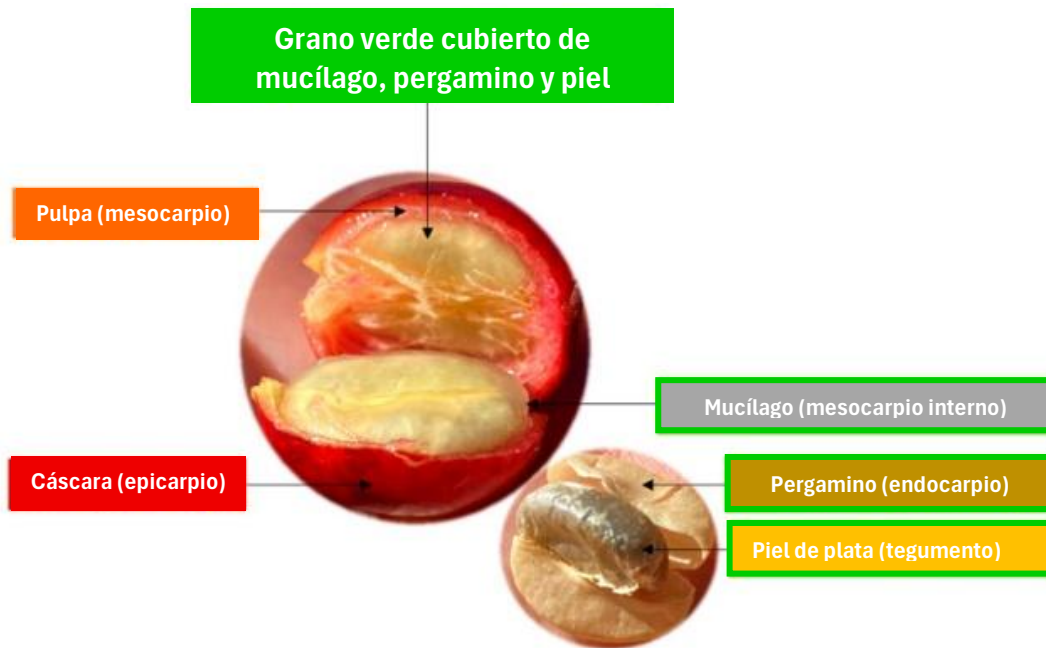


Nota. Adaptado de “Coffee by-products derived resources. A review” por Hoseini et al. (2021), *Biomass and Bioenergy*, 148, 10. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106009>

2.2.5.4 Pulpa de Café (PC). Es el primer subproducto generado durante el método húmedo del procesamiento del café (Alves et al., 2017; Hoseini et al., 2021). La pulpa del café o mesocarpio se elimina mecánicamente en la etapa de despulpado junto con la cáscara o epicarpio, tal como se muestra en la Figura 2 y representa aproximadamente del 40 al 50 % del peso fresco de las bayas del café (Alves et al., 2017; Bondam et al., 2022).

Figura 2

Identificación de los subproductos del café en la anatomía de la cereza del café.



Nota. Adaptado de “Applications of Compounds from Coffee Processing By-Products” por Iriondo et al. (2020), *Biomolecules*, 10(9), 1219. <https://doi.org/10.3390/biom10091219>

2.2.6. *Theobroma cacao* L.

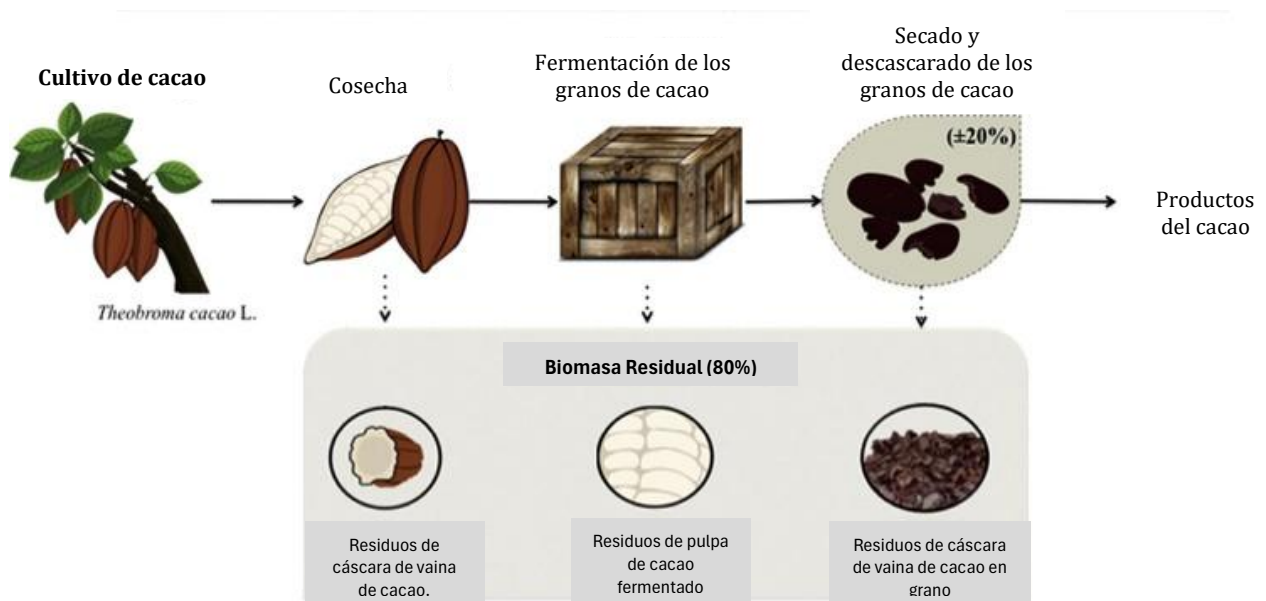
2.2.6.1 Cultivo del Cacao. El cacao, materia prima del chocolate pertenece a la clase *Magnoliopsida*, orden *Malvales*, familia *Malvaceae*, género *Theobroma*. Este género se ha dividido en 22 especies de las cuales destaca el *T. cacao* por su producción bruta a nivel mundial de 4 728 miles de toneladas en el año 2020/21 (De Souza et al., 2018; International Cocoa Organization, 2023). El Perú ocupa el octavo lugar en producción de cacao en grano a nivel mundial con 153 mil toneladas, además produce tres variedades principales: el 53.3 % de Trinitario en Junín, 37.7 % forastero amazónico en Cuzco y Ayacucho y 9.4 % de criollo en la zona norte de San Martín, Amazonas y Cajamarca (MIDAGRI, 2021).

Junín se ha convertido en la segunda región productora de cacao con 25.5 mil toneladas equivalentes a 18.8 % de la producción anual nacional. Asimismo en los últimos diez años se ha incrementado la tasa promedio anual de producción a un 21.5 %. La presente investigación se centra en los residuos de la variedad de cacao trinitario porque es el cultivo que predomina en el distrito de Pichanaqui (MIDAGRI, 2021).

2.2.6.2 Procesamiento del Cacao. En el campo, los frutos de cacao se cosechan después de la maduración. Luego, las vainas del cacao se abren con un cuchillo o machete, mediante un corte longitudinal con el fin de extraer los granos y la pulpa. Estos se acumulan en montones para su posterior fermentación, mientras que las cáscaras se desechan directamente al suelo (Vásquez et al., 2019). Durante la fermentación varias especies de microorganismos juegan un rol importante para la eliminación del mucílago, después los granos de cacao se secan, tuestan, calientan, trituran y quitan la cáscara. Finalmente los granos de cacao quedan listos para la producción de chocolate (Guirlanda et al., 2021).

Figura 3

Producción de granos de cacao y generación de biomasa residual.

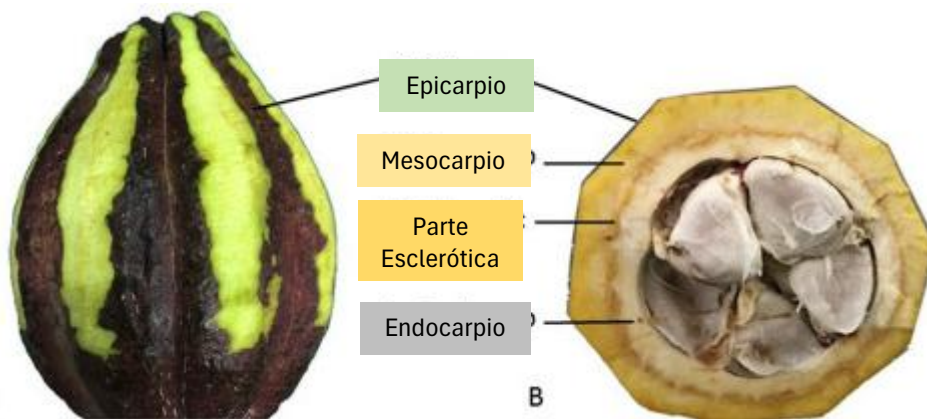


Nota. Adaptado de “Biotechnological approaches for cocoa waste management: A review”, por Vásquez et al. (2019), *Waste Management*, 90, 72–83. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.04.030>

2.2.6.3 Cáscara de Vaina de Cacao (CVC). Es el subproducto de desecho más abundante de la industria cacaotera ya que constituye aproximadamente entre el 52 – 76 % de la fruta de cacao en peso (Muñoz et al., 2019). Se obtiene después de la extracción de los granos de cacao (Vásquez et al., 2019). La CVC comprende el epicarpio, mesocarpio, la parte esclerótica y el endocarpio tal como se muestra en la siguiente Figura 4 (Campos et al., 2018).

Figura 4

Identificación de los subproductos del cacao en la anatomía del fruto del cacao.



Nota. Adaptado de “Valorisation strategies for cocoa pod husk and its fractions”, por Lu et al., (2018), *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 14(July), 80–88. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.07.007>

2.2.7. *Zea mays*

2.2.7.1 Cultivo del Maíz. El maíz (*Zea mays var. indurata St.*) pertenece a la familia *Poaceae Barnhart* y género *Zea Linnaeus*. Este cultivo se utiliza principalmente como materia prima para la fabricación de diversos alimentos (Sánchez, 2014). Según García (2017), el maíz es un cultivo de gran relevancia a nivel mundial, tanto por el volumen de su producción, como por su importancia en la alimentación humana y animal. Además de su uso en la elaboración de harinas precocidas, aceites, hojuelas, alimentos balanceados y diversos productos industriales. En el Perú, la producción de maíz alcanza las 1 271 825 toneladas, debido a que este cultivo se desarrolla en las tres regiones naturales del país (costa, sierra y selva). A nivel nacional, cerca del 56 % del área cultivada corresponde al maíz amarillo duro, una subvariedad de maíz predominante en la costa y la selva, en la región Junín, la producción de maíz asciende a 25 076 toneladas (García, 2017; INIA, 2020).

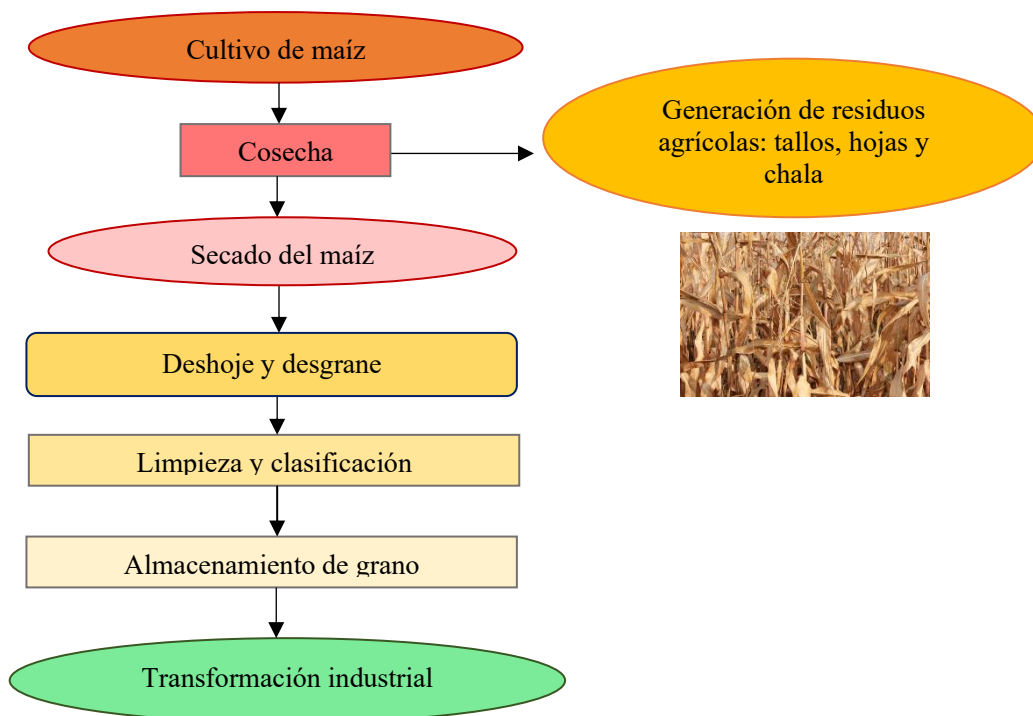
2.2.7.2 Planta de Maíz (Morocho). De acuerdo con Office of the Gene Technology Regulator (2008), el maíz es una gramínea que presenta raíces fasciculadas y tallo cilíndrico o caña segmentado en nudos y entrenudos. Sus hojas alargadas presentan una vaina envolvente del tallo y una lámina dispuesta en dos filas opuestas. Según Salhuana (2004), el maíz morocho presenta características superiores, con plantas medianas de 1.60 m, sin macollos y nueve hojas. Florece a los 143 días y desarrolla mazorcas delgadas de 15 cm, diez hileras irregulares y granos

redondos amarillo cristalino, pericarpio incoloro y tusa blanca. Su área de distribución se encuentra separada en dos sectores, uno septentrional y otro meridional, debido a la elevada región montañosa que atraviesa los departamentos de Junín y Cerro de Pasco.

2.2.7.3 Procesamiento del maíz. Tras alcanzar la madurez fisiológica, el maíz se cosecha de forma manual o mecánica, procurando evitar una cosecha temprana o cosecha tardía (Martinez et al., 2017). Luego, se realiza el secado del grano, ya sea de manera artesanal, mediante exposición al sol, o a través de secadores mecánicos, hasta alcanzar contenidos de humedad cercanos al 13 % - 14 % con el fin de asegurar su almacenamiento a mediano o largo plazo (FAO, 2003). Una vez que las mazorcas alcanzan la humedad adecuada, se procede al desgrane del maíz. Posteriormente, se realiza la limpieza y clasificación, etapa en la cual se eliminan impurezas, polvos, granos partidos o infestados (FAO, 2003). El grano limpio y seco se almacena en sistemas de almacenamiento que van desde sacos hasta silos metálicos o envases herméticos (Makinya et al., 2021). Finalmente, cuando el grano ha sido correctamente manejado y conservado, puede destinarse a distintos procesos industriales de transformación: como molienda seca, molienda húmeda y nixtamalización (Gwirtz & Garcia, 2014).

Figura 5

Diagrama de flujo del procesamiento del maíz.



2.2.7.4 Paja de maíz (PM). Son los residuos del cultivo del maíz como tallos, hojas y brácteas (chala), los cuales representan más de la mitad de la biomasa aérea cosechable (Suttie, 2000). Es un residuo lignocelulósico rico en polisacáridos estructurales, con contenidos aproximados de 34 % de celulosa, 37 – 38 % de hemicelulosa y alrededor de 22 % de lignina. Esta composición le confiere alta resistencia a la degradación y una elevada relación C/N en torno a 66 (Feng et al., 2012). Además, su disponibilidad y composición lignocelulósica han motivado su aprovechamiento como sustrato en diversos procesos biotecnológicos, incluido el cultivo de hongos comestibles y la producción de enzimas y otros bioproductos de valor agregado (Agapito, 2021).

2.2.8. *Pleurotus ostreatus*

El *Pleurotus ostreatus* conocido como hongo ostra, es un hongo saprofítico que degrada la materia vegetal muerta, especialmente rica en lignina y celulosa (Aditya et al., 2024). El nombre genérico *Pleurotus* viene del griego “*pleuro*”, que significa formado lateralmente o en posición lateral, mientras que *ostreatus* en latín quiere decir en forma de ostra (Carrión et al., 2016).

2.2.8.1 Taxonomía de *Pleurotus ostreatus*. La clasificación taxonómica del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* se presenta en la Tabla 2. **Tabla 2**
*Taxonomía de *Pleurotus ostreatus**

Nivel Taxonómico	Clasificación
Reino:	<i>Fungi</i>
División:	<i>Basidiomycota</i>
Subdivisión:	<i>Agaricomycotina</i>
Clase:	<i>Agaricomycetes</i>
Orden:	<i>Agaricales</i>
Familia:	<i>Pleurotaceae</i>
Género:	<i>Pleurotus</i>
Especie:	<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.) P. Kumm. 1871

Nota. Adaptado de “Green biotechnology of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* L.): A sustainable strategy for myco-remediation and bio-fermentation”, por Ramady et al. (2022), Sustainability. <https://doi.org/10.3390/su14063667> y de “The saprotrophic *Pleurotus ostreatus* species complex: Late Eocene origin in East Asia, multiple dispersal, and complex speciation”, por Li et al. (2020), IMA Fungus. <https://doi.org/10.1186/s43008-020-00031-1>

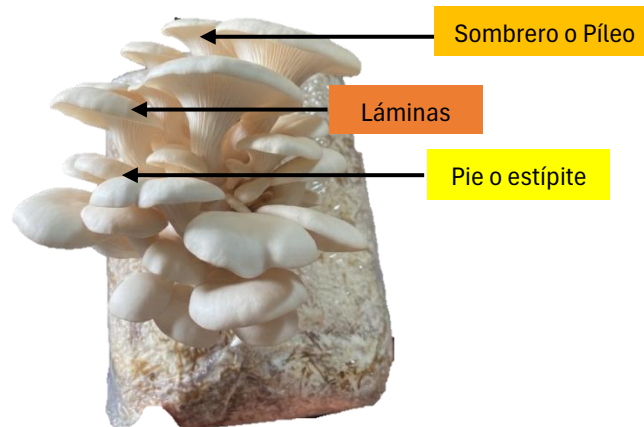
2.2.8.2 Morfología. El *Pleurotus ostreatus*, conocido como hongo ostra, recibe este nombre porque su sombrero presenta una forma similar a una concha de ostra (Burtch & Smith, 2025). El hongo *Pleurotus ostreatus* tiene las siguientes partes:

- **Sombrero:** Es inicialmente redondeado, de superficie lisa y convexa o abombada, y se va aplanando con la madurez. Su diámetro suele variar entre 5 y 15 cm, según la edad del hongo. El color es variable, va de gris claro o gris pizarra a pardo, y adquiere tonos más amarillentos a medida que se desarrolla (García, 1985).
- **Laminillas:** Se encuentran en la cara inferior del sombrero, se extienden desde el pie hasta el borde. Son anchas, separadas entre sí y de color blanco a crema. En ellas se forman las esporas, las cuales son las responsables de la reproducción de la especie (García, 1985).
- **Pie:** Generalmente es corto, de posición lateral u oblicua, textura algo firme y color blanco. Presenta el inicio de las láminas en la parte superior, mientras que su base es ligeramente vellosa (García, 1985).
- **Carne:** Es blanca, de aroma ligeramente intenso y textura tierna al inicio, con el tiempo se vuelve correosa (García, 1985).
- **Esporas:** Son pequeñas, de forma oblonga o casi cilíndrica. Al reunirse en gran cantidad conforman masas pulverulentas o esporadas de color blanco con un ligero matiz lila o grisáceo (García, 1985).

El *Pleurotus ostreatus* exhibe una morfología que ilustra de forma notable su adaptación y funcionalidad. En la Figura 6 se observan sus principales estructuras morfológicas, entre ellas el sombrero con forma de ostra, las láminas densas, el pie corto y la carne consistente. El conocimiento de estos rangos es importante para optimizar su cultivo y valorar su aplicación en la industria alimentaria.

Figura 6

*Partes principales del hongo *Pleurotus ostreatus**



2.2.8.3 Fisiología de *Pleurotus ostreatus*. Su fisiología está especializada en colonización y degradación de residuos lignocelulósicos mediante la secreción de enzimas extracelulares. Esta capacidad le permite aprovechar lignina, celulosa y hemicelulosa como fuentes de carbono y nitrógeno, razón por la cual se cultiva ampliamente sobre desechos agrícolas (Drezek & Mozejko, 2025). **Nutrición y sistema enzimático.**

El *Pleurotus ostreatus* tiene como estrategia trófica la descomposición de la materia orgánica muerta, principalmente residuos lignocelulósicos (Aditya et al., 2024). El micelio coloniza el sustrato y secreta enzimas extracelulares como celulasas, xilanasas y un conjunto de enzimas ligninolíticas, entre ellas lacasas, manganeso peroxidasas y versátil peroxidasa (G. Díaz et al., 2017). Estas enzimas oxidan y despolimerizan la lignina, incrementan la accesibilidad de la celulosa y hemicelulosa, y permiten la liberación de azúcares fermentables utilizadas por el hongo utiliza como fuente de carbono y nitrógeno. (Drezek & Mozejko, 2025; Gómez et al., 2025; Wang et al., 2023).

Requerimientos fisiológicos para el crecimiento micelial

De acuerdo con Barba et al. (2019), el crecimiento micelial de *Pleurotus ostreatus* está condicionado por parámetros fisicoquímicos del sustrato y del ambiente, entre los que destacan el pH, la humedad, la temperatura y la iluminación.

- **pH:** Para un crecimiento micelial óptimo, el hongo se desarrolla en un rango amplio de pH entre 4.0 – 7.0. En la etapa de fructificación o formación de basidiocarpos, se reporta un rango más ácido, aproximadamente entre 3.5 y 5.0.

- **Humedad:** El contenido de humedad del sustrato debe mantenerse, en términos generales, entre 50 % y 75 %, para favorecer el desarrollo del micelio y evitar limitaciones por desecación o saturación.
- **Temperatura:** El crecimiento puede ocurrir a temperaturas moderadas, entre 18 y 30 °C, lo que representa una ventaja operativa debido a su capacidad de adaptación a variaciones térmicas.
- **Iluminación:** Durante la colonización micelial, la luz no constituye un requisito crítico. Sin embargo, para la inducción de la fructificación se recomienda iluminación indirecta (evitando la luz solar directa).

2.2.8.4 Componentes Minerales de *Pleurotus ostreatus*. Es un hongo con un alimento con alto valor nutricional, propiedades medicinales y gran capacidad para valorizar residuos lignocelulósicos.

2.2.8.5 Propiedades de *Pleurotus ostreatus*. La Tabla 3 recoge los datos del contenido nutricional de *Pleurotus ostreatus*.

Tabla 3*Componentes minerales de Pleurotus ostreatus*

<i>Pleurotus ostreatus</i> (por 100 g de porción comestible)	
Energía	26
Proteína (g)	1.8
Lípidos	0.3
AG saturados	0.07
Colesterol	0
Fibra (g)	2.5
Agua (g)	91.4
Calcio (mg)	9
Hierro (mg)	1
Yodo (µg)	3
Magnesio	14
Zinc (mg)	0.1
Sodio (mg)	5
Potasio (mg)	470
Fósforo (mg)	115
Vitamina B6	0.1
Vitamina C	4
Vitamina E	0.12

Nota. Adaptado de “Propiedades nutricionales y saludables de los hongos,” (p. 12), por Roncero (2015), Centro Tecnológico de Investigación del Champiñón de La Rioja. https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/informe_sobre_propiedades_nutricion

Propiedades Nutricionales

Pleurotus ostreatus se considera un alimento funcional. Cuando se utiliza como aditivo alimentario, contribuye de manera significativa a mejorar el valor nutritivo de los productos, debido a su elevado contenido de proteínas, carbohidratos, minerales, vitaminas, compuestos antioxidantes y fitoquímicos, así como a su bajo contenido de grasa (Effiong et al., 2024).

En términos de composición proximal, el contenido de proteína cruda en los cuerpos fructíferos, en base seca suele situarse entre 15 y 35 %, según la cepa y del sustrato empleado

(Lesa et al., 2022). Además, aporta aminoácidos esenciales como leucina, lisina, metionina, treonina y fenilalanina, por lo que constituye una fuente de proteína vegetal adecuada para complementar dietas basadas en cereales (Effiong et al., 2024).

Por otra parte, su contenido de grasa es muy bajo (0.2 – 8 g/100 g en base seca) y se caracteriza por el predominio de ácidos grasos insaturados, principalmente oleico y linoleico, por ello se propone como una opción saludable para el manejo de la obesidad y la disminución del riesgo cardiovascular (Lesa et al., 2022).

Propiedades Medicinales

El *Pleurotus ostreatus* se reconoce como uno de los hongos comestibles con mayor potencial medicinal y farmacológico (Lesa et al., 2022). Entre las principales propiedades medicinales descritas se incluyen:

- a) **Antioxidantes:** *Pleurotus ostreatus* presenta una elevada actividad antioxidante, atribuida principalmente a sus polisacáridos, en especial a los β -glucanos. Estos compuestos contribuyen a neutralizar radicales libres y a proteger frente al daño oxidativo (Lesa et al., 2022). Por esta razón, se considera una fuente natural importante de compuestos antioxidantes con potencial uso como aditivo en la industria alimentaria.
- b) **Anticancerígeno y antitumoral:** Los extractos polisacáridos y proteicos de *Pleurotus ostreatus* han mostrado, en estudios in vitro, efectos antiproliferativos y proapoptóticos sobre diversas líneas celulares tumorales, así como activación de respuestas inmunes. Por ello se propone como nutracéutico con potencial actividad anticancerígena de apoyo (Lesa et al., 2022).
- c) **Antibacteriano y antiviral:** Los extractos de *Pleurotus ostreatus*, ricos en fenoles, taninos y β -glucanos, han demostrado in vitro actividad antibacteriana de amplio espectro y efectos antivirales, al inhibir el crecimiento microbiano y etapas de la replicación viral, por lo que se consideran agentes terapéuticos (Lesa et al., 2022).
- d) **Antidiabético:** El *Pleurotus ostreatus* por su contenido graso reducido y elevado aporte de fibra y proteína, ha demostrado en modelos animales y estudios humanos disminuir glucosa sanguínea, presión arterial y HbA1c mediante estimulación de insulina y modulación del metabolismo de la glucosa (Lesa et al., 2022).
- e) **Inmunomoduladores:** Es un hongo con efecto inmunomodulador, debido a lectinas, β -glucanos y complejos polisacárido-proteicos de baja citotoxicidad, capaces de estimular

componentes celulares del sistema inmune y apoyar la respuesta de pacientes con cáncer sometidos a quimioterapia (Lesa et al., 2022).

- f) **Antihipercolesterolémico:** Diversos estudios, desde los realizados en Japón en la década de 1960, evidencian que la fibra y extractos etanólicos de *Pleurotus ostreatus* reducen colesterol y mejoran el perfil lipídico, mostrando efecto antiaterosclerótico en pacientes coronarios y modelos animales hipercolesterolémicos (Lesa et al., 2022).

Propiedades Tecnológicas y Ambientales

En la producción de *Pleurotus ostreatus* se reconocen propiedades tecnológicas y ambientales relevantes. Desde el punto de vista tecnológico, este hongo se adapta a una amplia variedad de residuos lignocelulósicos, mantiene buenos indicadores productivos (Akçay et al., 2023).

En el plano ambiental, la producción de *Pleurotus ostreatus* se integra en enfoques de economía circular al valorizar residuos agrícolas y urbanos, reducir la cantidad de residuos orgánicos que se disponen o queman, y generar subproductos (sustrato postcultivo) aprovechables como mejoradores de suelo o insumos para biorremediación y tratamiento de efluentes contaminados (Dorr et al., 2021).

2.2.8.6 Producción de *Pleurotus ostreatus*.

A. Fase de Laboratorio

Preparación del inóculo primario

Esta etapa corresponde a la siembra y multiplicación del micelio a partir de una cepa inicial. Se desarrolla en un entorno estéril de laboratorio y bajo condiciones fisiológicas óptimas (Zárate, 2015).

Medio de cultivo

El medio de cultivo sólido contiene los nutrientes esenciales para el desarrollo del micelio (Gaitan et al., 2006). Este puede presentar diferentes formulaciones, tal como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4*Formulación de medios de cultivos*

Componentes	Agar extracto de malta	Agar papa glucosado	Agar papa glucosado (casero)
Agar	20 g	-	20 g
Extracto de malta	12.7 g	-	-
Agar para glucosado	-	39 g	-
Glucosa	10 g	-	18 g
Agua de papas hervidas	-	-	500 mL
Agua destilada	1000 mL	1000 mL	1000 mL

Nota. Adaptado de “Producción y desarrollo de cuatro aislamientos de *Pleurotus Ostreatus* (Jacq.) cultivados en restos de Cosecha”, por Zárata (2015). <https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c640d626-e56b-4c93-bf51-0a2e265abf00/content>

Obtención de cepas

La obtención de las cepas se lleva a cabo de dos maneras: mediante la recolección de tejido o de esporas.

Aislamiento por medio de cultivo

Esta forma de aislamiento es una de las más sencillas para obtener una cepa. El resultado final es una réplica exacta del hongo del cual se ha extraído el tejido (Gaitan et al., 2006). En un ambiente estéril, se extraen fragmentos del micelio con pinzas esterilizadas y se colocan en placas Petri con medio de cultivo (Gaitan et al., 2006). Estas placas son incubadas entre 25 °C y 28 °C, en oscuridad durante 8 días aproximadamente. Al finalizar este periodo se observa el crecimiento del micelio, el cual tendrá una apariencia de color blanco o blanco amarillento (Gaitan et al., 2006; Zárata, 2015).

Aislamiento por medio de esporas

Para realizar este proceso es necesario obtener esporas del hongo y se logra colocando el sombrero del hongo sobre papel estéril durante un periodo de 6 a 8 horas. Después, se retira el hongo del papel, dejando una impresión de esporas en forma de huella radial (Gaitan et al., 2006). Es recomendable secar el papel en una incubadora a 28 - 30 °C durante 24 horas. A partir

de las esporas del hongo, se prepara una suspensión mediante el corte de un fragmento de aproximadamente 1 cm² con una navaja esterilizada y su inmersión en 100 mL de agua destilada. De esta suspensión se toman 0.5 mL, que se inoculan en una placa petri con medio de cultivo. Finalmente, la placa se incuba durante 5 a 8 días (Gaitan et al., 2006).

Preparación del inóculo primario

Este procedimiento se realiza en condiciones asépticas, ya que la inoculación primaria es crucial para facilitar la siembra del micelio en el sustrato final (Zárate, 2015). Consiste en utilizar un sustrato intermedio que contiene al hongo y permite su multiplicación. Los sustratos intermedios más conocidos son: trigo, sorgo, aserrín y cebada (Zárate, 2015). El proceso inicia con la selección de un tipo de grano para utilizarlo como sustrato intermedio, que se limpia y se hidrata en agua limpia durante 15 horas para el sorgo o 24 horas para el maíz. Posteriormente, el grano es escurrido para eliminar el exceso de agua y se preparan porciones de 200 g, que se colocan en bolsas de polipropileno y se esterilizan a 121 °C durante 30 minutos (Zárate, 2015). Después las bolsas son inoculadas en condiciones de esterilidad absoluta con micelio de la placa Petri, posteriormente las bolsas son incubadas aproximadamente de 10 - 15 días a una temperatura de 28 °C en ausencia de luz.

B. Fase de Producción

Preparación del sustrato

La preparación del sustrato tiene como finalidad generar condiciones adecuadas para el desarrollo del micelio. La forma de preparación depende principalmente de su estructura y composición química (Zárate, 2015).

Los residuos agrícolas utilizados como sustratos para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* fueron la paja de maíz, la pulpa de café y la cáscara de vaina de cacao, que fueron troceados hasta obtener fragmentos de 2 a 3 cm (Mendoza et al., 2019; Ortiz et al., 2020). El troceado se realizó con el fin de reducir el tamaño de partícula, favorecer la expansión del micelio en el sustrato y facilitar la determinación de las variables fisicoquímicas en la etapa de caracterización (Ortiz et al., 2020).

Desinfección del sustrato

El método de desinfección usado para los sustratos es la esterilización. Este proceso consiste en humedecer el sustrato y colocar 150 gramos en bolsas de polipropileno (8 x 12 x 2), y llevarlas al autoclave, con vapor a 121 °C durante una hora (Zárate, 2015).

Inoculación

La inoculación consiste en mezclar el inóculo con el sustrato. De acuerdo con Díaz et al. (2019), la tasa de inoculación recomendada es de 10 g de micelio por cada 100 g de sustrato. A medida que esta disminuye, se reduce el costo asociado a la adquisición de inóculo; sin embargo, aumenta el tiempo requerido para la colonización del hongo y cuanto mayor es el tiempo de colonización, mayor es el riesgo de contaminación (Zárate, 2015). La inoculación se debe realizar en ambientes completamente asépticos o en una cámara de flujo laminar.

Incubación

La etapa de incubación permite la colonización del sustrato por el micelio del hongo, bajo condiciones óptimas de temperatura, luz, ventilación y humedad (Zárate, 2015). Esta fase debe realizar en un área especial, sin ingreso de luz, y con una temperatura de 24 a 30 °C (Mendoza et al., 2019; Ortiz et al., 2020). Su duración varía según el tipo de sustrato, la cantidad de inóculo y la temperatura (Zárate, 2015). Al final del periodo de incubación, el sustrato presenta un aspecto blanquecino (Ortiz et al., 2020). La Tabla 5 muestra los requerimientos para esta etapa.

Tabla 5

*Parámetros de incubación de *Pleurotus ostreatus**

Parámetro	Rango
Humedad Relativa	78 a 86 %.
temperatura ambiente	24 a 30 °C
Temperatura del sustrato	23 a 25 °C
Duración de la incubación	10 a 20 días.
Iluminación	Oscuridad Total.

Nota. Tomado de “Análisis de la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* obtenida a partir de los subproductos de la etapa de despulpado del café,” por Mendoza et al. (2019),

Agroindustrial Science, 9(2), 179–187. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2019.02.11> y “Producción y desarrollo de cuatro aislamientos de *Pleurotus Ostreatus* (Jacq.) cultivados en restos de Cosecha,” por Zárate (2015). <https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c640d626-e56b-4c93-bf51-0a2e265abf00/content>

Fructificación

Tras un periodo de siete y diez días en el área de incubación, el micelio alcanza su pleno desarrollo y se observan los primeros primordios (Zárate, 2015). La cosecha del hongo se da por oleadas productivas es decir cada bolsa produce entre tres o cuatro cosechas.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

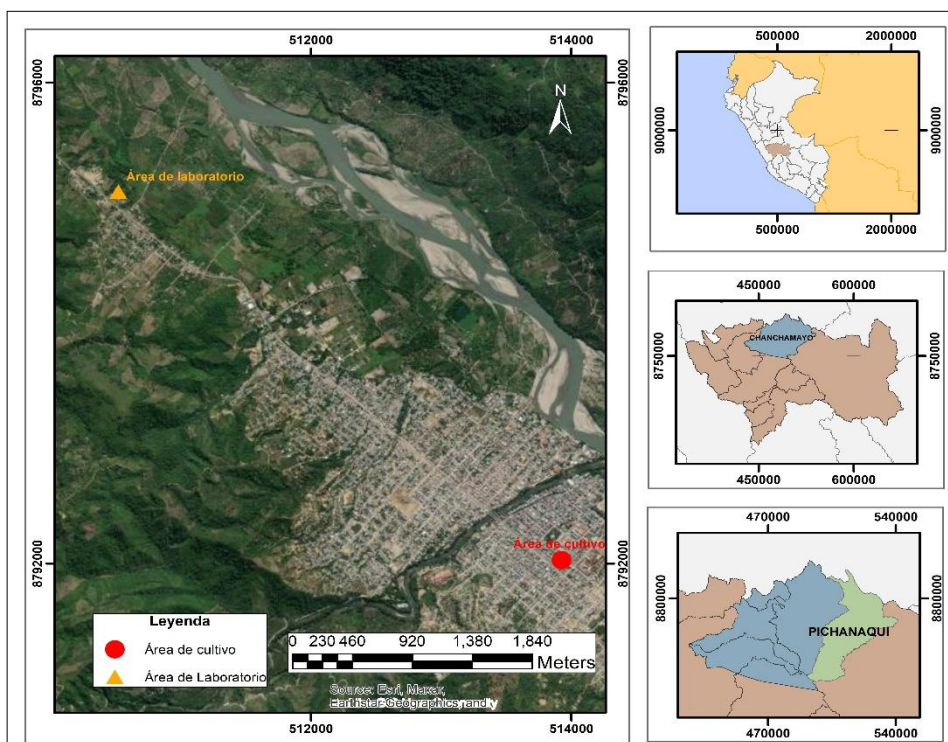
3.1 Ámbito de estudio

Pichanaqui es un distrito ubicado en la provincia de Chanchamayo, región Junín; se caracteriza por tener un clima tropical húmedo y lluvioso, con temperaturas que oscilan entre 22 °C a 32 °C y un promedio de 25 °C. Asimismo, es el segundo distrito con mayor café cultivable en el Perú, representado en más de 20 mil hectáreas; además, es el segundo distrito de la región Junín productor de cacao (Distrito.pe, 2021; Ministerio de Comercio Exterior y Turismo del Perú [MINCETUR], 2018).

El presente estudio se desarrolló en dos espacios. En primer lugar, en el área de laboratorio de la UNISCJSA, ubicado en el distrito de Perené, provincia de Chanchamayo, región Junín; donde se realizaron las etapas de preparación y esterilización del sustrato e inoculación de *Pleurotus ostreatus*. En segundo lugar, en el área de cultivo ubicado en el distrito de Pichanaqui, provincia de Chanchamayo, región Junín; donde se ejecutaron las fases de incubación, inducción, fructificación y cosecha de *Pleurotus ostreatus*, ambos espacios se presentan en la Figura 7.

Figura 7

Mapa de ubicación del área de cultivo y laboratorio en el distrito de Pichanaqui.



3.2 Nivel, tipo y diseño de investigación

Nivel de investigación: La investigación es de nivel explicativo porque va más allá de la descripción de los resultados o del establecimiento de relaciones entre variables. Según Hernandez et al. (2014), este alcance está dirigido a responder por las causas de los eventos y fenómenos; es decir, busca explicar por qué ocurre un fenómeno, en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables.

En la presente investigación se buscó explicar el efecto de las formulaciones de sustratos agrícolas sobre la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, mediante la evaluación de la eficiencia biológica, el rendimiento, la tasa de producción y la concentración de proteínas. Por ello, no solo se describieron los valores obtenidos, sino también se compararon los tratamientos para identificar las formulaciones con mejor desempeño productivo.

Tipo de investigación: La investigación es aplicada, también llamada “investigación práctica o empírica” porque busca aplicar o utilizar los conocimientos científicamente validados para solucionar problemas prácticos de la vida cotidiana o controlar situaciones prácticas. En este caso se buscó contribuir al manejo adecuado de los residuos agrícolas mediante su uso como sustrato para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* (Vargas, 2009).

Diseño de la investigación: La investigación empleó un diseño experimental, debido a que se manipuló deliberadamente la variable independiente con el fin de observar su efecto sobre las variables dependientes.

Se empleó un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) con un solo factor. El factor evaluado fue la formulación de sustrato a partir de residuos agrícolas como cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz, considerando 11 tratamientos y 3 repeticiones por tratamiento, lo que resultó en un total de 33 unidades experimentales. Cada unidad experimental correspondió a una bolsa de cultivo con 200 g de sustrato seco inoculado con 20 g de inóculo (semilla) de *Pleurotus ostreatus*.

En marco al DCA, el comportamiento de cada variable respuesta se empleó el modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, 11 \quad j = 1, 2 \text{ y } 3$$

Y_{ij} : valor observado en el tratamiento i y repetición j

μ : media general

τ_i : efecto del tratamiento

ε_{ij} : error experimental asociado a cada unidad experimental.

Forthofer et al. (2007) señalan que un DCA consiste en asignar los tratamientos de manera aleatoria a las unidades experimentales, en este estudio los 11 tratamientos con tres repeticiones se asignaron al azar a 33 unidades experimentales (bolsas de cultivo) y estas se ubicaron aleatoriamente en las cinco filas del estante, como se observa en la Figura 8.

Figura 8

Distribución aleatoria de las 33 unidades experimentales.

Fila ↴

5	27	28	29	30	31	32	33	← Unidad experimental ← Tratamiento
	F06-R2	F02-R2	F07-R3	F08-R1	F01-R1	F10-R2	F09-R2	
4	20	21	22	23	24	25	26	
	F05-R2	F06-R1	F10-R3	F03-R1	F04-R2	F07-R3	F01-R3	
3	13	14	15	16	17	18	19	
	F03-R2	F04-R3	F11-R1	F07-R1	F06-R3	F01-R2	F02-R1	
2	07	08	09	10	11	12		
	F04-R1	F11-R2	F02-R3	F05-R1	F09-R3	F08-R3		
1	01	02	03	04	05	06		
	F11-R3	F10-R2	F09-R1	F03-R3	F08-R2	F05-R3		

Nota. F: formulación y R: repetición.

La variable independiente “formulación de sustrato” se definió a partir de la composición porcentual en peso (%p/p base seca) de los tres residuos agrícolas mencionados. En la Tabla 6 se presentan las 11 formulaciones evaluadas en el experimento. Cada formulación corresponde a una masa total de 200 g de sustrato seco, equivalente al 100 % de la mezcla.

Tabla 6*Formulación del sustrato en % p/p base seca*

Formulación (F)	CVC (%)	PC (%)	PM (%)	Nomenclatura	Descripción general
F01	100			CVC 100 %	Formulación compuesta por 100 % de cáscara de vaina de cacao
F02		100		PC 100 %	Formulación compuesta por 100 % de pulpa de café.
F03			100	PM 100 %	Formulación compuesta por 100 % de paja de maíz.
F04	20		80	CVC 20 % + PM 80 %	Formulación compuesta por 20 % de cáscara de vaina de cacao y 80 % de paja de maíz.
F05		20	80	PC 20 % + PM 80 %	Formulación compuesta por 20 % pulpa de café y 80 % de paja de maíz.
F06	40		60	CVC 40 % + PM 60 %	Formulación compuesta por 40 % de cáscara de vaina de cacao y 60 % de paja de maíz.
F07		40	60	PC 40 % + PM 60 %	Formulación compuesta por 40 % de pulpa de café y 60 % de paja de maíz.
F08	60		40	CVC 60 % + PM 40 %	Formulación compuesta por 60 % de cáscara de vaina de cacao y 40 % de paja de maíz.
F09		60	40	PC 60 % + PM 40 %	Formulación compuesta por 60 % de pulpa de café y 40 % de paja de maíz.
F10	80		20	CVC 80 % + PM 20 %	Formulación compuesta por 80 % de cáscara de vaina de cacao y 20 % de paja de maíz.
F11		80	20	PC 80 % + PM 20 %	Formulación compuesta por 80 % de pulpa de café y 20 % de paja de maíz.



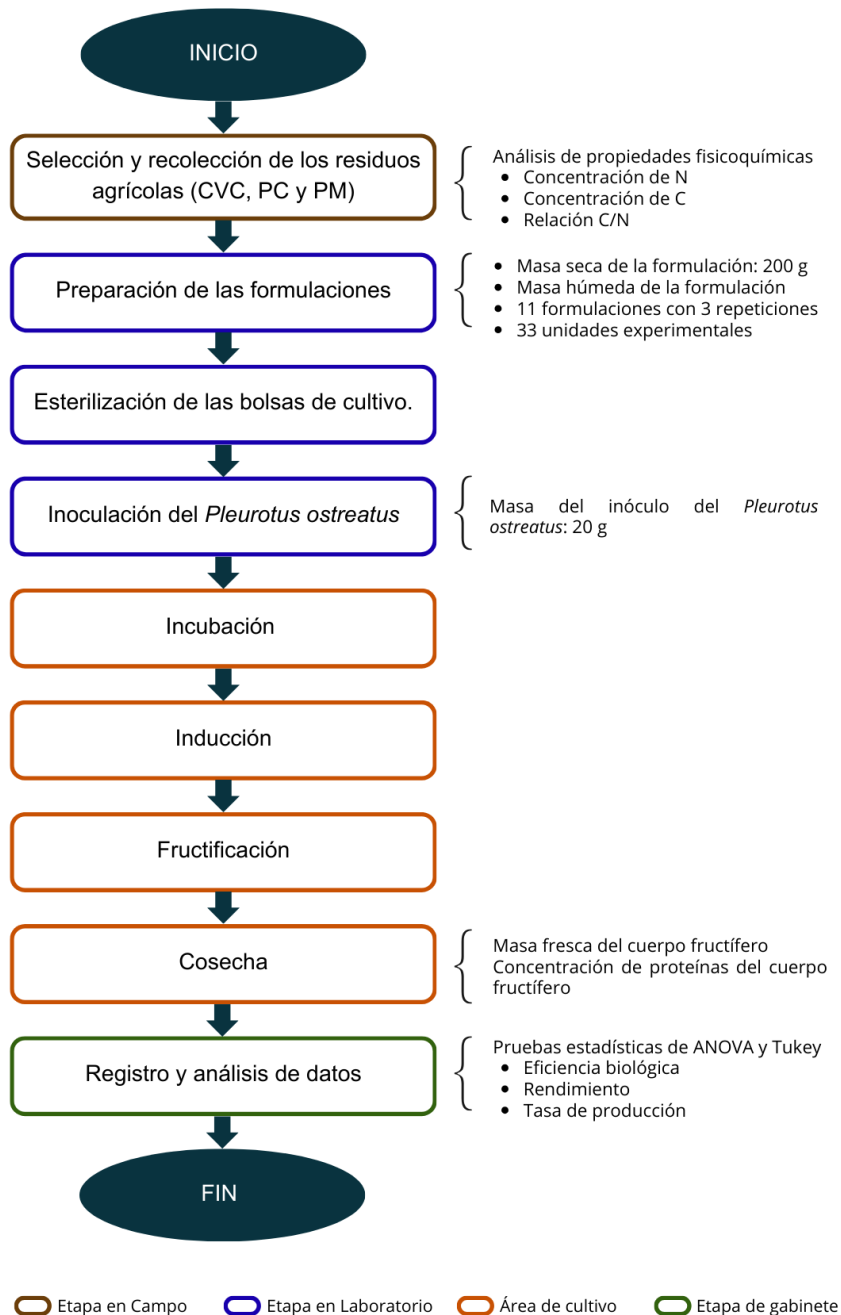
Nota. CVC: cáscara de vaina de cacao, PC: pulpa de café y PM: paja de maíz.

Las variables dependientes fueron la eficiencia biológica, el rendimiento, la tasa de producción y la concentración de proteínas en los cuerpos fructíferos cosechados. Los datos obtenidos de las tres primeras variables se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) de un factor y a la prueba de comparación de medias de Tukey, para determinar diferencias significativas entre las formulaciones. De manera integrada, las etapas desarrolladas

en la presente investigación, desde la selección de los residuos agrícolas hasta el análisis estadístico de los datos, se sintetizan en el flujograma de la Figura 9.

Figura 9

Flujograma del diseño metodológico de la investigación.



3.3 Población y muestra

Población: Conformada por las bolsas de cultivo inoculadas con *Pleurotus ostreatus* y preparadas con sustratos secos a base de cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz en el distrito de Pichanaqui.

Muestra: Conformada por 33 bolsas de cultivo o unidades experimentales, cada una con 200 g de sustrato seco inoculada con *Pleurotus ostreatus*, para la elaboración de las formulaciones del sustrato, se emplearon en total 600 g de cáscara de vaina de cacao, 600 g de pulpa de café y 1 kg de paja de maíz.

3.4.1 Procedimientos

3.4.1.1 Selección de los Residuos Agrícolas. Para la selección de residuos agrícolas se evaluaron tres criterios: abundancia local, accesibilidad en Pichanaqui y composición lignocelulósica. Bajo estos parámetros se eligieron cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz, como sustratos para *Pleurotus ostreatus*, tal como se muestra en la Figura 15.

3.4.1.2 Construcción del Área de Experimentación. Se habilitó un área de aproximadamente 5 m² para la producción de *Pleurotus ostreatus*, dividida en dos ambientes diferenciados: uno para la incubación y otro para la inducción. El área de incubación se acondicionó para mantenerse en completa oscuridad, con el fin de favorecer la colonización del sustrato por el micelio. En cambio, en el área de inducción se permitió el ingreso de luz, pero de forma indirecta, evitando la exposición a luz solar directa para no afectar negativamente el desarrollo de los cuerpos fructíferos.

Las ventanas se cubrieron con plástico para impedir el ingreso de insectos, reducir las corrientes de aire y contribuir a la estabilidad de la temperatura y la humedad del ambiente. Esta medida también ayudó a controlar la cantidad y calidad de luz que ingresaba al área de inducción.

En cada ambiente se instaló una estantería metálica para distribuir las 33 unidades experimentales, organizar el material, optimizar el uso del espacio y facilitar una manipulación segura. Para el control ambiental, se colocó un termohigrómetro digital, con el cual se registraron la temperatura y la humedad del área de cultivo durante todo el periodo experimental.

3.4.1.3 Obtención del Inóculo (Semilla de *Pleurotus ostreatus*). Se empleó inóculo de grano o spawn comercial adquirido de la empresa Fungitoshi. Cada bolsa contenía 200 g de trigo colonizado por *Pleurotus ostreatus*. En la presente investigación, se utilizaron 4 unidades equivalente a 800 g en total, con las cuales se inocularon las 33 unidades experimentales, tal como se observa en la Figura 16.

3.4.1.4 Preparación del Sustrato. De acuerdo con Zárate (2015) la forma de preparar los sustratos depende de su estructura y de su composición química. En esta investigación se realizaron procedimientos específicos para cada residuo agrícola: cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz.

Preparación de la Pulpa de Café

De acuerdo con las recomendaciones de Sánchez & Royse (2001) la pulpa de café se sometió a un proceso de fermentación aeróbica. Para ello, el material se apiló sobre una superficie limpia y se cubrió con plástico, con el fin de evitar la pérdida de humedad sin impedir el ingreso de oxígeno, como se observa en la Figura 17. Al segundo día, cuando la pila alcanzó aproximadamente 55 °C, se inició el volteo diario durante 3 días para favorecer la aireación. Al término del proceso, la pulpa de café se consideró adecuada para su esterilización y uso como sustrato. Posteriormente, el material fue secado con la finalidad de facilitar su conservación durante el almacenamiento. Una vez seco, fue colocado en sacos y almacenado en un lugar limpio, seco y protegido de la humedad.

Preparación de la Cáscara de Vaina de Cacao

La cáscara de vaina de cacao se cortó en trozos de 2 – 3 cm, con el propósito de incrementar el área de contacto entre el micelio y el sustrato, y mejorar el intercambio de oxígeno y nutrientes (Bellettini et al., 2019). Posteriormente, se sumergió en agua durante 24 h para promover una fermentación corta. Luego se escurrió para remover pectinas y compuestos solubles que podrían dificultar la colonización del micelio (Hurtado et al., 2016). Finalmente, el material fue secado al sol hasta alcanzar un estado adecuado de sequedad, a fin de reducir su contenido de humedad y evitar la proliferación de microorganismos. Una vez seco, el sustrato fue acondicionado y almacenado en sacos, en un lugar limpio y protegido de la humedad, hasta su uso en la elaboración de las formulaciones.

Preparación de la Paja de Maíz

La paja de maíz se picó en segmentos de 2 – 3 cm, con la finalidad de favorecer una rápida expansión micelial y facilitar la caracterización química del sustrato, permitiendo que el micelio se desarrollara de manera más homogénea (Ortiz et al., 2020).

Humectación del sustrato

Se pesaron 200 g de sustrato seco por unidad experimental, de acuerdo con las formulaciones establecidas en la Tabla 7, y se distribuyeron en bandejas para su humectación, como se muestra en la Figura 18. La humedad se ajustó hasta aproximadamente 70 %, y se verificó mediante la prueba del puño (el material conservó su forma al comprimirlo y liberó solo unas pocas gotas de agua), según lo descrito por (Mendoza et al., 2019). Inmediatamente después, el sustrato humedecido se embolsó en bolsas de polipropileno transparente de 28 × 7.5 × 6.5 cm.

Tabla 7

Detalles de las formulaciones de los residuos agrícolas en estudio

Formulación (F)	Masa seca total de la formulación (g)			Descripción
	CVC	PC	PM	
F01	200			Formulación compuesta por 200 g de cáscara de vaina de cacao.
F02		200		Formulación compuesta por 200 g de pulpa de café.
F03			200	Formulación compuesta por 200 g de paja de maíz.
F04	40		160	Formulación compuesta por 40 g de cáscara de vaina de cacao y 160 g de paja de maíz.
F05		40	160	Formulación compuesta por 40 g de pulpa de café y 160 g de paja de maíz.
F06	80		120	Formulación compuesta por 80 g de cáscara de vaina de cacao y 120 g de paja de maíz.
F07		80	120	Formulación compuesta por 80 g de pulpa de café y 120 g de paja de maíz.
F08	120		80	Formulación compuesta por 120 g de cáscara de vaina de cacao y 80 g de paja de maíz.
F09		120	80	Formulación compuesta por 120 g de pulpa de café y 80 g de paja de maíz.
F10	160		40	Formulación compuesta por 160 g de cáscara de vaina de cacao y 40 g de paja de maíz.
F11		160	40	Formulación compuesta por 160 g pulpa de café y 40 g de paja de maíz.

Nota. Se evaluaron 11 formulaciones a base de residuos agrícolas con 3 repeticiones para un total de 33 unidades experimentales, distribuidas completamente al azar. Cada unidad experimental estuvo conformada por una bolsa de polipropileno conteniendo 200 g de sustrato.

Esterilización del sustrato

Las bolsas se esterilizaron en el autoclave digital MaXtenileen del laboratorio de la Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central “Juan Santos Atahualpa” a 121 °C durante 1 h, como se muestra en la Figura 19. Una vez concluido el proceso, se dejaron enfriar a temperatura ambiente antes de su manipulación e inoculación, con el fin de evitar daño térmico al micelio.

3.4.1.5 Inoculación de *Pleurotus ostreatus*. En esta fase el micelio de *Pleurotus ostreatus* se combinó con cada una de las formulaciones de sustrato. La tasa de inoculación fue de 10 g de micelio de *Pleurotus ostreatus* por cada 100 g de sustrato, según lo indicado por Díaz et al. (2019). Este procedimiento se realizó en una cámara de flujo laminar para evitar la contaminación de las bolsas con microorganismos externos, como se observa en la Figura 20.

En cada bolsa se agregaron 20 g de micelio de *Pleurotus ostreatus* (considerando 200 g de sustrato húmedo por unidad experimental). Luego, las bolsas se cerraron con ligas y se rotularon de acuerdo con las formulaciones de sustrato establecidas.

3.4.1.6 Incubación. En el área de incubación, las unidades experimentales, conformadas por bolsas con sustrato inoculado con micelio de *Pleurotus ostreatus*, se distribuyeron aleatoriamente en un estante, donde permanecieron en oscuridad hasta que el sustrato estuvo completamente colonizado, como se observa en la Figura 21. Durante esta etapa se registró la temperatura mediante un termohigrómetro digital.

Las bolsas permanecieron en incubación durante un promedio de 20 días. En ese periodo se verificó periódicamente la invasión total del sustrato por el micelio (Mendoza et al., 2019). Al final de la incubación, el sustrato presentó un aspecto blanquecino, indicador de colonización completa y aptitud para continuar con la etapa de inducción (Ortiz et al., 2020).

3.4.1.7 Inducción. Cuando todas las bolsas estuvieron colonizadas, se inició la fase de inducción. Para estimular la formación de los primeros primordios, se modificaron las condiciones ambientales mediante el ajuste de la humedad, la temperatura, la ventilación y la iluminación. Las unidades experimentales se trasladaron a la sala de inducción y se dispusieron aleatoriamente en estantes, como se muestra en la Figura 22. Según Olivera et al. (2018), en cada unidad experimental se practicaron dos cortes laterales de 2 – 3 cm. Luego, se aplicó riego

diario con agua fría mediante un atomizador alrededor de los cortes con el propósito de estimular la emergencia de primordios.

3.4.1.8 Fructificación. En esta etapa aparecieron los primeros primordios entre 3 a 4 días después de la inducción, como se aprecia en la Figura 23. A partir de la aparición de los primeros primordios, se suspendió el riego directo de las unidades experimentales para evitar el encharcamiento y el daño mecánico de los primordios. No obstante, se mantuvo una humedad ambiental elevada mediante nebulizaciones finas indirectas y control del microclima, con el fin de favorecer su desarrollo (Zárate, 2015).

3.4.1.9 Cosecha. Una vez que los basidiocarpos alcanzaron su completo desarrollo, se cortaron utilizando guantes para preservar la higiene. Según Zárate (2015) la recolección se efectuó sujetando la base de cada basidiocarpo entre los dedos y girándolo suavemente hasta extraerlo de la bolsa, para evitar daños en el sustrato. Posteriormente, se retiraron restos de sustrato adheridos y, de ser necesario, se recortó la base. Mediante una balanza digital, los basidiocarpos cosechados de cada unidad experimental se pesaron y se registraron como peso fresco (PF), como se muestra en la Figura 24. Finalmente, para asegurar su adecuada conservación, los cuerpos fructíferos fueron deshidratados y posteriormente empaquetados al vacío para su almacenamiento, como se muestra en la Figura 25.

Esta cosecha correspondió a la primera oleada productiva. Después de la recolección, las unidades experimentales continuaron bajo riego hasta la aparición de nuevos primordios, momento en que se repitió el mismo procedimiento para la siguiente cosecha. En la presente investigación, únicamente se registraron datos de dos oleadas productivas.

3.4.2 *Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos*

En la Tabla 8 se presentan las técnicas e instrumentos empleados para la recolección de datos de la investigación.

Tabla 8*Técnicas e instrumentos usados en la recolección de datos*

Indicador	Técnica	Instrumento
Peso seco y húmedo del sustrato	Medición	Balanza digital
Colonización, primordios y fructificación	Observación directa	Ficha de observación y registro fotográfico
Tiempo de producción	Registro de tiempo	Calendario y ficha de control
Peso fresco de carpóforos	Medición	Balanza digital
Eficiencia biológica, rendimiento y tasa de producción	Cálculo	Matriz de datos en Excel
Concentración de proteína, carbono orgánico total, nitrógeno total y relación C/N	Análisis de laboratorio	Reporte de laboratorio

A. Recolección de datos.

La recolección de datos se realizó durante las etapas del proceso experimental de producción de *Pleurotus ostreatus*. Para ello, cada unidad experimental fue identificada según tratamiento y repetición, lo cual permitió registrar de manera ordenada la información obtenida durante la incubación, inducción, fructificación y cosecha.

Durante el desarrollo del cultivo se aplicó la observación directa, para registrar la colonización del sustrato, la aparición de primordios y la formación de cuerpos fructíferos. Esta información fue consignada en fichas de observación y complementada con registro fotográfico como evidencia del proceso experimental.

En la etapa de cosecha, los cuerpos fructíferos fueron recolectados y pesados en fresco mediante una balanza digital. Los valores obtenidos se registraron por tratamiento y repetición, y posteriormente fueron utilizados para calcular los indicadores productivos: eficiencia biológica, rendimiento y tasa de producción.

La eficiencia Biológica (EB)

Es un indicador de productividad ampliamente utilizado en el cultivo de hongos, determina el potencial biológico del sustrato para la producción de hongo (Martínez et al., 2008). Operativamente, la EB se determina como la relación entre el peso fresco total de hongos cosechados y el peso seco inicial del sustrato, multiplicada por 100 para expresarla en porcentaje (Maccapa et al., 2024). En la presente investigación, la EB se calculó de forma individual para cada formulación y repetición. La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$EB = \frac{\text{Peso de los basidiocarpos frescos (Kg)}}{\text{Peso del sustrato seco (Kg)}} \times 100$$

Rendimiento (R)

El rendimiento es un indicador de productividad que cuantifica la producción de cuerpos fructíferos en base al peso húmedo inicial del sustrato. En términos operativos, se determina como la relación entre el peso fresco total de hongos cosechados y el peso húmedo del sustrato al inicio del cultivo, multiplicada por 100 para reportarla como porcentaje (Maccapa et al., 2024). En esta investigación, el rendimiento se calculó de manera individual por cada formulación y repetición. Los valores del rendimiento se calcularon utilizando la siguiente fórmula:

$$R = \frac{\text{Peso de hongo fresco (Kg)}}{\text{Peso del sustrato humedo (Kg)}} \times 100$$

Tasa de producción (TP)

Es un indicador que integra cantidad producida y tiempo, por lo que expresa el potencial productivo diario del cultivo. En términos operativos como el cociente entre la eficiencia biológica (%) y el tiempo de producción (días) (Zárate, 2015). La tasa de producción se determinó de la siguiente manera.

$$TP = \frac{\text{Eficiencia Biológica (EB)}}{\text{Tiempo de Produccion (dias)}}$$

Asimismo, se recolectaron muestras para análisis de laboratorio, con la finalidad de determinar la concentración de proteínas en los cuerpos fructíferos y las características químicas de los residuos agrícolas empleados como sustratos, considerando el carbono orgánico total, nitrógeno total y la relación carbono/nitrógeno.

Análisis de laboratorio

Se recolectaron muestras para análisis de laboratorio con la finalidad de determinar la composición química de los residuos agrícolas empleados como sustratos y la concentración de proteínas en los cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* los cuales se muestran en la tabla 9.

Tabla 9

Métodos para la caracterización química de los residuos agrícolas y determinación de la concentración de proteína en los cuerpos fructíferos

Caracterización química de los residuos agrícolas		
Parámetro	Método	Institución
Carbono	Vía seca con método "ASTM 2974-20e1 Standard Test Methods for Determining the Water"	Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)-Pichanaqui
Nitrógeno	Micro-Kjeldahl	Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)-Pichanaqui
Análisis de proteína en los cuerpos fructíferos		
Parámetro	Método	Institución
Proteína	AOAC 978.04 (A) Cap. 3, Pag 28, 21st Edition 2019	La Molina Calidad Total Laboratorios – UNALM

3.4 Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron organizados en una matriz en Microsoft Excel, considerando los 11 tratamientos y sus tres repeticiones. A partir del peso fresco cosechado, el peso del sustrato y el tiempo de producción, se calcularon los indicadores productivos: eficiencia biológica, rendimiento y tasa de producción. Luego, los datos fueron procesados en el software R y SPSS. Se realizó un análisis descriptivo mediante promedios y desviación estándar. Asimismo, se verificaron los supuestos estadísticos mediante la prueba de Shapiro-Wilk para la normalidad y la prueba de Levene para la homogeneidad de varianzas.

Finalmente, se aplicó un análisis de varianza de un factor (ANOVA) para determinar diferencias significativas entre las formulaciones de sustrato. Cuando se identificaron diferencias significativas, se utilizó la prueba de Tukey al 95 % de confianza (el valor de $p < 0.05$ fue significativo).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación de resultados y discusión.

Del objetivo 1: Caracterización de los residuos agrícolas.

De la Tabla 10 se observa que la pulpa de café presentó el mayor contenido de carbono orgánico (CO) con 54.30 %, nitrógeno (N) de 1.80 % y la relación carbono/nitrógeno más baja (C/N) de 30.02. Estos resultados indican que es un residuo agrícola con alta disponibilidad de compuestos nitrogenados. De manera similar Getachew et al. (2023) reportaron en pulpa de café un CO de 51.96 %, N de 2.03 % y una relación C/N de 25.60. Por tanto, ambos estudios coinciden en caracterizar a este residuo como una fuente rica en nitrógeno. Perraud et al. (2000) señalan que aproximadamente el 60 % del nitrógeno presente en la pulpa de café se encuentra en forma de aminoácidos, como lisina, treonina, tirosina, valina, lo que refuerza su potencial para enriquecer nutricionalmente las formulaciones de sustrato empleadas en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

En el caso de la paja de maíz, la Tabla 10 muestra un contenido de CO de 53.39 %, el nivel más bajo de N con 0.69 % y la mayor relación C/N con 77.37. Estos resultados confirman que es un residuo agrícola de naturaleza lignocelulósica, pero pobre en nitrógeno. Merlo (2016) & Romero et al. (2018) registraron resultados similares en paja de maíz 47.07 % de CO, 0.68 % de N y una relación C/N de 69.72, describiendo a la paja de maíz como sustrato con baja concentración de N y relación C/N elevada. Las diferencias en los valores pueden atribuirse al manejo agronómico, las condiciones de secado y almacenamiento del material. En la presente investigación la paja de maíz por su composición química proporcionó a los demás residuos agrícolas un soporte lignocelulósico y como su estructura es suave y esponjosa favoreció la aireación y retención de humedad durante el desarrollo micelial (Grimm et al., 2024).

En la Tabla 10 la cáscara de vaina de cacao presentó un contenido de CO de 53.02 %, N de 1.04 % y relación C/N de 50.98. Estos valores la sitúan en una posición intermedia entre la pulpa de café y paja de maíz; por tanto, es un residuo agrícola con aporte moderado de CO y N, mostrando un balance nutricional equilibrado. Mwafulirwa et al. (2024) reportaron resultados similares en cáscara de vaina de cacao una concentración de CO de 41.4 %, N de 0.90 % y relación C/N de 47.5. Aunque existen diferencias en el contenido de carbono orgánico, ambos estudios coinciden en describir este residuo como un material lignocelulósico con aporte

moderado de nitrógeno. Estas variaciones podrían deberse a las condiciones de cultivo, el procesamiento del fruto o el grado de descomposición del residuo agrícola.

Tabla 10

Caracterización química de los residuos agrícolas cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz.

Residuo agrícola	Carbono Orgánico (%)	Nitrógeno (%)	C/N
Cáscara de vaina de cacao	53.02	1.04	50.98
Pulpa de café	54.03	1.80	30.02
Paja de maíz	53.39	0.69	77.38

Del objetivo 2: Cuantificación de la eficiencia biológica, rendimiento y tasa de producción en el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*.

Masa

En la Figura 10 se muestran los valores de masa fresca obtenida del hongo *Pleurotus ostreatus* durante las dos cosechas para cada una de las once formulaciones evaluadas. La producción acumulada del experimento alcanzó 2 232.95 g, de este total, la primera cosecha aportó 1532.6 g, equivalente a 67.08 % mientras que la segunda cosecha contribuyó con 752.30 g, equivalente a 32.92 %. Este patrón evidencia una mayor contribución productiva en la primera cosecha frente a la segunda.

Los promedios de masa total por formulación mostraron un amplio gradiente, con valores entre 0.00 g y 104.60 g. El promedio más alto se registró en F01 (CVC 100 %) con 104.60 g y F05 (PC 20 % + PM 80 %) con 103 g, seguidas por F10 (CVC 80 % + PM 20 %) con 97.37 g y F06 (CVC 40 % + PM 60 %) con 96.63 g. En un nivel intermedio se ubicaron F04 (CVC 20 % + PM 80 %) con 87.73 g y F09 (PC 60 % + PM 40 %) con 80 g. Los menores promedios corresponden a F08 (CVC 60 % + PM 40 %) con 59.67 g, F03 (PM 100 %) con 47.30 g, F11 (PC 80 % + PM 20 %) con 43 g y F07 (PC 40 % + PM 60 %) con 42.33 g, mientras que F02 (PC 100 %) no presentó producción.

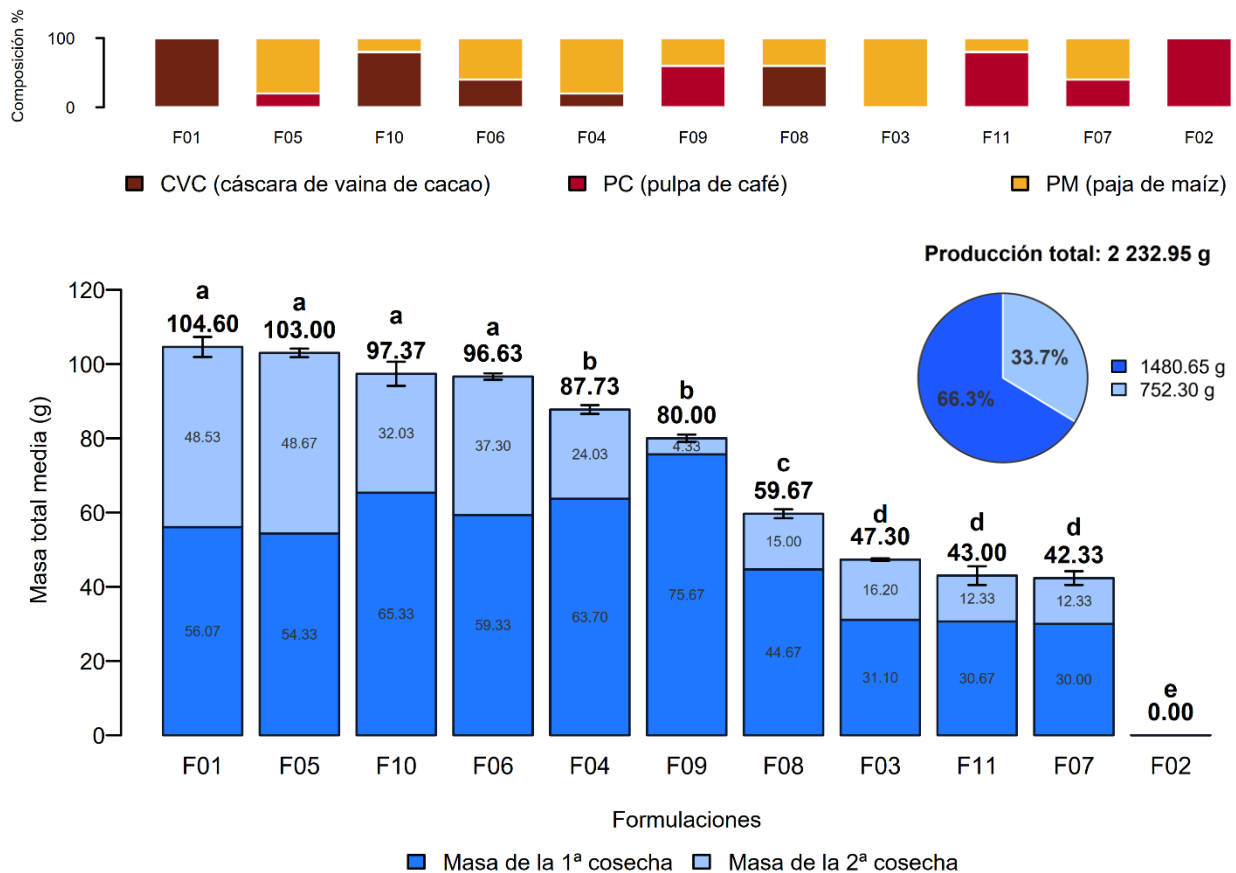
El comportamiento observado muestra que la mayor producción se concentró en la primera cosecha, seguida de una disminución en la segunda, lo que concuerda con lo reportado por Tekeste et al. (2020), quienes mencionan que la reducción progresiva se debe al

agotamiento de nutrientes y la pérdida de humedad del sustrato tras la primera fructificación. Por el contrario, la formulación F02 (100 % pulpa de café) no presentó desarrollo de cuerpos fructíferos, obteniéndose una masa total de 0.00 g, lo cual coincide con los resultados de De la Cruz (2024) quien también reportó ausencia de producción al utilizar exclusivamente pulpa de café como sustrato

En general, el gráfico permite apreciar una tendencia clara: los tratamientos que contienen CVC combinada con PM lograron mayores masas acumuladas, mientras que aquellos con mayor proporción de pulpa de café mostraron rendimientos inferiores o nulos. Esto demuestra la viabilidad de la CVC como un residuo agrícola apto para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* y su potencial para ser aprovechado en la producción sostenible de hongos comestibles.

Figura 10

Promedio de la masa de Pleurotus ostreatus según la composición de las formulaciones de sustrato ordenadas de mayor a menor.



Eficiencia Biológica (EB)

En la Tabla 11 se presentan los estadísticos descriptivos de la eficiencia biológica (%) de *Pleurotus ostreatus* para las once formulaciones de sustrato evaluadas. La media global de la EB fue 34.62 %, con una desviación estándar de 16.23 %, un error estándar de 2.82 % y un intervalo de confianza al 95 % para la media entre 28.87 % y 40.37 %. Las medias por formulación se situaron entre 0.00 % y 52.30 %, los valores mínimo y máximo observados fueron 0.00 % y 55.00 %, respectivamente.

Tabla 11

Estadísticos descriptivos de la Eficiencia Biológica por tratamiento.

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95 % de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
F01	3	52.30	2.35	1.35	46.47	58.13	50.75	55.00
F02	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F03	3	23.65	0.30	0.17	22.90	24.40	23.35	23.95
F04	3	43.87	1.03	0.59	41.32	46.42	43.00	45.00
F05	3	51.50	1.00	0.58	49.02	53.98	50.50	52.50
F06	3	48.32	0.74	0.43	46.47	50.16	47.50	48.95
F07	3	21.17	1.61	0.93	17.17	25.16	20.00	23.00
F08	3	29.83	1.04	0.60	27.25	32.42	29.00	31.00
F09	3	40.00	0.87	0.50	37.85	42.15	39.00	40.50
F10	3	48.68	2.82	1.63	41.69	55.68	45.55	51.00
F11	3	21.50	2.18	1.26	16.09	26.91	20.00	24.00
Total	33	34.62	16.23	2.82	28.87	40.37	0.00	55.00

Se verificó el supuesto de normalidad de la EB mediante la prueba de Shapiro–Wilk aplicada a los residuos estandarizados del modelo. El análisis mostró un estadístico W de 0.97 con 33 grados de libertad y un p valor de 0.39, por lo que se acepta la H_0 . En conclusión, los residuos de la EB cumplieron el supuesto de normalidad, condición necesaria para la aplicación del análisis de varianza (ANOVA) de una vía.

Tabla 12*Prueba de normalidad de la Eficiencia Biológica*

Variable (residuos estandarizados)	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	D	Grados de Libertad	P valor	W	Grados de Libertad	P valor
Eficiencia Biológica	0.11	33	<0.20	0.97	33	0.39

La decisión estadística: Utilizando un nivel de significancia del 5 % ($\alpha = 0.05$) y teniendo como H_0 : Los residuos estandarizados de la eficiencia biológica se distribuyen normalmente y H_1 : Los residuos estandarizados de la eficiencia biológica no se distribuyen normalmente. Comparando el p valor $> \alpha \rightarrow 0.39 > 0.05$. Por tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alternativa (H_1).

Asimismo, se evaluó el supuesto de homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene basada en la mediana y con grados de libertad ajustados. El análisis ilustró un estadístico de Levene de 0.61, con 10 grados de libertad y un p valor de 0.78, por lo que se acepta la H_0 . En conclusión, no existe diferencias significativas en la variabilidad de EB entre los tratamientos y junto con la normalidad de residuos se cumplen las condiciones para aplicar un ANOVA de una vía y comparaciones múltiples mediante Tukey.

Tabla 13*Prueba de igualdad de Levene de la Eficiencia Biológica*

Variable	Método	F	Grados de Libertad 1	Grados de Libertad 2	P valor
Eficiencia Biológica	Mediana con grados de libertad ajustado	0.61	10	9.92	0.78

La decisión estadística: Utilizando un nivel de significancia del 5 % ($\alpha = 0.05$) y teniendo como H_0 : La varianza de todos los tratamientos son iguales (homogeneidad de varianzas) y H_1 : Al menos una varianza es diferente de las otras (heterocedasticidad). Comparando el p valor $> \alpha \rightarrow 0.78 > 0.05$. Por tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alternativa (H_1).

En la tabla 14, se observa los resultados del ANOVA de una vía aplicado para evaluar el efecto de los tratamientos (formulaciones) en la EB de *Pleurotus ostreatus*, donde se aceptó la H_1 . El análisis mostró diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones de sustrato, con un valor de $p < 0.001$. Por tanto, se evidenció que los tratamientos influyeron significativamente en la eficiencia biológica.

Tabla 14

Análisis de varianza (ANOVA) de la Eficiencia Biológica (%) de Pleurotus ostreatus.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P valor
Tratamientos	8376.786	10	837.679	364.292*	<0.001
Error	50.588	22	2.299		
Total	8427.375	32			

Nota. Nivel de significancia $\alpha = 0.05$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

La decisión estadística: Utilizando un nivel de significancia del 5 % ($\alpha = 0.05$) y teniendo como H_0 : La media de la eficiencia biológica es igual en todos los tratamientos y H_1 : Al menos uno de los tratamientos presenta una media de eficiencia biológica diferente. Comparando el p valor $< \alpha \rightarrow p < 0.01^* < 0.05$. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1).

En la Tabla 15 y Figura 11, se aprecia la prueba Tukey para las medias de eficiencia biológicas del cultivo *Pleurotus ostreatus*, realizada al 95 % de confiabilidad. Los tratamientos F01 (100 % CVC), F05 (20 % PC + 80 % PM), F10 (80 % CVC + 20 % PM), F06 (40 % CVC + 60 % PM), con valores de 52.30, 51.50, 48.68 y 48.32 %, respectivamente, fueron el grupo con las medias más altas de EB y no presentaron diferencias estadísticamente significativas. Los tratamientos F04 (20 % CVC + 80 % PM) y F09 (60 % PC + 40 % PM) presentaron valores intermedios de EB de 43.87 y 40 %, respectivamente. Las medias más bajas de EB se obtuvieron en F08 (60 % CVC + 40 % PM), F03 (100 % de PM), F11 (80 % PC + 20 % PM), F07 (40 % PC + 60 % PM) con 29.83, 23.65, 21.50 y 21.17 %, respectivamente. Finalmente, el tratamiento F02 (100 % PC) no presentó fructificación por lo que no fue imposible estimar su EB.

Tabla 15*Prueba de Tukey de la Eficiencia biológica*

Tratamiento	N	Media	Subconjunto para alfa = 0.05				
			1	2	3	4	5
F01	3	52.30	a				
F05	3	51.50	a				
F10	3	48.68	a				
F06	3	48.32	a				
F04	3	43.87		b			
F09	3	40.00		b			
F08	3	29.83			c		
F03	3	23.65				d	
F11	3	21.50				d	
F07	3	21.17				d	
F02	3	0.00					e

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

El tratamiento F01 alcanzó la media más alta de EB (52.30 %), lo que sugiere que la CVC es un sustrato favorable para la producción de *Pleurotus ostreatus*. Este resultado es coherente con la preferencia de la especie por sustratos lignocelulósicos con mayor disponibilidad de carbono y menor requerimiento de nitrógeno (Hoa et al., 2015). En esa línea, la CVC presentó una relación C/N de 50.98, ubicada dentro del intervalo 37-53, asociado a mejores resultados de EB reportado por Ruilova et al. (2017). Lowor & Ofori (2018) obtuvieron una EB mayor (61 %) utilizando la CVC, la diferencia con el presente estudio podría atribuirse a que en dicha investigación compostaron la CVC por 28 días, lo cual pudo incrementar la degradabilidad del sustrato y su disponibilidad de nutrientes.

En los tratamientos formulados con CVC + PM, F10 y F06 se ubicaron en el grupo estadístico superior de EB, F04 en un nivel siguiente y F08 en el grupo intermedio. Esta distribución sugiere un efecto favorable de la CVC sobre la EB, consistente con la relación C/N reportada para este residuo agrícola. Sin embargo, la respuesta de F08 indica que la EB no aumenta de forma proporcional al incrementar el porcentaje de CVC en la mezcla. La fructificación de *Pleurotus ostreatus* está condicionada por propiedades químicas y físicas del sustrato (Hoa et al., 2015), y las variaciones en las proporciones de CVC-PM pueden modificar

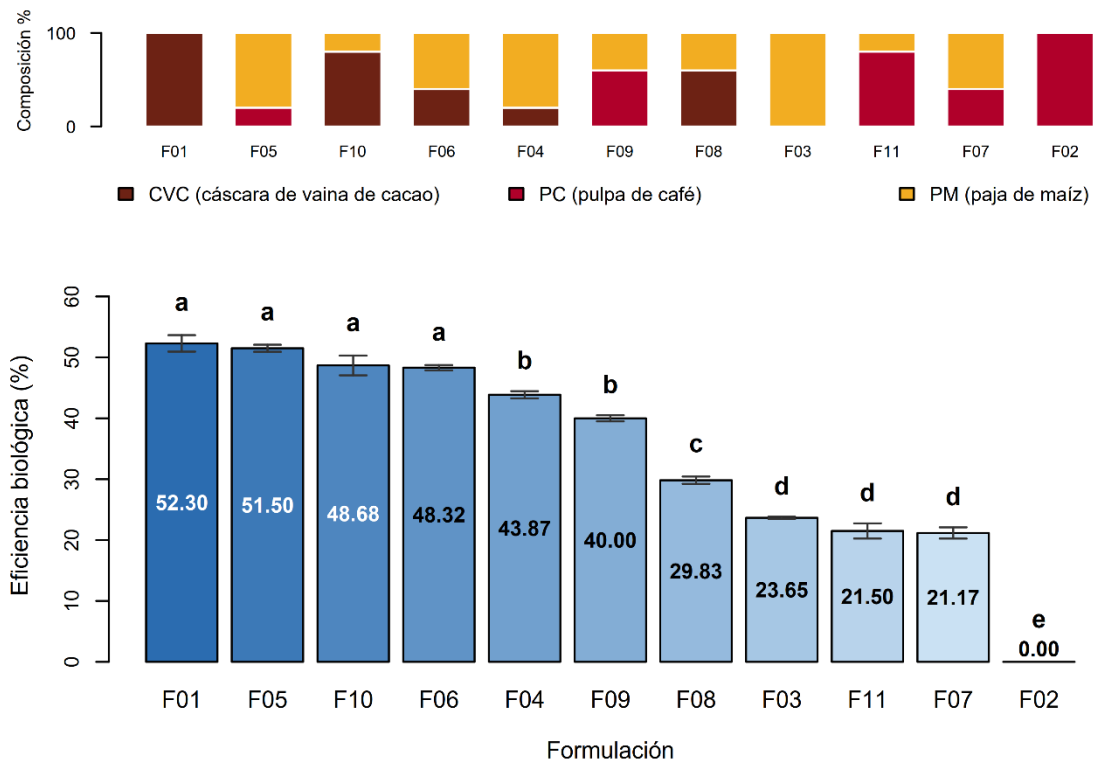
la porosidad, la aireación y la retención de humedad (Wiafe et al., 2022). Bajo esa perspectiva, la ubicación intermedia de F08 podría explicarse por condiciones físicas menos favorables.

El tratamiento F02 no presentó fructificación, por lo que su EB fue nula. Este resultado puede explicarse por la baja relación C/N (30.02), inferior al intervalo óptimo reportado por Ruilova et al. (2017). Asimismo, estos autores indican que las mayores EB se obtienen con valores de N entre 0.9 a 1.2 % mientras que valores superiores pueden inhibir el crecimiento micelial y reducir la EB (Picornell et al., 2016). En el presente estudio, la PC presentó 1.8 % de N, valor superior a dicho rango, lo que explicaría la ausencia de fructificación en F02. Un comportamiento similar fue reportado por De la Cruz (2024), quien tampoco obtuvo fructificación al emplear PC al 100 % como sustrato.

En los tratamientos formulados con PC + PM, F05 se ubicó en el grupo estadístico superior de EB, F09 en un nivel siguiente, F11 y F07 en el grupo con las medias más bajas. Esta distribución sugiere que la incorporación de PC fue más favorable en proporciones bajas (<20 %), mientras que porcentajes mayores no incrementan la EB; una posible causa puede deberse a que al aumentar la PC se incrementa el aporte de nitrógeno (PC = 1.80 % N frente a PM = 0.69 % N), lo que influye en el balance químico del sustrato y puede limitar la fructificación. Por tanto, la PC podría utilizarse como un suplemento, dado que la suplementación en *Pleurotus ostreatus* se adiciona en proporciones menores a 20 % de la cantidad total del sustrato.

Figura 11

*Eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* según la composición de las formulaciones de sustrato ordenadas de mayor a menor media.*



ANOVA 1 vía (Formulación) + Tukey HSD ($\alpha = 0.05$). Barras = media \pm SE; letras = grupos.

Rendimiento (R)

En la Tabla 16 se presentan los estadísticos descriptivos del R (%) de *Pleurotus ostreatus* para las once formulaciones de sustrato evaluadas (F01–F11). La media general del R fue 11.92 %, con una desviación estándar de 4.70 %, un error estándar de 0.82 % y un intervalo de confianza al 95 % para la media entre 10.25 % y 13.58 %. Las medias por formulación se situaron entre 0.00 % y 16.65 %, y los valores mínimo y máximo observados fueron 0.00 % y 16.83 %, respectivamente.

Tabla 16*Estadísticos descriptivos del Rendimiento por tratamiento*

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95 % de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
F01	3	14.57	0.65	0.37	12.96	16.18	14.16	15.32
F02	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F03	3	8.55	0.14	0.08	8.20	8.90	8.39	8.64
F04	3	14.83	0.30	0.17	14.08	15.57	14.49	15.06
F05	3	13.87	0.71	0.41	12.11	15.63	13.06	14.38
F06	3	16.65	0.17	0.10	16.23	17.07	16.46	16.79
F07	3	10.01	0.77	0.44	8.10	11.92	9.32	10.84
F08	3	10.66	0.40	0.23	9.68	11.64	10.36	11.11
F09	3	15.73	0.55	0.32	14.37	17.09	15.10	16.11
F10	3	15.85	1.00	0.57	13.38	18.33	14.84	16.83
F11	3	10.35	1.34	0.77	7.02	13.69	9.32	11.87
Total	33	11.92	4.70	0.82	10.25	13.58	0.00	16.83

Posteriormente, se verificó el supuesto de normalidad del R mediante la prueba de Shapiro–Wilk aplicada a los residuos estandarizados del modelo, como se muestra en la Tabla 17. El análisis arrojó un estadístico W de 0.98 con 33 grados de libertad y un p valor de 0.62, por lo que se acepta la hipótesis nula. En consecuencia, se concluye que los datos de eficiencia biológica cumplen adecuadamente el supuesto de normalidad, condición necesaria para la aplicación del análisis de varianza (ANOVA) de una vía.

Tabla 17*Prueba de normalidad del Rendimiento*

Variable (residuos estandarizados)	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	D	Grados de Libertad	P valor	W	Grados de Libertad	P valor
Rendimiento	0.10	33	<0.20	0.98	33	0.62

La decisión estadística: Utilizando un nivel de significancia del 5 % ($\alpha = 0.05$) y teniendo como H_0 : Los residuos estandarizados del R se distribuyen normalmente y H_1 : Los residuos estandarizados del R

no se distribuyen normalmente. Comparando el p valor $> \alpha \rightarrow 0.62 > 0.05$. Por tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alternativa (H_1).

Asimismo, se evaluó el supuesto de homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene basada en la mediana y con grados de libertad ajustados, como se observa en la Tabla 18. El análisis arrojó un estadístico de Levene de 0.80, con 10 grados de libertad y un p valor de 0.63, por lo que se acepta la hipótesis nula. En consecuencia, se concluye que la variabilidad es homogénea entre los tratamientos y junto con la normalidad de residuos se cumplen las condiciones para aplicar un ANOVA de una vía y comparaciones múltiples mediante Tukey.

Tabla 18

Prueba de igualdad de Levene del Rendimiento

Variable	Método	F	Grados de Libertad 1	Grados de Libertad 2	P valor
Rendimiento	Mediana con grados de libertad ajustado	0.80	10	9.33	0.63

La decisión estadística: Utilizando un nivel de significancia del 5 % ($\alpha = 0.05$) y teniendo como H_0 : La varianza de todos los tratamientos son iguales (homogeneidad de varianzas) y H_1 : Al menos una varianza es diferente de las otras (heterocedasticidad). Comparando el p valor $> \alpha \rightarrow 0.63 > 0.05$. Por tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alternativa (H_1).

Cumplidos estos supuestos, en la Tabla 19 se presenta el análisis de varianza (ANOVA) del R (%) de *Pleurotus ostreatus* según la formulación de sustrato. El ANOVA mostró un efecto altamente significativo de la formulación sobre el R, con F (10.22) y $p < 0.001$. En consecuencia, se rechazó la hipótesis nula (H_0) que establece igualdad de medias entre formulaciones, concluyéndose que al menos una formulación presentó un R promedio significativamente diferente.

Tabla 19

Análisis de varianza (ANOVA) del rendimiento (%) de Pleurotus ostreatus según formulación de sustrato.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	P valor
Tratamientos	698.262	10	69.826	156.647	<0.001
Error	9.807	22	0.446		
Total	708.069	32			

Nota. Nivel de significancia $\alpha = 0.05$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Posteriormente, se utilizó la prueba de Tukey HSD ($\alpha = 0.05$), para identificar específicamente entre qué formulaciones se presentaron las diferencias, controlando el error por comparaciones múltiples. Como se observa en la Tabla 20, se agruparon las formulaciones en seis subconjuntos homogéneos, evidenciando diferencias significativas entre tratamientos para el R.

Tabla 20

Prueba Tukey de Rendimiento

Formulación	N	Media	Subconjunto para alfa = 0.05						
			1	2	3	4	5	6	
F06	3	16.65	a						
F10	3	15.85	a	b					
F09	3	15.73	a	b	c				
F04	3	14.83	a	b	c				
F01	3	14.57		b	c				
F05	3	13.87			c				
F08	3	10.66				d			
F11	3	10.35				d	e		
F07	3	10.01				d	e		
F03	3	8.55					e		
F02	3	0							0.00

En la Figura 12 se presenta el rendimiento promedio (R) de las once formulaciones evaluadas para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. Los promedios más altos de R, sin diferencias estadísticamente significativas entre sí, correspondieron a F06 (40 % CVC + 60 % PM), F10 (80 % CVC + 20 % PM), F09 (60 % PC + 40 % PM) y F04 (20 % CVC + 80 % PM), con valores de 16.65 %, 15.85 %, 15.73 % y 14.83 %, respectivamente. En un nivel intermedio se ubicaron F01 (100 % CVC) y F05 (20 % PC + 80 % PM), con promedios de 14.57 % y 13.87 %. En contraste, los promedios más bajos se registraron en F08 (60 % CVC + 40 % PM), F11 (80 % PC + 20 % PM), F07 (40 % PC + 60 % PM) y F03 (100 % PM), con 10.66 %, 10.35 %, 10.01 % y 8.55 %, respectivamente. Finalmente, F02 (100 % PC) no presentó fructificación, por lo que no fue posible calcular el R.

El tratamiento F06 registró el mayor promedio de R y superó el umbral de aceptabilidad reportado para la tecnología de cultivo de hongos. Según Maccapa et al. (2024) una producción se

considera aceptable desde el punto de vista económico cuando el R es superior al 10 %. Su respuesta podría relacionarse con la composición del sustrato, ya que los materiales con mayor disponibilidad de carbono suelen favorecer la respuesta productiva de *Pleurotus* (Subedi et al., 2023). En el presente estudio, la CVC con 53.02 % de carbono, y la PM con 53.39 %, son materiales lignocelulósicos con una alta fracción carbonatada, lo cual probablemente favoreció el metabolismo del hongo durante la colonización y fructificación. Además, la proporción de PM en F06 pudo aportar una estructura más fibrosa y porosa al sustrato, aspecto relevante para el intercambio gaseoso y la disponibilidad de oxígeno dentro del medio de cultivo, factores clave para una colonización eficiente y una fructificación sostenida (Bellettini et al., 2019). Este comportamiento coincide con lo reportado por Ndah et al. (2024) quien señaló como mejor sustrato orgánico una mezcla compuesta por 50 % *cocoa pod husk* y 50 % *corn husk*.

En los tratamientos con combinaciones de CVC + PM se observa un patrón claro: F06, F10 y F04 alcanzaron promedios altos de R, mientras que F08 descendió al grupo de menor desempeño. Esto sugiere que la incorporación de CVC en mezclas con un residuo estructurante como PM puede favorecer el R; sin embargo, dicho efecto no aumenta de forma proporcional conforme se incrementa el porcentaje de CVC. Este comportamiento no lineal resulta razonable, ya que el R no depende únicamente de la calidad química del residuo, sino también del microambiente físico formado dentro del bloque de sustrato (Hoa et al., 2015). En esa línea, revisiones recientes señalan que las variaciones en el tamaño de partícula, el grado de compactación y el preprocesamiento pueden modificar la porosidad y la retención de humedad, generando condiciones menos favorables para el crecimiento fúngico, incluso cuando el residuo es adecuado desde el punto de vista lignocelulósico (Dong et al., 2025).

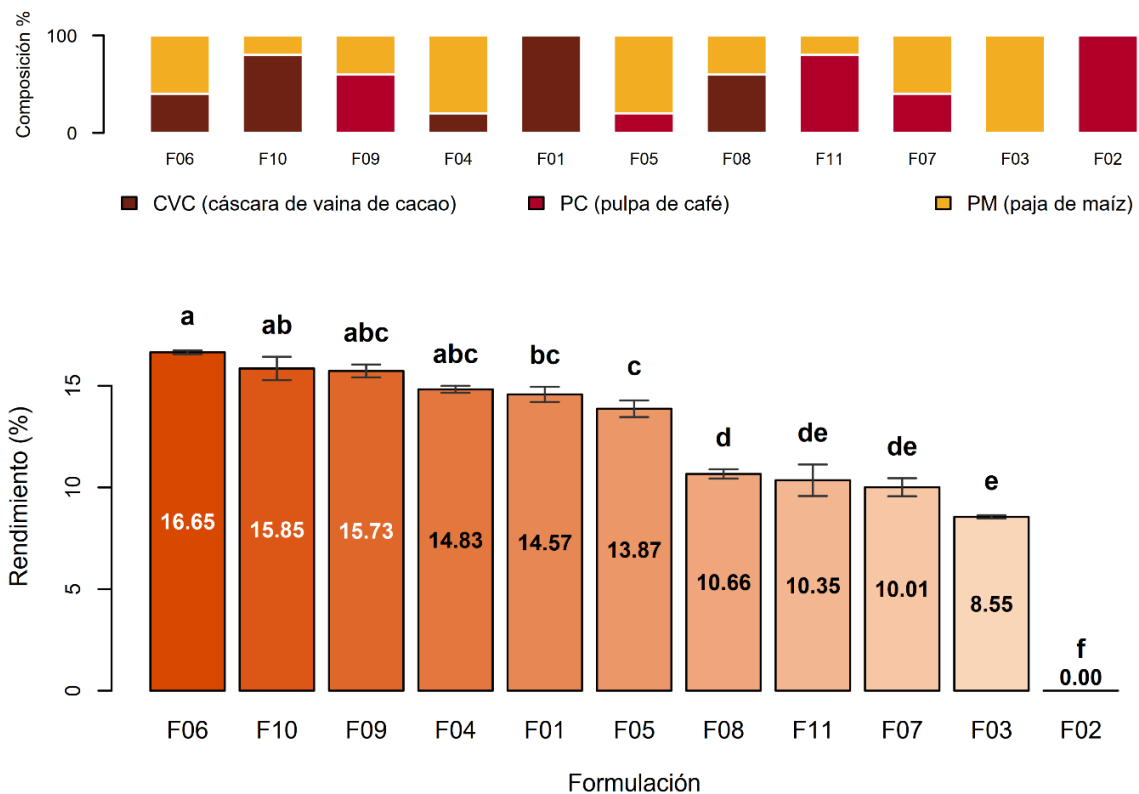
En los tratamientos PC + PM, el comportamiento fue distinto. F09 mostró un promedio alto de R, F05 se ubicó en un nivel intermedio, mientras que F07 y F11 registraron promedios bajos. Por su parte, F02 (100 % PC) no presentó fructificación. En conjunto, estos resultados sugieren que la PC puede contribuir a un buen R cuando la mezcla conserva condiciones físicas adecuadas. Nunes et al. (2017) señalan que la cascarilla o residuo de café puede contener cafeína y taninos, compuestos que pueden afectar negativamente el desarrollo de *Pleurotus ostreatus* y limitar su uso como sustrato. En la misma línea, Fan et al. (2006) evaluaron de manera directa el efecto de la cafeína y los taninos en el cultivo de *Pleurotus* sobre residuos de café, y mostraron que estos compuestos tienen un papel importante dentro del sistema. Esto ayuda a explicar por qué la PC al 100 % no permitió la fructificación y por qué mezclas con proporciones altas de PC pueden asociarse con una disminución del R.

El tratamiento F02 (100 % PC) no presentó desarrollo de cuerpos fructíferos y coincide con lo reportado por De la Cruz (2024), quien también observó una producción nula al utilizar pulpa de café como sustrato único. La ausencia de fructificación podría estar relacionada con su alto contenido de nitrógeno ($\approx 1.8\%$) y con la presencia de compuestos como taninos y cafeína, los cuales pueden inhibir el crecimiento del hongo y reducir la eficiencia de colonización (Nunes et al., 2017).

Finalmente, el tratamiento F03 (100 % PM), registró un promedio bajo de R, con 8.55 %, valor inferior al umbral mínimo de aceptabilidad económica reportado para el cultivo de hongos ($R > 10\%$) (Siqueira et al., 2011). Esto indica que la PM, utilizada como sustrato único, no fue suficiente para alcanzar un rendimiento adecuado. Aunque aporta estructura al sustrato, su productividad depende del microambiente que se forma en su interior, cuando la porosidad es insuficiente, la transferencia de oxígeno disminuye, lo que puede afectar tanto la colonización como la fructificación sostenida (Belletini et al., 2019).

Figura 12

Rendimiento de Pleurotus ostreatus según la composición de las formulaciones de sustrato ordenadas de mayor a menor media.



ANOVA 1 vía (Formulación) + Tukey HSD ($\alpha = 0.05$). Barras = media \pm SE; letras = grupos.

Tasa de Producción (TP)

En la Tabla 21 se presentan los estadísticos descriptivos de la TP (%) de *Pleurotus ostreatus* para las once formulaciones de sustrato evaluadas (F01 – F11). Cada formulación se analizó con tres repeticiones ($n = 3$), obteniéndose un total de 33 observaciones. La media general del TP fue 0.70 %, con una desviación estándar de 0.36 %, un error estándar de 0.06 % y un intervalo de confianza al 95 % para la media entre 0.57 % y 0.83 %. Las medias por formulación se situaron entre 0.00 % y 1.21 %, los valores mínimo y máximo observados fueron 0.00 % y 1.25 %, respectivamente.

Tabla 21

Estadísticos descriptivos de la Tasa de Producción por tratamiento

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95 % de intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
F01	3	1.10	0.01	0.00	1.09	1.12	1.10	1.11
F02	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F03	3	0.45	0.02	0.01	0.42	0.49	0.44	0.47
F04	3	1.01	0.06	0.03	0.88	1.15	0.96	1.07
F05	3	1.21	0.05	0.03	1.08	1.34	1.15	1.25
F06	3	1.03	0.05	0.03	0.90	1.16	0.99	1.09
F07	3	0.41	0.04	0.02	0.31	0.50	0.38	0.45
F08	3	0.44	0.02	0.01	0.38	0.49	0.42	0.46
F09	3	0.85	0.02	0.01	0.81	0.89	0.83	0.86
F10	3	0.68	0.06	0.03	0.55	0.82	0.62	0.72
F11	3	0.48	0.04	0.03	0.37	0.59	0.45	0.53
Total	33	0.70	0.36	0.06	0.57	0.83	0.00	1.25

Posteriormente, se verificó el supuesto de normalidad de la TP mediante la prueba de Shapiro–Wilk aplicada a los residuos estandarizados del modelo, como se muestra en la Tabla 22. El análisis arrojó un estadístico W de 0.98 con 33 grados de libertad y un p valor de 0.68, por lo que se acepta la hipótesis nula. En consecuencia, se concluye que los datos de TP cumplen adecuadamente el supuesto de normalidad, condición necesaria para la aplicación del análisis de varianza (ANOVA) de una vía.

Tabla 22*Prueba de normalidad de la Tasa de Producción*

Variable (residuos estandarizados)	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	D	Grados de Libertad	P valor	W	Grados de Libertad	P valor
Tasa de Producción	0.11	33	<0.20	0.98	33	0.68

La decisión estadística: Utilizando un nivel de significancia del 5 % ($\alpha = 0.05$) y teniendo como H_0 : los datos de la TP siguen una distribución normal. y H_1 : los datos de la TP no siguen una distribución normal. Comparando el p valor $> \alpha \rightarrow 0.68 > 0.05$. Por tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alternativa (H_1).

Asimismo, se evaluó el supuesto de homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene basada en la mediana y con grados de libertad ajustados, como se observa en la Tabla 23. El análisis arrojó un estadístico de Levene de 0.59, con 10 grados de libertad y un p valor de 0.80, por lo que se acepta la hipótesis nula. En consecuencia, se concluye que la variabilidad es homogénea entre los tratamientos y junto con la normalidad de residuos se cumplen las condiciones para aplicar un ANOVA de una vía y comparaciones múltiples mediante Tukey.

Tabla 23*Prueba de igualdad de Levene de la Tasa de Producción*

Variable	Método	F	Grados de Libertad 1	Grados de Libertad 2	P valor
Tasa de Producción	Mediana con grados de libertad ajustado	0.59	10	12.45	0.80

La decisión estadística: Utilizando un nivel de significancia del 5 % ($\alpha = 0.05$) y teniendo como H_0 : La varianza de todos los tratamientos son iguales (homogeneidad de varianzas) y H_1 : Al menos una varianza es diferente de las otras (heterocedasticidad). Comparando el p valor $> \alpha \rightarrow 0.80 > 0.05$. Por tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alternativa (H_1).

Cumplidos estos supuestos, en la Tabla 24 se presenta el análisis de varianza (ANOVA) de la TP (%) de *Pleurotus ostreatus* según la formulación de sustrato. El ANOVA mostró un efecto altamente significativo de la formulación sobre la TP, con F (10.22) y $p < 0.001$. En consecuencia, se rechazó la hipótesis nula (H_0) que establece igualdad de medias entre formulaciones, concluyéndose que al menos una formulación presentó una TP promedio significativamente diferente.

Tabla 24

Análisis de varianza (ANOVA) de la Tasa de Producción (%) de Pleurotus ostreatus según formulación de sustrato

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	P valor
Tratamientos	4.221	10	0.422	290.228	<0.001
Error	0.032	22	0.001		
Total	4.253	32			

Nota. Nivel de significancia $\alpha = 0.05$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Posteriormente, se utilizó la prueba de Tukey HSD ($\alpha = 0.05$), para identificar específicamente entre qué formulaciones se presentaron las diferencias, controlando el error por comparaciones múltiples. Como se observa en la Tabla 25, se agruparon las formulaciones en seis subconjuntos homogéneos, evidenciando diferencias significativas entre tratamientos para la TP.

Tabla 25

Prueba Tukey de Tasa de Producción

Formulación	N	Media	Subconjunto para alfa = 0.05						
			1	2	3	4	5	6	
F05	3	1.21	a						
F01	3	1.10	a	b					
F06	3	1.03		b					
F04	3	1.01		b					
F09	3	0.85			c				
F10	3	0.68				d			
F11	3	0.48					e		
F03	3	0.45					e		
F08	3	0.44					e		
F07	3	0.41					e		
F02	3	0.00							0.00

En la Figura 13 se muestran los valores promedio de la TP % de *Pleurotus ostreatus* obtenidos en las once formulaciones evaluadas, entre las cuales se evidenciaron diferencias significativas. El tratamiento F05 (20 % PC + 80 % PM), F01 (100 % CVC), F06 (40 % CVC

+ 60 % PM) y F04 (20 % CVC + 80 % PM) registraron los promedios más alto de R, con 1.21 %/día, 1.10 %/día, 1.03 %/día y 1.01 %/día, respectivamente. En un nivel intermedio se ubicaron F09 (60 % PC + 40 % PM), con 0.85 %/día y), F10 (80 % CVC + 20 % PM) con 0.68 %/día. En contraste, los menores promedios de TP correspondieron a F11 (80 % PC + 20 % PM), F08 (60 % CVC + 40 % PM), F07 (40 % PC + 60 % PM) con 0.48 %/día, 0.45 %/día, 0.44 %/día y 0.41 %/día, respectivamente. Finalmente, F02 (100 % PC) no presentó fructificación, por lo que no fue posible estimar la TP, registrándose un valor de 0.00%/día.

El tratamiento F05 alcanzó el promedio más alto de TP con 1.21 %/día, lo que sugiere que una baja proporción de pulpa de café puede funcionar favorablemente como suplemento dentro de la formulación. Este comportamiento coincide con lo reportado por Mendoza et al. (2019), quienes al combinarla con un material estructurante como la viruta, obtuvieron una TP de 0.75 %/día, mientras que con 100 % de pulpa de café la TP descendió a 0.13 %/día, lo que evidencia que este residuo no responde adecuadamente cuando se utiliza como sustrato único.

Las formulaciones CVC + PM mostraron un comportamiento no lineal en la TP. Las mezclas con mayor proporción de PM como F06 y F04 alcanzaron los promedios más altos, mientras que F08 registro uno de los valores más bajos. Desde el enfoque químico, la CVC presentó una relación C/N intermedia de 50.98, mientras que la PM mostró una relación C/N más alta de 77.38, por ello, las mezclas con 20 a 40 % de CVC pudieron mejoraron la disponibilidad relativa de nutrientes para el micelio. Sin embargo, la disminución observada en F08 indica que la composición química no explica por completo la respuesta del cultivo, debido a que la TP es un indicador que integra producción y tiempo; una menor porosidad efectiva, mayor compactación o menor ventilación interna del sustrato pudieron retrasar la colonización o fructificación, lo que habría prolongado el ciclo y reducido la TP. Esta interpretación es consistente con lo señalado por Bellettini et al. (2019), quienes señalan que factores físicos y químicos del sustrato influyen en el cultivo de *Pleurotus*, y con Jin et al. (2018) quienes asociaron un crecimiento más lento con una menor aireación del sustrato.

En las formulaciones PC + PM, la tendencia indica que una proporción baja de pulpa de café favoreció la TP como ocurrió en F05, en cambio, proporciones mayores, como en F07 y F11, redujeron este indicador. Además, el F02 (100 % de PC) no presentó fructificación. Estos resultados coinciden con lo señalado por Mendoza, et al. (2019), quienes recomiendan utilizar la pulpa de café como suplemento y no como sustrato principal. Asimismo, estudios en subproductos del café han mostrado que compuestos como la cafeína y los taninos pueden afectar el crecimiento micelial y la fructificación de *Pleurotus*, lo que refuerza la conveniencia

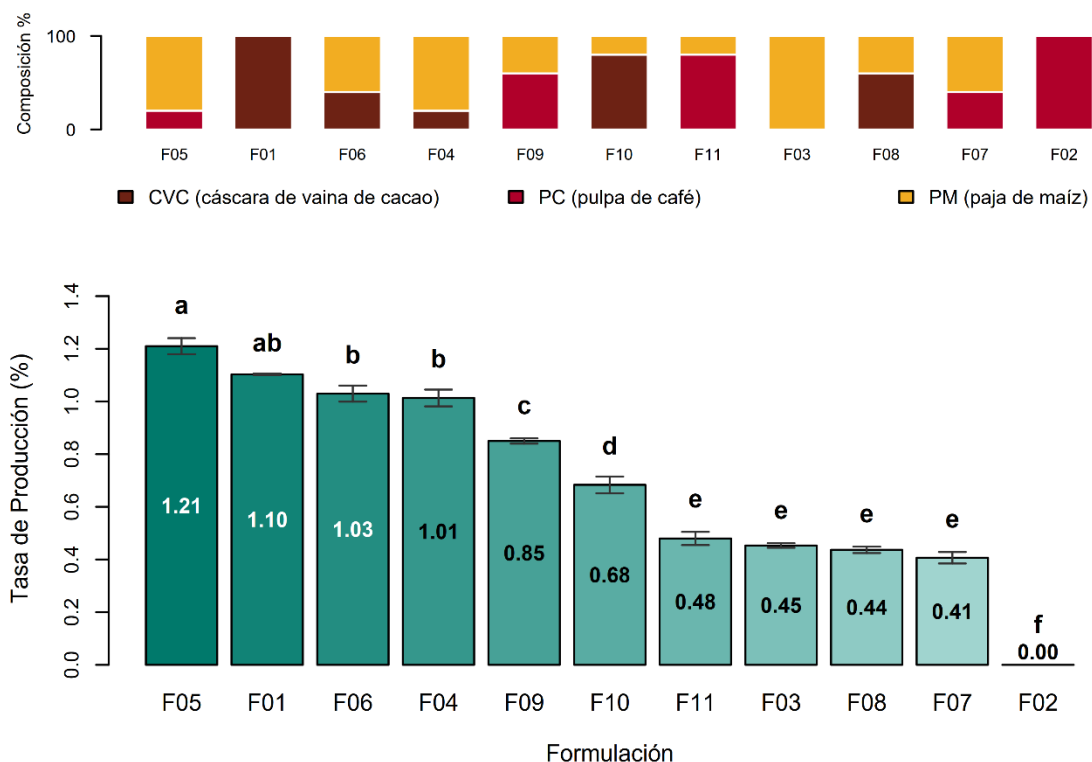
de emplear este residuo en mezcla y en proporciones moderadas (Fan et al., 2006; Mendoza et al., 2019).

En cuanto F03, presentó una TP baja (0.45 %/día), lo que sugiere que la PM puede funcionar como sustrato, aunque no necesariamente ofrece el mejor desempeño cuando se utiliza sola. Romero et al. (2018), reportaron una TP de aproximadamente 0.99 %/día en rastrojos de maíz, diferencia que podría atribuirse al tipo de residuo empleado, tamaño de partícula, grado de lignificación, cepa utilizada y manejo del microambiente, factores que influyen directamente en la velocidad de colonización y en la duración del periodo productivo

En términos generales, valores altos de TP reflejan sustratos capaces de generar una producción elevada en ciclos relativamente cortos, lo que implica mayor productividad diaria y la posibilidad de realizar más ciclos de cultivo al año. En ese sentido, las formulaciones F05, F01, F06 y F04, que registraron las TP más altas (≥ 1.01 %/día), pueden considerarse las alternativas más eficientes desde el punto de vista productivo.

Figura 13

Tasa de Producción de Pleurotus ostreatus según la composición de las formulaciones de sustrato ordenadas de mayor a menor media.



ANOVA 1 vía (Formulación) + Tukey HSD ($\alpha = 0.05$). Barras = media \pm SE; letras = grupos.

Del objetivo 3: Concentración de proteínas alcanzado según la formulación del sustrato

En la Figura 14 se presenta la concentración de proteínas en g/100 g de muestra original, obtenida en los cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* cultivados en los 11 tratamientos elaborados con los residuos agrícolas de CVC, PC y PM. Los valores obtenidos oscilaron entre 0.00 y 24.60 g/100 g. El tratamiento F01 (100 % de CVC) registró el promedio más alto de concentración proteica con 24.60 g/100g, destacándose respecto de los demás tratamientos. Este resultado es similar a lo reportado por Lowor & Ofori (2018), quienes obtuvieron 25.90 g/100g de proteína cruda, lo que respalda el potencial de la CVC para producir carpóforos con alta concentración proteica.

El comportamiento observado en F01 puede interpretarse a partir del rol del nitrógeno del sustrato en la composición del carpóforo. Ruilova et al. (2017) indican que cuando el contenido de N del sustrato se sitúa entre 0.65 a 1.3 %, el contenido proteico del cuerpo fructífero tiende a incrementarse de 17.1 a 28 %. En el presente estudio el tratamiento F03 (100 % PM) presentó 0.69 % de N y 20.60 g/100 g de proteína mientras que F01 alcanzó 1.04 % de N y 24.60 g/100 g de proteína. La diferencia entre ambos tratamientos equivale a un incremento de 19.4 % en la concentración proteica, lo cual respalda la tendencia descrita por Ruilova et al. (2017) para sustratos con contenido de N ubicados dentro de ese intervalo.

Los tratamientos con combinaciones de CVC + PM registraron contenidos proteicos de intermedios a altos: F04 (20 % CVC + 80 % PM) alcanzó 19.40, F08 (60 % CVC + 40 % PM) con 20.60 y F10 (80 % CVC + 20 % PM) 21.00 g/100 g, con estos resultados se observó un incremento de la proteína del carpóforo conforme aumenta la proporción de CVC, lo que sugiere un efecto favorable del residuo agrícola sobre la calidad nutricional del hongo, tal como lo plantean Bellettini et al. (2019), quienes indican que el tipo de sustrato empleado en el cultivo de *Pleurotus spp.* Puede influir en la composición nutricional de los cuerpos fructíferos. Sin embargo, F06 (40 % de CVC + 60 % de PM) registró un valor inferior de 16.40 g/100, lo que respalda el enfoque multifactorial descrito por los mismos autores, al señalar que las variables del sustrato, como la humedad, aireación y el tamaño de partícula, pueden limitar el desarrollo micelial y, en consecuencia, alterar la composición del carpóforo.

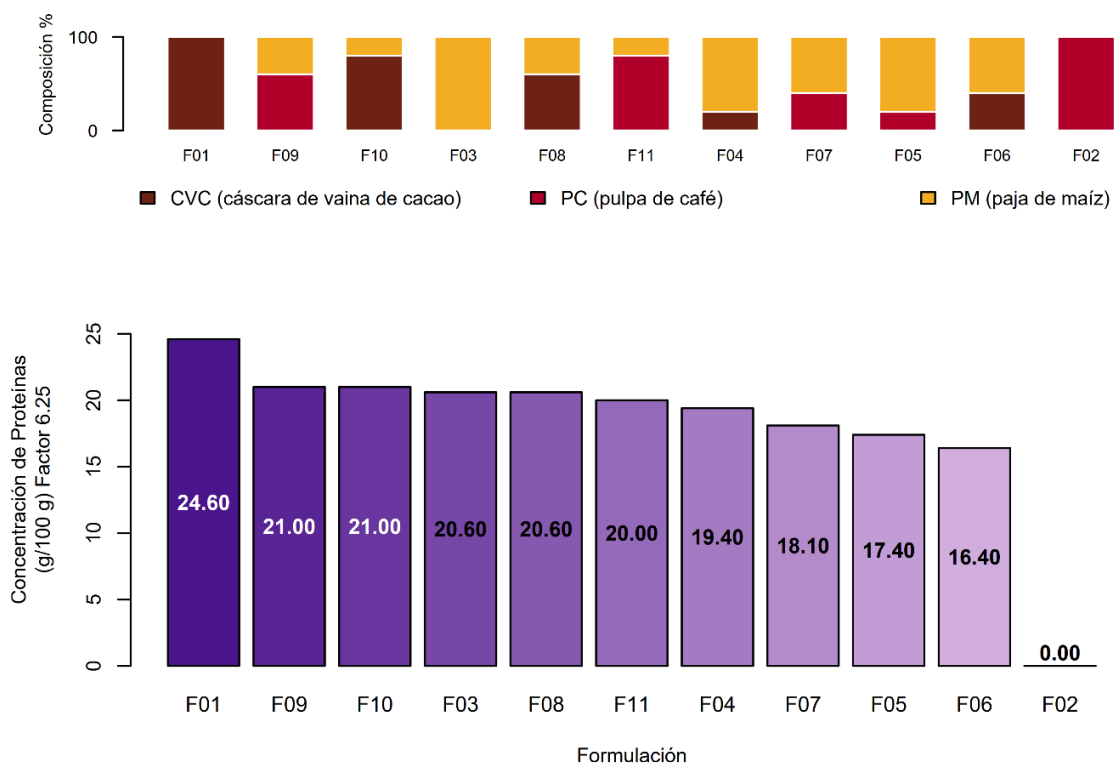
El tratamiento F02 (100 % PC) no desarrolló cuerpos fructíferos, en consecuencia, no fue posible cuantificar la concentración de proteína. Una explicación plausible se relaciona con el contenido de nitrógeno del sustrato. Ruilova et al. (2017), reportan que concentraciones elevadas de N de 1.75 a 2.2 % pueden impedir la colonización del sustrato. En el presente

estudio, la PC presentó 1.80 % de N, valor ubicado dentro de ese intervalo, lo que sustenta su discusión como factor limitante para el establecimiento del cultivo y la fructificación.

En contraste, las formulaciones PC + PM sí produjeron carpóforos con proteína cuantificable, aunque con magnitudes variables: F05 (20 % PC + 80 % PM) registró 17.40, F07 (40 % PC + 60 % PM) 18.10, F11 (80 % PC + 20 % PM) 20.00 y F09 (60 % PC + 40 % PM) 21.00, en g/100 g. La obtención de proteína en estas mezclas sugiere que la incorporación de PM pudo atenuar las restricciones observadas en el F02, favoreciendo condiciones más adecuadas para la fructificación. Ruilova et al. (2017) sostienen que la proteína del carpóforo no depende únicamente del N sino también de la relación C/N del sustrato y reporta resultados altos en concentración de proteína (28.9 g/100g) asociado a sustratos con C/N elevados. Por tanto, el desempeño nulo de F02 resulta consistente con su C/N baja de 30.02 mientras que PM con C/N más alto de 77.38, permitiendo la formación de carpóforos.

Figura 14

*Concentración de proteínas en los cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* ordenadas de mayor a menor media.*



Barras: valor por formulación (sin replicaciones).

Del objetivo 4: Comparar las formulaciones de sustrato más eficientes para implementar el cultivo del *Pleurotus ostreatus*

La comparación de las formulaciones de sustrato se realizó mediante el análisis conjunto de la EB, el R y la TP, ya que estos indicadores permiten evaluar la capacidad productiva del sustrato, la cantidad biomasa cosechada y la rapidez del proceso, criterio empleado en estudios de comparación de sustratos para *Pleurotus ostreatus* (Gamarra et al., 2013).

La formulación F06 (40 % CVC + 60 % PM) presentó el mejor equilibrio productivo para para implementar el cultivo de *Pleurotus ostreatus* en Pichanaqui. Esta formulación registró el mayor promedio de R con 16.65%, además de una EB alta con 48.32 % y una TP favorable con 1.03 %/día. Aunque no alcanzó los mayores promedios de EB ni de TP, sus resultados fueron los más equilibrados entre los indicadores evaluados. Desde el enfoque agroecológico, F06 es relevante porque integra dos residuos agrícolas locales, favorece el reciclaje de biomasa y reduce la dependencia de insumos externos (FAO, 2018; Wezel et al., 2020). Este resultado coincide con Gebru et al. (2024), quienes señalan que los sustratos mezclados pueden favorecer el desempeño general del cultivo por la complementariedad de nutrientes.

La formulación F01 (100 % CVC) mostró el mayor promedio de EB con 52.30 % y el mayor promedio de concentración proteica con 24.60 g/100 g, además una TP alta con 1.10 %/día. Estos resultados evidencian que la CVC puede utilizarse como sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus*, al reincorporar un residuo del sistema cacaotero al proceso productivo y permitir la obtención de cuerpos fructíferos con valor nutricional. Su aprovechamiento relaciona con el principio agroecológico de reciclaje de biomasa, orientado a mejorar el uso de los recursos y reducir la generación de residuos FAO (2018). Además, considerando que la CVC representa entre el 52 % y 76 % del peso del fruto, su uso como sustrato puede contribuir a reducir problemas de acumulación en el campo (Muñoz et al., 2019). Lowor & Ofori (2018), también reportaron que la cáscara de vaina de cacao presenta un alto potencial como sustrato para este hongo y favorece la obtención de carpóforos con buena calidad nutricional.

La formulación F05 (20 % PC + 80 % PM) destacó por registrar el mayor promedio de TP del ensayo con 1.21 %/día y una EB alta con 51.50 %. Estos valores indican que F05 fue la formulación con mayor rapidez para transformar el sustrato en biomasa cosechable, lo cual

podría representar una ventaja operativa cuando se busca acortar el ciclo productivo. Al compararla con F02 (100 % PC), que no produjo carpóforos, se evidencia que la pulpa de café no fue favorable como sustrato único. Por ello, la PC podría incorporarse en estrategias de valorización agroecológica, siempre que se utilice en proporciones moderadas y combinada con un material estructurante, como ocurrió en F05 (FAO, 2018; Wezel et al., 2020).

Tabla 26

*Parámetros productivos y nutricionales de las formulaciones para el cultivo de *Pleurotus ostreatus**

F	MA (g)	EB (%)	R (%)	TP (%)	PROTEÍNA (g/100g)
F01	313.80	52.30a	14.57bc	1.10ab	24.60
F02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F03	141.90	23.65d	8.55e	0.45e	20.60
F04	263.20	43.87b	14.83abc	1.01b	19.40
F05	257.05	51.50a	13.87c	1.21a	17.40
F06	289.90	48.32a	16.65a	1.03b	16.40
F07	127.00	21.17d	10.01de	0.41e	18.10
F08	179.00	29.83c	10.66d	0.44e	20.60
F09	240.00	40.00b	15.73abc	0.85c	21.00
F10	292.10	48.68a	15.85ab	0.68d	21.00
F11	129.00	21.50d	10.35de	0.48e	20.00

Nota. F: Formulación, MA: Masa Acumulada, EB: Eficiencia biológica, TP: Tasa de producción. Las medias con letras diferentes en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

4.2 Prueba de hipótesis

Para contrastar las hipótesis de la investigación, se evaluó el efecto de las formulaciones de sustrato a base de CVC, PC y PM sobre la eficiencia biológica (EB), el rendimiento (R) y la tasa de producción (TP) de *Pleurotus ostreatus*. Previamente, se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene. Luego, se aplicó un ANOVA de un factor y la prueba de Tukey HSD con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre las formulaciones en las tres variables evaluadas, por lo que se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa. En EB, los valores más altos corresponden a F01 (52.30 %), F05 (51.50 %), F10 (48.68 %) y F06 (48.32 %), mientras que F02 registró 0.00 %. En R, destacó F06 con 16.65 %, seguido de F10 (15.85 %), F09 (15.73 %), F04 (14.83 %) y F01 (14.57 %), siendo F02 el tratamiento más bajo con 0.00 %. En TP, F05 presentó el valor más alto con 1.21 %, seguido de F01 (1.10 %), F06 (1.03 %) y F04 (1.01 %), mientras que F02 nuevamente registró 0.00 %.

En conjunto, estos resultados demuestran que las formulaciones de sustrato a base de CVC, PC y PM influyeron significativamente en la EB, el R y la TP de *Pleurotus ostreatus*, por lo que se acepta la hipótesis alternativa de la investigación.

CONCLUSIONES

Respecto al primer objetivo específico, se concluye que los residuos agrícolas utilizados como sustrato en el cultivo de *Pleurotus ostreatus* presentaron propiedades químicas diferentes y complementarias. La pulpa de café presentó la mayor concentración de N con 1.80 % y la relación C/N más baja con 30.02. Por el contrario, la PM registró la relación C/N más alta con 77.37 y una baja concentración de N con 0.68 %. En tanto, la CVC ocupó una posición intermedia en ambos parámetros. Estos resultados evidencian que los tres residuos agrícolas no son equivalentes, sino que aportan características químicas diferentes, lo que justifica su uso combinado en las formulaciones para optimizar las condiciones de cultivo y favorecer la valorización agroecológica de estos residuos agrícolas.

Con respecto al segundo objetivo, se concluye que la producción de *Pleurotus ostreatus* estuvo influenciada por la formulación del sustrato. La mayor EB se registró en F01 con 52.30 %, el mayor R en F06 con 16.65 %, y la mayor TP en F05 con 1.21 %/día. En contraste, F02 no presentó fructificación, por lo que no fue posible calcular ninguno de estos indicadores productivos. En general, los resultados evidencian que las formulaciones con CVC y PM favorecieron el desarrollo y la productividad del hongo, mientras que la pulpa de café mostró mejores resultados solo cuando fue incorporada en bajas proporciones dentro de la mezcla.

Respecto al tercer objetivo específico se concluye que la concentración de proteínas en los cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* varía en función de la relación C/N de los residuos agrícolas y de su proporción en las formulaciones. El tratamiento F01, elaborada con 100 % CVC alcanzó el mayor promedio de concentración proteica con 24.6 g/100 g, debido a su elevada relación C/N de 50.98. Asimismo, las formulaciones mixtas F09, F10, F11, caracterizadas por una proporción de CVC o PC en su composición, registraron contenidos proteicos altos entre 20 a 21 g/100 g. En cambio, las formulaciones F04, F07, F05, F06 que poseen como composición menor a 40 % de CVC y PC evidenciaron unas concentraciones de proteínas ligeramente menores entre 16.40 a 19.40 g/100 g.

Se concluye que la formulación F06 (40 % CVC + 60 % PM) fue la más eficiente para implementar el cultivo de *Pleurotus ostreatus* en el distrito de Pichanaqui, debido a que presentó el mejor equilibrio entre los indicadores evaluados, con el mayor R (16.65 %), una EB alta (48.32 %) y una TP favorable (1.03 %/día). Asimismo, F01 (100 % CVC) destacó por alcanzar la mayor EB (52.30 %), mientras que F05 (20 % PC + 80 % PM) registró la mayor TP

(1.21 %/día). En conjunto, estos resultados demuestran que las mezclas de residuos agrícolas, especialmente aquellas que incluyen CVC y PM, representan las opciones más adecuadas para revalorizar residuos locales y producir alimento de valor nutricional, contribuyendo así al aprovechamiento sostenible de los recursos agrícolas de Pichanaqui.

RECOMENDACIONES

Se recomienda evaluar, en investigaciones futuras, otras especies del género *Pleurotus*, especialmente aquellas con mayor tolerancia a condiciones cálidas, como *Pleurotus djamor* (seta rosada) o *Pleurotus citrinopileatus* (seta amarilla), las cuales podrían adaptarse mejor al clima cálido del distrito de Pichanaqui, sobre todo cuando no sea posible controlar la temperatura y humedad en el área de cultivo. Esta línea de investigación podría contribuir a sistemas de producción más sostenibles, al reducir la necesidad de control artificial de condiciones ambientales y, por tanto, el uso intensivo de energía e insumos externos.

Es importante medir y controlar, aunque sea de manera básica la temperatura, humedad y ventilación del espacio de cultivo, ya que estas variables son fundamentales para que el hongo pase de la etapa de micelial a la formación de cuerpos fructíferos. Como referencia práctica, durante la incubación o colonización suele requerirse un ambiente más cálido y estable, entre 22 y 28 °C, con un valor óptimo cercano a 24 °C. En cambio, durante la inducción y fructificación, se recomienda reducir la temperatura a un rango aproximado de 15 a 22 °C, mantener una humedad relativa alta, entre 85 y 95 %, y asegurar una buena renovación del aire para evitar deformaciones causadas por el exceso de CO₂.

En zonas de clima cálido donde no se cuente con equipos para regular el ambiente, puede ser útil aplicar estrategias sencillas de manejo del microclima durante la etapa de inducción, siempre que comprometan la sanidad del cultivo. Entre estas alternativas se puede considerar el choque térmico, que consiste en rociar ligeramente agua fría sobre la parte exterior de las bolsas o en el ambiente, de preferencia en las horas de menor temperatura, con el fin de generar condiciones más favorables para la fructificación. Sin embargo, esta práctica debe ir acompañado de una ventilación adecuada y de un manejo cuidadoso del agua, a fin de evitar excesos de humedad y la aparición de contaminantes. La aplicación de este tipo de prácticas puede favorecer la fructificación sin depender de tecnologías costosas, lo que resulta especialmente relevante para pequeños productores y contextos rurales con acceso limitado a infraestructura.

De igual manera, se recomienda probar distintos tiempos y condiciones de fermentación o pretratamiento de los residuos agrícolas utilizados, en particular la PC y la CVC. Comparar tratamientos sin fermentación con otros sometidos a diferentes periodos de fermentación permitiría determinar si este pretratamiento favorece la degradación parcial del material, mejora

la colonización del sustrato y aumenta la productividad del cultivo. Para ello, sería pertinente evaluar los mismos indicadores productivos empleados en la presente investigación, tales como los días de colonización, la EB, el R, la TP y el porcentaje de contaminación.

Asimismo, se recomienda desarrollar estudios complementarios orientados a evaluar la factibilidad técnica, económica y ambiental del cultivo de *Pleurotus ostreatus* empleando residuos agrícolas locales como sustrato. Para ello, sería pertinente considerar variables como los costos de producción, la disponibilidad estacional de la materia prima, el potencial de reducción de residuos y las oportunidades de comercialización. Esta evaluación permitiría sustentar, con mayor solidez, la viabilidad y sostenibilidad de la propuesta, así como su posible escalamiento en la Selva Central.

Finalmente, se recomienda que las cooperativas, instituciones públicas y proyectos vinculados al sector agrícola promuevan el aprovechamiento de residuos agroindustriales mediante el cultivo de hongos comestibles, a través de programas de capacitación, asistencia técnica y experiencias piloto con productores locales. Esta estrategia podría contribuir no solo a reducir la quema o acumulación de residuos agrícolas, sino también a generar alternativas productivas sostenibles, con potencial impacto ambiental, económico y social en el distrito de Pichanaqui.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aditya, Neeraj, Jarial, R., Jarial, K., & Bhatia, J. (2024). Comprehensive review on oyster mushroom species (Agaricomycetes): Morphology, nutrition, cultivation and future aspects. *Heliyon*, *10*(5), 1–28. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26539>
- Agapito, A. (2021). *Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos para la producción de hongos funcionales*. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Akçay, 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*, 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-40200-x>
- Alves, R., Rodrigues, F., Nunes, M. A., Vinha, A., & Oliveira, B. (2017). State of the art in coffee processing by-products. In *Handbook of Coffee Processing By-Products: Sustainable Applications* (pp. 1–26). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811290-8.00001-3>
- Assureira, E., & Assureira, M. (2022). Energy potential of agricultural residues in Peru for use in thermochemical processes. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*, 1–9. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.670>
- Belletini, M., Fiorda, F., Maieves, H., Lopes, G., Ávila, S., Hornung, P., Junior, A., & Hoffman, R. (2019). Factors affecting mushroom *Pleurotus spp.* *Saudi Journal of Biological Sciences*, *26*(4), 633–646. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.005>
- Blázquez, M. (2003). Capítulo XV Los residuos agrícolas y de origen animal. In *Los residuos urbanos y asimilables*. (pp. 1–22).
- Bondam, A., Diolinda, D., Pozzada, J., & Hoffmann, J. (2022). Phenolic compounds from coffee by-products: Extraction and application in the food and pharmaceutical industries. *Trends in Food Science and Technology*, *123*, 172–186. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.03.013>
- Burtch, A., & Smith, M. (2025). Oyster Mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) of Florida. *EDIS*, *3*,

- 1–6. <https://doi.org/10.32473/edis-pp384-2025>
- Campos, R., Arruda, V., Fernandes, L., Silva, S., & Coimbra, J. (2021). New sustainable perspectives for “Coffee Wastewater” and other by-products: A critical review. *Future Foods*, 4, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100058>
- Campos, R., Nieto, K., & Oomah, D. (2018). Cocoa (*Theobroma cacao L.*) pod husk: Renewable source of bioactive compounds. *Trends in Food Science and Technology*, 81, 172–184. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.022>
- Carrión, M., Ohaco, E., & Michelis, A. (2016). Elaboración de paté de girgolas (*Pleurotus ostreatus*): Caracterización fisicoquímica y evaluación sensorial. *INTA Ediciones*, 1–29.
- Chávez, Á., & Rodríguez, A. (2016). Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Revista Academia & Virtualidad*, 9(2), 90–107.
- Cruz, D., López de León, E., Pascual, L. F., & Battaglia, M. (2010). Guía técnica de producción de hongos comestibles de la especie *Pleurotus ostreatus*. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 104(3–4), 139–154.
- De la Cruz, L. (2024). *Evaluación de la producción de Pleurotus ostreatus en residuos de café como alternativa de valorización agroecológica en la comunidad de Shucush, Amazonas*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- De Souza, P., Moreira, L. F., Sarmiento, D., & Da Costa, F. (2018). Cacao—*Theobroma cacao*. *Exotic Fruits Reference Guide*, 3, 69–76. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803138-4.00010-1>
- Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo Que Aprueba La Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 1 (2017). <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-N°-1278.pdf>
- Decreto Supremo N° 016-2012 -AG, Aprueban Reglamento de Manejo de Los Residuos Sólidos Del Sector Agrario, 1 (2012).
- Deutz, P. (2020). Circular Economy. In *International Encyclopedia of Human Geography* (pp. 193–201). <https://www.sciencedirect.com/science/chapter/referencework/abs/pii/B9780081022951>

06304

- Díaz, G., Téllez, M., Sánchez, C., & Díaz, R. (2017). Characterization of the solid-state and liquid fermentation for the Production of Laccases of *Pleurotus ostreatus*. In *Fermentation Processes* (pp. 57–74). <https://doi.org/10.5772/64239>
- Díaz, K., Casanova, M., León, C., & Gil, L. (2019). Production of *Pleurotus ostreatus*(*Pleurotaceae*) ICFC 153 / 99 grown on different waste lignocellulosic. *Arnaldoa*, 26(3), 1177–1184.
- Distrito.pe. (2021). *El Distrito de Pichanaqui*. Distrito.Pe. <https://www.distrito.pe/distrito-pichanaqui.html>
- Divyabharathi, R., Kalidasan, B., Raj, S., & Chinnasamy, S. (2024). Recent advances in sustainable agro residue utilisation, barriers and remediation for environmental management: Present insights and future challenges. *Industrial Crops and Products*, 216(May), 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.118790>
- Dong, H., Jiang, N., Zhang, D., Li, Y., Zhou, F., Li, Z., Li, Q., Tan, Q., Zhang, M., & Yu, H. (2025). Research Progress and Prospect of Substrate Alternatives for Edible Fungi Based on the “ Cycle Production of Plants , Animals , and Fungi .” *Journal of Fungi*, 11, 1–27. <https://doi.org/10.3390/jof11110790>
- Dorr, E., Koegler, M., Gabrielle, B., & Aubry, C. (2021). Life cycle assessment of a circular , urban mushroom farm. *Journal of Cleaner Production*, 288, 125668. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125668>
- Drezek, J., & Mozejko, J. (2025). Production of β -Glucans by *Pleurotus ostreatus*: Cultivation and Genetic Background. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(19), 1–27. <https://doi.org/10.3390/ijms26199703>
- Effiong, M., Afolabi, I., & Chinedu, S. (2024). Assessing the nutritional quality of *Pleurotus ostreatus* (oyster mushroom). *Frontiers in Nutrition*, 10, 1–13. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1279208>
- Fan, L., Soccol, A., Pandey, A., Porto, L., & Soccol, C. (2006). Effect of caffeine and tannins on Cultivation and Fructification of *Pleurotus* on Coffee Huscks. *Brazilian Journal of Microbiology*, 37, 420–424. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822006000400003>

- Feng, Y., Zhao, X., Guo, Y., Yang, G., Xi, J., & Ren, G. (2012). Changes in the material characteristics of maize straw during the pretreatment process of methanation. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2012/325426>
- Ferdous, W., Manalo, A., Siddique, R., Mendis, P., Zhude, Y., Wong, H., Lokuge, W., Aravinthan, T., & Schubel, P. (2021). Recycling of landfill wastes (tyres, plastics and glass) in construction – A review on global waste generation, performance, application and future opportunities. *Resources, Conservation and Recycling*, 173, 1–20.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2003). *Maize Post-harvest Operations*.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2018). The 10 elements of Agroecology: Guiding the transition to sustainable food and agricultural systems. In *Guiding the Transition to sustainable Food and agricultural Systems* (p. 15).
- Forthofer, R., Lee, E., & Hernandez, M. (2007). *Biostatistics: A guide to design, analysis, and discovery*. 2nd ed.
- Gaitan, R., Salmenes, D., Pérez Merlo, R., & Mata, G. (2006). *Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción*.
- Gamarra, O., Yalta, J., Pérez, R., & Vera, J. (2013). Cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (jacq. Ex fr.) Kumm empleando pulpa de café como sustrato. *Revista Científica Pakamuros*, 1(1), 38–44. <https://doi.org/10.37787/z8avzv39>
- García, M. (1985). Nuevas técnicas de cultivo del *Pleurotus ostreatus*. *Publicaciones Agrarias, Pesqueras y Alimentarias*, 1, 1–20.
- García, P. J. (2017). El cultivo del maíz en el mundo y en Perú. *Revista de Investigaciones de La Universidad Le Cordon Bleu*, 4(2), 73–79. <https://doi.org/10.36955/riulcb.2017v4n2.005>
- García, R. (2019). *La Dinámica urbana y la forma de la ciudad de Pichanaqui*. [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3928/Calcina Sotelo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3928/Calcina_Sotelo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Gebbru, 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>
- Gemechu, F. (2020). Embracing nutritional qualities, biological activities and technological properties of coffee byproducts in functional food formulation. *Trends in Food Science and Technology*, 104(June), 235–261. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.005>
- Getachew, M., Hiruy, A., Mazharuddin, M., Mamo, T., Feseha, T., & Mekonnen, Y. (2023). Effect of chemical and biological additives on production of biogas from coffee pulp silage. *Scientific Reports*, 13(12199), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-39163-w>
- Gómez, M., Manzano, L., Rincón, C., Gen, A., Salvador, P., Rincón, F., Acosta, M., Silos, H., & Maldonado, J. (2025). Agrobiotechnological Potential of *Pleurotus ostreatus* from an Ecological – Socioeconomic Perspective in Mexico. *Sostenibilidad*, 18(6), 1–25. <https://doi.org/10.3390/su18010006>
- Grimm, D., Sonntag, E., & Rahmann, G. (2024). Oyster mushroom cultivation on cereal and legume straw of poor feed quality. *Studies in Fungi*, 9(10), 1–28.
- Guirlanda, C., Da Silva, G., & Takahashi, J. (2021). Cocoa honey: Agro-industrial waste or underutilized cocoa by-product. *Future Foods*, 4, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100061>
- Gwartz, J., & Garcia, M. (2014). Processing maize flour and corn meal food products. *Technical Considerations for Maize Flour and Corn Meal Fortification in Public Health*, 1312, 66–75. <https://doi.org/10.1111/nyas.12299>
- Gyaawah, M., Christina, E., & Singh, B. (2022). *Chapter 10 - Waste management through bioremediation technology: An eco-friendly and sustainable solution*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89937-6.00007-3>
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*.
- Hernández, R., & Mendoza, C. P. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta Las rutas Cuantitativa Cualitativa y Mixta. In *McGraw-Hill Interamericana*.
- Hoa, H., Wang, C., & Wang, C. (2015). *Mycobiology The Effects of Different Substrates on*

the Growth , Yield , and Nutritional Composition of Two Oyster Mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*). *Mycobiology*, 4(43), 423–434.

Hosam, S. (2021). *Strategies of Sustainable Solid Waste Management* (H. M. Saleh (ed.)). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.87682>

Hoseini, M., Cocco, S., Casucci, C., Cardelli, V., & Corti, G. (2021). Coffee by-products derived resources. A review. *Biomass and Bioenergy*, 148, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106009>

Hurtado, K., Huamán, M., Bravo, N., Silva, A., & Silva, R. (2016). Evaluación del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao L.*). *Revista Per. Química Ing. Quím.*, 19(1), 63–75.

Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA]. (2018). *Rastrojo del cultivo de maiz*.

Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA]. (2020). *Manual Técnico del cultivo de Maiz Amarillo Duro*.

International Cocoa Organization. (2023). *February 2023 Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics*. Icco.Org. <https://www.icco.org/february-2023-quarterly-bulletin-of-cocoa-statistics/>

Iriondo, A., Iriondo, M., & del Castillo, M. (2020). Applications of Compounds from Coffee Processing By-Products. *Biomolecules*, 10(9), 1219. <https://doi.org/10.3390/biom10091219>

Jin, Z., Li, Y., Ren, J., & Qin, N. (2018). Yield , Nutritional Content , and Antioxidant Activity of *Pleurotus ostreatus* on Corncobs Supplemented with Herb Residues. *Mycobiology*, 46(1), 24–32. <https://doi.org/10.1080/12298093.2018.1454014>

Junta Nacional del Café. (2020). Café De Perú. In *Fórumcafé* (pp. 1–5). <https://www.revistaforumcafe.com/el-cafe-de-peru>

Kamdem, A., Doench, I., Deffo, G., Zambou, S., Doungmo, G., Fotsop, C., Tonleu, R., Montembault, A., Serghei, A., Njanja, E., Kenfack, I., & Osorio, A. (2025). Lignocellulosic biomass and its main structural polymers as sustainable materials for (bio)sensing applications. *Journal of Materials Chemistry A*, 13(30), 24185–24253.

<https://doi.org/10.1039/d5ta02900g>

- Kaza, S., Yao, L., Bhada, P., & Van, F. (2018). What a Waste 2.0 A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. In *Urban Development Series -World Bank Group*. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>
- Kpienbaareh, D., Bezner, R., Nyantakyi, H., Amoak, D., Poveda, K., Sekhar, U., Cassandra, V., Iverson, A., Mehreteab, T., Luginaah, I., Steffan, I., Wang, J., Kustner, G., Enloe, S., Mayer, V., Dakishoni, L., Lupafya, E., Shumba, L., Chunga, T., ... Tembo, Y. (2022). Transdisciplinary agroecological research on biodiversity and ecosystem services for sustainable and climate resilient farming systems in Malawi. In *Advances in Ecological Research* (pp. 3–35). <https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2022.04.001>
- Lecuyer, L., Alard, D., Calla, S., Coolsaet, B., Fickel, T., Heinsoo, K., Henle, K., Herzon, I., Hodgson, I., Quéiter, F., McCracken, D., McMahan, B., Melts, I., Sands, D., Skrimizea, E., Watt, A., White, R., & Young, J. (2021). Chapter One - Conflicts between agriculture and biodiversity conservation in Europe: Looking to the future by learning from the past. In *Advances in Ecological Research* (pp. 3–56).
- Lesá, K., Khandaker, M., Mohammad, F., Iqbal, R., Sharma, R., Islam, F., Mitra, S., & Emran, T. (2022). Nutritional Value, Medicinal Importance, and Health-Promoting Effects of Dietary Mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Journal of Food Quality*, 2022, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2022/2454180>
- Ley N° 32212, Ley Que Modifica El D.L. 1278 y La Ley 26793, Diario Oficial El Peruano 5 (2024).
- Li, J., Han, L. H., Liu, X. Bin, Zhao, Z. W., & Yang, Z. L. (2020). The saprotrophic *Pleurotus ostreatus* species complex: late Eocene origin in East Asia, multiple dispersal, and complex speciation. *IMA Fungus*, 11(1), 1–21. <https://doi.org/10.1186/s43008-020-00031-1>
- Lowor, S. T., & Ofori, E. (2018). Evaluation of cashew pulp and shell, kola, cocoa and coffee husk as substrates for the cultivation of (*Pleurotus ostreatus*). *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 19(3), 1–10. <https://doi.org/10.9734/jabb/2018/24346>
- Lu, F., Rodriguez, J., Van, I., Westwood, N., Shaw, L., Robinson, J., Warren, G.,

- Chatzifragkou, A., McQueen, S., Gomez, L., Faas, L., Balcombe, K., Srinivasan, C., Picchioni, F., Hadley, P., & Charalampopoulos, D. (2018). Valorisation strategies for cocoa pod husk and its fractions. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 14(July), 80–88. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.07.007>
- Maccapa, L., Palao, L., & Chura, E. (2024). Producción de Hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm) sobre residuos lignocelulósicos en la Provincia de Puno. *Revista de Ciencias Agrarias*, 9(1), 1–7.
- Makinya, K., Wagacha, J., Odhiambo, J., Likhayo, P., Ognakossan, K., Tefere, T., Abass, A., & Mutungi, C. (2021). The importance of storehygiene for reducing post-harvest losses in smallholder Farmers store: evidence from a maize based farming system in Kenya. *Journal of Stored Products Research*, 90. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101757>
- Marin, G. (2012). Producción de cafés especiales- Manual técnico. In *DESCO*.
- Martínez, P., Garzón, J., Henao, W., & Guarnizo, A. (2008). Evaluación de la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado sobre los residuos derivados de la producción comercial del culmo de la guadua angustifolia Kunth. *Revista Tumbaga*, 43–53.
- Martinez, W., Campabadal, C., Hallen-adams, H., Bianchini, A., Mendoza, J., & Sabillón, L. (2017). Traditional maize post-harvest management practices amongst smallholder farmers in Guatemala. *Journal of Stored Products Research*, 71, 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2016.12.007>
- Melanouri, E., Dedousi, M., & Diamantopoulou, P. (2022). Cultivating *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii* mushroom strains on agro-industrial residues in solid-state fermentation. Part II: Effect on productivity and quality of carposomes. *Carbon Resources Conversion*, 5(1), 52–60. <https://doi.org/10.1016/j.crcon.2021.12.005>
- Mendes, É., Malvezzi, L., Lacalendola, L., Artem, J., Carmargo, G., Alves, R., Oliveira, M., & Mazzola, P. (2021). Coffee by-products in topical formulations: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 111(April 2020), 280–291. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.064>
- Mendoza, H., Juscamaita, J., & Quipuzco, L. (2019). Análisis de la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* obtenida a partir de los subproductos de la etapa de

despulpado del café. *Agroindustrial Science*, 9(2), 179–187.
<https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2019.02.11>

Merlo, C. (2016). *Distintas dosis de digestato como acelerador de la degradación de rastrojo de maíz*. Universidad de Chile.

Ministerio de Comercio Exterior y Turismo del Perú [MINCETUR]. (2018). *Análisis integral de la cadena logística en el Perú*. https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio_exterior/facilitacion_comercio_exterior/P_Cacao.pdf

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2020). *Observatorio COMMODITIES: café*.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2021). *Observatorio de COMMODITIES Cacao*. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2009611/Commodities_Cacao%3A_enermar_2021.pdf

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], & Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2023). *Encuesta Nacional Agropecuaria 2022*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1912/libro.pdf

Mota, R., Oliveira, C., Santos, T., Reis, V., Alves, E., & Fermino, A. (2020). Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivated in agroindustrial wastes of palm oil. *Arquivos Do Instituto Biológico*, 87, 1–10. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000852018>

Muhammad, A., Palaniveloo, K., Fauzi, R., Mohd, N., Mohd, T., Mohan, G., Abdul, S., Arunasalam, M., Nagappan, T., & Sathiya, J. (2021). Value-added metabolites from agricultural waste and application of green extraction techniques. *Sustainability (Switzerland)*, 13(20), 1–28. <https://doi.org/10.3390/su132011432>

Municipalidad Distrital de Pichanaqui. (2018). *Plan de Desarrollo Concertado del distrito de Pichanaqui*.

Muñoz, N., Valadez, L., Mendiola, J., Ibáñez, E., & Villamiel, M. (2019). Structural

- characterisation of pectin obtained from cacao pod husk. Comparison of conventional and subcritical water extraction. *Carbohydrate Polymers*, 217(January), 69–78. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.04.040>
- Mwafulirwa, L., Sizmur, T., Daymond, A., Atuah, L., Kojo, A., Coole, S., Robinson, S., Hammond, J., Awudzi, G., Awunyo-vitor, D., Domfeh, O., & Hadley, P. (2024). Cocoa pod husk-derived organic soil amendments differentially affect soil fertility , nutrient leaching , and greenhouse gas emissions in cocoa soils. *Journal of Cleaner Production*, 479(September), 144065. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.144065>
- Myers, V. I. (2020). Remote sensing applications in agriculture. In *Manual of remote sensing, 2nd edition. Vol. II*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815826-5.00024-6>
- Nautiyal, H., & Goel, V. (2021). Chapter 3 - Sustainability assessment: Metrics and methods. In *Methods in Sustainability Science* (pp. 27–46).
- Ndah, R., Mebong, P., Lucha, F., & Nya, C. (2024). Growth, Infestation and Yield of Oyster Mushroom *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P Kumm on Local Substrates in the Cropping House in Kumba Municipality South West Region, Cameroon. *Global Research in Environment and Sustainability*, 2, 38–60.
- Nieto, J., Cuzcano, Á., & Reyes, W. (2019). Estudio preliminar de la composición nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en pulpa de café. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 85(4), 422–431. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v85i4.256>
- Nunes, M., Silva, M., Schram, J., & Silva, J. (2017). *Pleurotus ostreatus*, mushrooms production using quick and cheap methods and the challenges to the use of coffee husk as substrate. *African Journal of Microbiology Research*, 11(31), 1252–1258. <https://doi.org/10.5897/AJMR2016.7942>
- OEFA. (2014). *Fiscalización ambiental en Residuos sólidos de gestión municipal provincial*.
- Office of the Gene Technology Regulator. (2008). *The Biology of Zea mays L. ssp mays (maize or Corn)* (Issue September).
- Okuda, Y. (2022). Sustainability perspectives for future continuity of mushroom production: The bright and dark sides. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1026508>

- Olivera, A., Aranda, E., Ortega, E., Díaz, P., & Mendoza, G. (2018). Producción de hongo *Pleurotus ostreatus* en residuos de maíz, frijol y caña de azúcar. *Atamexico*, 10.
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2022). *World Population Prospects 2022*. https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2018). Global agriculture towards 2050. In *How to Feed the World*. <https://doi.org/10.5822/978-1-61091-885-5>
- Organización Internacional del Trabajo [OIT]. (2023). *Work, Labour, and Value in the Informal Recycling Chain* (Issue October). www.ilo.org/publns.
- Ortiz, J., Mejía, Y., González, D., García, L., & Cifuentes, X. (2020). Alternativa de biorremediación a partir de residuos de cacao en la obtención de hongos *Pleurotus ostreatus* con la implementación de un análisis multicriterio. *Revista ION*, 33(1), 67–77. <https://doi.org/10.18273/revion.v33n1-2020007>
- Peeters, A., Dendoncker, N., & Jacobs, S. (2013). Chapter 22 - Enhancing Ecosystem Services in Belgian Agriculture through Agroecology: A Vision for a Farming with a Future. In *Ecosystem Services Global Issues, Local Practices* (pp. 285–304).
- Pérez, L., Paz, I., Sandoval, A., & Peñaloza, G. (2020). Uso de cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) para la remoción de cromo en solución acuosa. *Revista EIA*, 17(34), 1–13. <https://doi.org/10.24050/reia.v17i34.1393>
- Perraud, I., Saucedo, G., Augur, C., & Roussos, S. (2000). Adding value to coffee solid by-products through biotechnology. In *Coffee biotechnology and quality* (pp. 437–446).
- Picornell, M., Pardo, A., & Juan, J. (2016). Qualitative parameters of *Pleurotus ostreatus* (*jacq.*) *p. kumm.* mushrooms grown on supplemented spent substrate. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 16(1), 101–117.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. (2024). Global Waste Management Outlook 2024: Beyond An Age Of Waste. In *Global Waste Management Outlook 2024*. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/44939>

- Ramady, H., Abdalla, N., Fawzy, Z., Badgar, K., Llanaj, X., Törös, 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>
- Romero, J., Sánchez, J., Rodríguez, M., & Gutiérrez, M. (2018). Producción de vermicompost a base de rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) y estiércol de bovino lechero. *Agroproductividad*, *8*(3), 1–8.
- Romero, O., Valencia, Á., Rivera, A., Tello, I., Villarreal, O., & Damián, Á. (2018). Productive capacity of *Pleurotus ostreatus* using dehydrated alfalfa as supplement in different agricultural substrates. *ASyD*, *15*, 145–160.
- Royse, D., & Sánchez, J. (2001). La biología y el cultivo de *Pleurotus spp.* In *ECOSUR*.
- Ruilova, M., Hernández, A., & Ruiz, Z. (2017). Influence of C/N ratio on productivity and the protein contents of *Pleurotus ostreatus* grown in different residue mixtures. *FCA UNCUYO*, *49*(2), 331–344.
- Salhuana, W. (2004). Diversidad y descripción de las razas de maíz en el Perú. In *Cincuenta años del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM)*.
- Sánchez, I. (2014). Maíz I (*Zea mays*). *Reduca (Biología)*. *Serie Botánica*, *7*(2), 151–171.
- Sánchez, J., & Royse, D. (2001). *La biología y el cultivo de Pleurotus spp.* (UTEHA).
- Shinde, R., Shahi, D., Mahapatra, P., Singh, C., Naik, S., Thombare, N., & Singh, A. (2022). Management of crop residues with special reference to the on-farm utilization methods: A review. *Industrial Crops and Products*, *181*(December 2021), 114772. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114772>
- Siqueira, F., Martos, E., Silva, R., & Dias, E. (2011). Eficiencia Biológica del Cultivo de *Pleurotus sajor-caju* en Sustratos a Base de Tallos de Platano y Pasto Bahía. *Horticultura Brasileira*, *29*(2), 199–204. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000200011>
- Solé, F., & Flotats, X. (2016). *Guía de técnicas de gestión ambiental de residuos agrarios*. 94.
- Subedi, S., Kunwar, N., Raj, K., & Raj, Y. (2023). Performance of oyster mushroom (*Pleurotus*

- ostreatus*) on paddy straw, water hyacinth and their combinations. *Heliyon*, 9(e19051), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19051>
- Suttie, J. (2000). *Hay and Straw Conservation - For Small - Scale Farming and Pastoral Conditions* (Series N°). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Tekeste, N., Dessie, K., Tadesse, K., & Ebrahim, A. (2020). Evaluation of different substrates for yield and yield attributes of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in crop-livestock farming system of Northern Ethiopia. *The Open Agriculture Journal*, 14(1), 30–35. <https://doi.org/10.2174/1874331502014010030>
- Valera, A. (2019). *Rendimiento del hongo comestible Pleurotus ostreatus cultivado en diferentes sustratos a base de residuos agroindustriales de la Ciudad de Tacna*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Valera, A., Castillo, D., & Tito, C. (2023). Rendimiento del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* cultivado en diferentes sustratos a base de residuos agroindustriales. *Revista Ciencias Biológicas y Ambientales*, 2(1), 3–9.
- Vargas, Z. (2009). La Investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, 33(1), 155. <https://doi.org/10.15517/revedu.v33i1.538>
- Vásquez, Z., de Carvalho, D., Pereira, G., Vandenberghe, L., de Oliveira, P., Tiburcio, P., Rogez, H., Góes, A., & Soccol, C. (2019). Biotechnological approaches for cocoa waste management: A review. *Waste Management*, 90, 72–83. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.04.030>
- Villanueva, A., & Gutierrez, R. (2019). Agro-industrial waste conversion into medicinal mushroom cultivation. In *Encyclopedia of Environmental Health* (2nd ed.). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11042-5>
- Wang, Y., Gou, C., Chen, L., Liao, Y., Zhang, H., Luo, L., Ji, J., & Qi, Y. (2023). Solid-State Fermentation with White Rot Fungi *Pleurotus* Species Improves the Chemical Composition of Highland Barley Straw as a Ruminant Feed and Enhances In Vitro Rumen Digestibility. *Journal of Fungi*, 9(12), 3–11. <https://doi.org/10.3390/jof9121156>
- Wezel, A., Gemmill, B., Kerr, R., Barrios, E., Rodrigues, A., & Sinclair, F. (2020).

Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 1–13. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00646-z>

Wiafe, M., Tawia, G., & Korley, N. (2022). Influence of substrate formulation on some morphometric characters and biological efficiency of *Pleurotus ostreatus* EM- - 1 (Ex . Fr) Kummer grown on rice wastes and “ wawa ” (*Triplochiton scleroxylon*) sawdust in Ghana. *Food Science & Nutrition*, 10, 1854–1863. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2802>

Zafar, S. (2021). *Everything You Should Know About Agricultural Residues*. BioEnergy Consult. <https://www.bioenergyconsult.com/agricultural-residues/>

Zárate, J. (2015). *Producción y desarrollo de cuatro aislamientos de Pleurotus ostreatus (Jacq.), cultivados en restos de cosecha*. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Zhu, X., & Liang, S. (2020). Remote sensing application in agriculture. In *Advance Remote Sensing(Second Edition)*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815826-5.00024-6>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES DIMENSIONES E INDICADORES	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	a) Variable Independiente	a) Tipo, nivel y diseño de Investigación
¿En qué medida la producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> utilizando residuos agrícolas (cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz) constituye una alternativa de valorización agroecológica en el distrito de Pichanaqui?	Evaluar en qué medida la producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> utilizando residuos agrícolas (cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz) constituye una alternativa de valorización agroecológica en el distrito de Pichanaqui.	Ha: Existen diferencias significativas entre las formulaciones de sustrato a base de cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz, en la eficiencia biológica, el rendimiento y la tasa de producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> .	Formulaciones de sustratos con residuos agrícolas (F01-F11) Dimensiones: Composición porcentual del sustrato. Indicador - % CVC en las formulaciones - % PC en las formulaciones - % PM en las formulaciones	Tipo: Aplicada (Vargas, 2009). Nivel: Explicativo (Hernandez et al. (2014)). Diseño: Cuasiexperimental (Hernández & Mendoza, 2018).
Problemas específicos	Objetivos específicos	Ho: No existen diferencias significativas entre las formulaciones de sustrato a base de cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz, en la eficiencia biológica, el rendimiento y la tasa de	b) Variables Dependiente	b) Población y Muestra
¿Cuáles son las propiedades químicas (contenido de carbono, nitrógeno, relación C/N) de los residuos agrícolas pulpa de café, cáscara de vaina de cacao y paja de maíz utilizados como sustratos en el cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> ?	Caracterizar las propiedades químicas (carbono, nitrógeno, relación C/N) de los residuos agrícolas (cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz) utilizados en el cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> .		Parámetros químicos de los residuos agrícolas. Dimensiones: - Carbono - Nitrógeno - Relación C/N	La población está conformada por las bolsas de cultivo inoculadas con <i>Pleurotus ostreatus</i> y preparadas con sustratos secos a base de cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz en el distrito de Pichanaqui. La muestra está conformada por 33 bolsas de cultivo (unidades experimentales), cada una con 200 g de sustrato seco inoculada

<p>¿Cuál es la eficiencia biológica, el rendimiento y la tasa de producción alcanzados por <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivado en diferentes formulaciones de sustratos elaborados a partir de residuos agrícolas (cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz) en el distrito de Pichanaqui?</p>	<p>Cuantificar la eficiencia biológica, el rendimiento y la tasa de producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivado en distintas formulaciones de sustratos elaborados a partir de residuos agrícolas (cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz) en el distrito de Pichanaqui.</p>	<p>producción de <i>Pleurotus ostreatus</i>.</p>	<p>Indicador:</p> <ul style="list-style-type: none"> - % Nitrógeno en el sustrato - % Carbono en el sustrato - % Relación entre C y N 	<p>con <i>Pleurotus ostreatus</i>, para la elaboración de las formulaciones del sustrato, se emplearon en total 600 g de cáscara de vaina de cacao, 600 g de pulpa de café y 1 kg de paja de maíz.</p>
<p>¿Qué concentración de proteínas presentan los carpóforos de <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivados en distintas formulaciones de sustrato a base de residuos (cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz)?</p>	<p>Determinar la concentración de proteínas en los carpóforos de <i>Pleurotus ostreatus</i> en función de las formulaciones de sustrato elaboradas a partir de residuos agrícolas (cáscara de vaina de cacao, pulpa de café y paja de maíz).</p>	<p>producción de <i>Pleurotus ostreatus</i>.</p>	<p>Indicador:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Porcentaje de la velocidad con que se produce el hongo en el tiempo. - Porcentaje de la cantidad de hongo fresco obtenida en relación con el sustrato húmedo usado. - Porcentaje de hongos frescos en relación con la cantidad de sustrato seco. 	<p>c) Técnicas e instrumentos de recolección de datos.</p> <p>Técnicas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Medición - Registro de tiempo - Método de relación C/N <p>Instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Balanza digital - Autoclave - Camara de flujo laminar
<p>¿Cuáles son las formulaciones de sustrato más eficientes para implementar el cultivo del hongo comestible <i>Pleurotus ostreatus</i> como una alternativa de</p>	<p>Comparar las formulaciones de sustrato más eficientes para implementar el cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> como una alternativa de</p>	<p>producción de <i>Pleurotus ostreatus</i>.</p>	<p>Concentración de proteína de los cuerpos fructíferos</p>	<p>d) Análisis de datos</p> <p>Primero se verificó la normalidad con Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas con Levene. Luego, se aplicó ANOVA de un factor y la prueba de Tukey HSD con $\alpha = 0.05$ para</p>

alternativa de valorización agroecológica en el distrito de Pichanaqui? valorización agroecológica en el distrito de Pichanaqui.

Dimensiones:

Contenido de proteína.

identificar diferencias significativas entre las formulaciones de sustrato.

Indicador

% de proteína cruda en base seca del carpóforo.

Anexo 2. Datos obtenidos

FORMULACIÓN	COMPOSICIÓN DE LA FORMULACIÓN	NOMENCLATURA	REPETICIONES	MASA SECA TOTAL DE LA FORMULACIÓN (g)	MASA HUMEDA TOTAL DE LA FORMULACIÓN (g)	FECHA DE LA 1RA COSECHA DEL HONGO COMESTIBLE	MASA DE LA PRIMERA COSECHA DEL HONGO COMESTIBLE (g)	FECHA DE LA 2DA COSECHA DEL HONGO COMESTIBLE	MASA DE LA SEGUNDA COSECHA DEL HONGO COMESTIBLE (g)	MASA TOTAL DEL HONGO COMESTIBLE (g)	EFICIENCIA BIOLÓGICA (%)	RENDIMIENTO (%)	TASA DE PRODUCCIÓN (%)	TIEMPO DESDE LA PRIMERA COSECHA (Días)	TIEMPO TOTAL (Días)
F01	CASCARA DE VAINA DE CACAO 100%	CC100%	1	200	716.60	16/12/2024	53.50	03/01/2025	48.00	101.50	50.75	14.16	1.10	28	46
			2	200	718.20	16/12/2024	59.00	07/01/2025	51.00	110.00	55.00	15.32	1.10	28	50
			3	200	718.20	16/12/2024	55.70	03/01/2025	46.60	102.30	51.15	14.24	1.11	28	46
F02	PULPA DE CAFE 100%	CF100%	1	200	390.00	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
			2	200	369.00	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
			3	200	432.00	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
F03	PAJA DE MAIZ 100%	PM100%	1	200	556.70	02/01/2025	32.00	10/01/2025	14.70	46.70	23.35	8.39	0.44	45	53
			2	200	554.10	12/01/2025	32.90	08/01/2025	15.00	47.90	23.95	8.64	0.47	55	51
			3	200	547.90	12/01/2025	28.40	10/01/2025	18.90	47.30	23.65	8.63	0.45	55	53
F04	CASCARA DE VAINA DE CACAO 20% + 80% PAJA DE MAIZ	CC20% + PM 80%	1	200	603.00	06/12/2024	62.00	30/12/2024	28.00	90.000	45.00	14.93	1.07	18	42
			2	200	571.00	07/12/2024	67.00	02/01/2025	19.00	86.000	43.00	15.06	0.96	19	45
			3	200	602.00	06/12/2024	62.10	31/12/2024	25.10	87.200	43.60	14.49	1.01	18	43
F05	PULPA DE CAFE 20% + 80% PAJA DE MAIZ	CF20% + PM 80%	1	200	741.01	05/12/2024	52.00	30/12/2024	53.00	105.00	52.50	14.17	1.25	17	42
			2	200	788.90	04/12/2024	55.00	30/12/2024	48.00	103.00	51.50	13.06	1.23	16	42
			3	200	702.50	04/12/2024	56.00	01/01/2025	45.00	101.00	50.50	14.38	1.15	16	44
F06	CASCARA DE VAINA DE CACAO 40% + 60% PAJA DE MAIZ	CC40% + PM 60%	1	200	577.00	06/12/2024	52.00	05/01/2025	43.00	95.00	47.50	16.46	0.99	18	48
			2	200	583.00	08/12/2024	68.00	02/01/2025	29.90	97.90	48.95	16.79	1.09	20	45
			3	200	581.00	07/12/2024	58.00	05/01/2025	39.00	97.00	48.50	16.70	1.01	19	48
F07	PULPA DE CAFE 40% + 60% PAJA DE MAIZ	CF40% + PM 60%	1	200	424.30	15/12/2024	32.00	08/01/2025	14.00	46.00	23.00	10.84	0.45	27	51
			2	200	429.00	14/12/2024	28.00	09/01/2025	12.00	40.00	20.00	9.32	0.38	26	52
			3	200	415.40	14/12/2024	30.00	09/01/2025	11.00	41.00	20.50	9.87	0.39	26	52
F08	CASCARA DE VAINA DE CACAO 60% + 40% PAJA DE MAIZ	CC60% + PM 40%	1	200	560.00	23/12/2024	37.00	26/01/2025	21.00	58.00	29.00	10.36	0.42	35	69
			2	200	558.00	23/12/2024	52.00	24/01/2025	10.00	62.00	31.00	11.11	0.46	35	67
			3	200	561.00	21/12/2024	45.00	25/01/2025	14.00	59.00	29.50	10.52	0.43	33	68
F09	PULPA DE CAFE 60% + 40% PAJA DE MAIZ	CF60% + PM 40%	1	200	507.00	10/12/2024	76.00	04/01/2025	5.00	81.00	40.50	15.98	0.86	22	47
			2	200	502.70	10/12/2024	77.00	04/01/2025	4.00	81.00	40.50	16.11	0.86	22	47
			3	200	516.40	10/12/2024	74.00	04/01/2025	4.00	78.00	39.00	15.10	0.83	22	47
F10	CASCARA DE VAINA DE CACAO 80% + 20% PAJA DE MAIZ	CC80% + PM 20%	1	200	623.00	25/12/2024	63.00	26/01/2025	36.00	99.000	49.50	15.89	0.72	37	69
			2	200	606.00	29/12/2024	68.00	29/01/2025	34.00	102.000	51.00	16.83	0.71	41	72
			3	200	614.00	28/12/2024	65.00	31/01/2025	26.10	91.100	45.55	14.84	0.62	40	74
F11	PULPA DE CAFE 80% + 20% PAJA DE MAIZ	CF80% + PM 20%	1	200	404.30	15/12/2024	34.00	02/01/2025	14.00	48.00	24.00	11.87	0.53	27	45
			2	200	429.00	14/12/2024	28.00	01/01/2025	12.00	40.00	20.00	9.32	0.45	26	44
			3	200	415.40	14/12/2024	30.00	02/01/2025	11.00	41.00	20.50	9.87	0.46	26	45

FECHA DE LA SIEMBRA DEL HONGO COMESTIBLE 18/11/2024

Datos de análisis químico de los Sustratos:

Parámetros	CVC (%)	PC (%)	PM (%)
Carbono	91.41	93.14	89.88
Nitrógeno	1.04	1.8	1.25
C/N	87.89	51.74	71.90

Concentración de Proteínas

Formulación	Composición de la formulación	Cantidad de Proteína (g/100 g)
F01	CVC 100%	24.60
F02	PC 100 %	0
F03	PM 100%	20.60
F04	CVC 20% + PM 80%	19.40
F05	PC 20% + PM 80%	17.40
F06	CVC 40% + PM 60%	16.40
F07	PC 40% + PM 60%	18.10
F08	CVC 60% + PM 40	20.60
F09	PC 60% + PM 40%	21
F10	CVC 80% + PM 20%	21
F11	PC 80% + PM 20%	20

Anexo 3. Análisis de Laboratorio.



REPORTE DE RESULTADO

N° 06508-24/AB/PICHANAKI

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: Camayo Valdez Sally Mahely
Propietario / Productor	: Camayo Valdez Sally Mahely
Dirección del cliente	: Pichanaki - Chanchamayo - Junín
Solicitado por	: Camayo Valdez Sally Mahely
Muestreado por	: Cliente
Número de muestra(s)	: 1
Presentación de las muestras(s)	: Conservada
Referencia del muestreo	: Reservado por el Cliente
Procedencia de muestra(s)	: Colonia Huanca - Pichanaki - Chanchamayo - Junín
Fecha(s) de muestreo	: 2024-06-04
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2024-06-06
Lugar de ensayo	: LABSAF Pichanaki
Fecha(s) de análisis	: Del 2024-06-06 hasta 2024-06-18
Fecha de emisión	: 2024-06-19

II. RESULTADO DE ANALISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	AB508-PI-24	...	...	...	...	...
Fecha de Muestreo	2024-06-04	...	...	...	...	...
Hora de Inicio de Muestreo (h)	10:00:00	...	...	...	...	...
Condición de la muestra	Conservada	...	...	...	...	...
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	Café	...	...	...	...	...
Ensayo	Unidad	LC	RESULTADOS			
Carbono	%	---	93,14	...	...	...
Nitrógeno	%	---	1,80	...	...	...

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Carbono	Via seca con método "ASTM 2974-20e1 Standard Test Methods for Determining the Water (Moisture) Content, Ash Content, and Organic Material of Peat and Other Organic Soils" modificado.
Nitrógeno	Micro-Kjeldahl.

IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.

El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Ing. M.Sc. ELVIS OTTOS DIAZ - Especialista, responsable del laboratorio del LABSAF PICHANAKI.


 INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
 ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE SUELOS Y AGUAS PICHANAKI
 Ing. M.Sc. ELVIS OTTOS DIAZ
 RESPONSABLE DE LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

Responsable de laboratorio de suelos y aguas

 FIN DE REPORTE DE ENSAYO



REPORTE DE RESULTADO

N° 06509-24/AB/PICHANAKI

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: Camayo Valdez Sally Mahely
Propietario / Productor	: Camayo Valdez Sally Mahely
Dirección del cliente	: Pichanaki - Chanchamayo - Junín
Solicitado por	: Camayo Valdez Sally Mahely
Muestreado por	: Cliente
Número de muestra(s)	: 1
Presentación de las muestras(s)	: Conservada
Referencia del muestreo	: Reservado por el Cliente
Procedencia de muestra(s)	: Colonia Huanca - Pichanaki - Chanchamayo - Junín
Fecha(s) de muestreo	: 2024-06-02
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2024-06-06
Lugar de ensayo	: LABSAF Pichanaki
Fecha(s) de análisis	: Del 2024-06-06 hasta 2024-06-18
Fecha de emisión	: 2024-06-19

II. RESULTADO DE ANALISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	AB509-PI-24	...	...	...	...	...
Fecha de Muestreo	2024-06-02	...	...	...	...	...
Hora de Inicio de Muestreo (h)	15:00:00	...	...	...	...	...
Condición de la muestra	Conservada	...	...	...	...	...
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	Cacao	...	...	...	...	...
Ensayo	Unidad	LC	RESULTADOS			
Carbono	%	—	91,41	...	...	...
Nitrógeno	%	—	1,04	...	...	...

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Carbono	Via seca con método "ASTM 2974-20e1 Standard Test Methods for Determining the Water (Moisture) Content, Ash Content, and Organic Material of Peat and Other Organic Soils" modificado.
Nitrógeno	Micro-Kjeldahl.

IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.

El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Ing. M.Sc. ELVIS OTTOS DIAZ - Especialista, responsable del laboratorio del LABSAF PICHANAKI.

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE PICHANAKI
ING. M.Sc. ELVIS OTTOS DIAZ
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS

Responsable de laboratorio de suelos y aguas
FIN DE REPORTE DE ENSAYO



REPORTE DE RESULTADO

N° 110001-24/FO/PICHANAKI

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: SALLY CAMAYO VALDEZ
Propietario / Productor	: SALLY CAMAYO VALDEZ
Dirección del cliente	: JR. JUNIN 784
Solicitado por	: SALLY CAMAYO VALDEZ
Muestreado por	: Cliente
Número de muestra(s)	: 1
Producto declarado	: FOLIAR
Presentación de las muestras(s)	: Conservada
Referencia del muestreo	: Reservado por el Cliente
Procedencia de muestra(s)	: COLONIA HUANCA/PICHANAQUI/CHANCHAMAYO/JUNIN
Fecha(s) de muestreo	: 2024-06-30
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2024-09-30
Lugar de ensayo	: LABSAF Pichanaki
Fecha(s) de análisis	: Del 2024-06-12 hasta 2024-06-18
Fecha de emisión	: 2024-06-19

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	FO0001-PI-24	...	...	...	...	...
Matriz Analizada	FOLIAR	...	...	...	...	...
Fecha de Muestreo	2024-06-04	...	...	...	...	...
Hora de Inicio de Muestreo (h)	No proporcionado por el cliente	...	...	...	...	...
Condición de la muestra	Conservada	...	...	...	...	...
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	PAJA DE MAIZ	...	...	...	...	...
Ensayo	Unidad	LC	RESULTADOS			
Carbono	%	--	92,05	...	...	...
Nitrógeno	%	--	0,69	...	...	...

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Carbono	Vía seca con método "ASTM 2974-20e1 Standard Test Methods for Determining the Water (Moisture) Content, Ash Content, and Organic Material of Peat and Other Organic Soils" modificado.
Nitrógeno	Micro-Kjeldahl.

IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
 - Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
 - Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
 - Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
 - Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
 - El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
 - Medición de pH realizada a 25 °C
- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Ing. M.Sc. ELVIS OTTOS DIAZ - Especialista, responsable del laboratorio del LABSAF PICHANAKI.

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
ESTACION EXPERIMENTAL JUNIN PICHANAKI
Ing. M.Sc. Elvis Ottos Diaz
RESPONSABLE DE LABORATORIO DE SUELOS Y AGUA

FIN DE REPORTE DE RESULTADO



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS

N° 002468 - 2025

SOLICITANTE : CLENDY ROSA QUISPE CABEZAS
DIRECCIÓN LEGAL : JIRÓN JUNÍN 784 JUNÍN-CHANCHAMAYO-PICHANAQUI
 DNI: 72890837 Teléfono: 931 862 073
PRODUCTO : HONGO PLEUROTUS OSTREATUS
NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : F01 (CVC 100%)
CANTIDAD RECIBIDA : 55 g de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : A Granel, la muestra ingresa en bolsa de polietileno sellada.
SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN-001756 -2025
REFERENCIA : VIA EMAIL
FECHA DE RECEPCIÓN : 10/03/2025
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:

ALCANCE: N.A.

ENSAYOS	RESULTADO
1.- Proteína (g/100 g de muestra original) (Factor:6,25)	24,6

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

1.- AOAC 978.04 (A) Cap. 3, Pág. 28, 21st Edition 2019

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 10/03/2025 A 18/03/2025

ADVERTENCIA:

- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM son responsabilidad del Solicitante.
- La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM es responsable de toda la información suministrada en el informe de ensayos, excepto la información suministrada por el solicitante que pueda o no afectar a la validez de los resultados.
- Los resultados se aplican únicamente a la muestra recibida. No es un Certificado de Conformidad, ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin autorización de La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM.

La Molina, 18 de Marzo 2025



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS - UNALM

Lourdes Margarita Barco Saldaña
 Biol. Lourdes Margarita Barco Saldaña
 Directora Técnica (e)
 CBP - N° 01232

Pág. 1/1

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú
 Cel.: 998376789 - 998373909 - 926694322

E-mail: lmctl.ventas.servicios@lamolina.edu.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal

la molina calidad total



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS

N° 002473 - 2025

SOLICITANTE : CLENDY ROSA QUISPE CABEZAS
DIRECCIÓN LEGAL : JIRÓN JUNÍN 784 JUNÍN-CHANCHAMAYO-PICHANAQUI
 DNI: 72890837 Teléfono: 931 862 073
PRODUCTO : HONGO PLEUROTUS OSTREATUS
NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : F03 (PM 100%)
CANTIDAD RECIBIDA : 52 g de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : A Granel, la muestra ingresa en bolsa de polietileno sellada.
SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN-001756 -2025
REFERENCIA : VIA EMAIL
FECHA DE RECEPCIÓN : 10/03/2025
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:

ALCANCE: N.A.

ENSAYOS	RESULTADO
1.- Proteína (g/100 g de muestra original) (Factor:6,25)	20,6

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

1.- AOAC 978.04 (A) Cap. 3, Pág. 28, 21st Edition 2019

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 10/03/2025 Al 18/03/2025

ADVERTENCIA:

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM son responsabilidad del Solicitante.
- 2.- La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM es responsable de toda la información suministrada en el informe de ensayos, excepto la información suministrada por el solicitante que pueda o no afectar a la validez de los resultados.
- 3.- Los resultados se aplican únicamente a la muestra recibida. No es un Certificado de Conformidad, ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin autorización de La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM.

La Molina, 18 de Marzo 2025



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS - UNALM

Lourdes Margarita Barco Saldaña
 Biol. Lourdes Margarita Barco Saldaña
 Directora Técnica (e)
 CBP - N° 01232

Pág. 1/1

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú
 Cel.: 998376789 - 998373909 - 926694322

E-mail: lmctf.ventas.servicios@lamolina.edu.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal

la molina calidad total



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS

N° 002469 - 2025

SOLICITANTE : CLENDY ROSA QUISPE CABEZAS
DIRECCIÓN LEGAL : JIRÓN JUNÍN 784 JUNÍN-CHANCHAMAYO-PICHANAQUI
 DNI: 72890837 Teléfono: 931 862 073
PRODUCTO : HONGO PLEUROTUS OSTREATUS
NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : F04 (CVC 20% + PM 80%)
CANTIDAD RECIBIDA : 53,5 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : A Granel, la muestra ingresa en bolsa de polietileno sellada.
SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN-001756 -2025
REFERENCIA : VIA EMAIL
FECHA DE RECEPCIÓN : 10/03/2025
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:

ALCANCE: N.A.

ENSAYOS	RESULTADO
1.- Proteína (g/100 g de muestra original) (Factor:6,25)	19,4

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

1.- AOAC 978.04 (A) Cap. 3, Pág. 28, 21st Edition 2019

FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYOS: Del 10/03/2025 Al 18/03/2025

ADVERTENCIA:

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM son responsabilidad del Solicitante.
- 2.- La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM es responsable de toda la información suministrada en el informe de ensayos, excepto la información suministrada por el solicitante que pueda o no afectar a la validez de los resultados.
- 3.- Los resultados se aplican únicamente a la muestra recibida. No es un Certificado de Conformidad, ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin autorización de La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM.

La Molina, 18 de Marzo 2025



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS - UNALM

Lourdes Barco

 Biol. Lourdes Margarita Barco Saldaña
 Directora Técnica (e)
 CBP - N° 01232

Pág. 1/1

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú
 Cel.: 998376789 - 998373909 - 926694322
 E-mail: lmctl.ventas.servicios@lamolina.edu.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal

la molina calidad total



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS

N° 000311 - 2025

SOLICITANTE : CLENDY ROSA QUISPE CABEZAS
DIRECCIÓN LEGAL : JIRÓN JUNÍN 784 JUNÍN-CHANCHAMAYO-PICHANAQUI
 DNI: 72890837 Teléfono: 931 862 073
PRODUCTO : HONGO PLEUROTUS OSTREATUS
NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : F05 (PC20% + PM 80%)
CANTIDAD RECIBIDA : 51 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en bolsa de polietileno sellada.
SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN-000203 -2025
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 17/02/2025
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:

ALCANCE: N.A.

ENSAYOS	RESULTADO
1.- Proteína (g/100 g de muestra original) (Factor:6,25)	17,4

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

1.- AOAC 978.04 (A) Cap. 3, Pág. 28, 21st Edition 2019

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 17/02/2025 Al 24/02/2025

ADVERTENCIA:

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM son responsabilidad del Solicitante.
- 2.- La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM es responsable de toda la información suministrada en el informe de ensayos, excepto la información suministrada por el solicitante que pueda o no afectar a la validez de los resultados.
- 3.- Los resultados se aplican únicamente a la muestra recibida. No es un Certificado de Conformidad, ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin autorización de La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM.

La Molina, 24 de Febrero 2025



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS - UNALM

Lourdes Margarita Barco Saldaña
 Biol. Lourdes Margarita Barco Saldaña
 Directora Técnica (e)
 CBP - N° 01232

Pág. 1/1

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú
 Cel.: 998376789 - 998373909 - 926694322

E-mail: lmctl.ventas.servicios@lamolina.edu.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal

la molina calidad total



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS

N° 002471 - 2025

SOLICITANTE : CLENDY ROSA QUISPE CABEZAS
DIRECCIÓN LEGAL : JIRÓN JUNÍN 784 JUNÍN-CHANCHAMAYO-PICHANAQUI
 DNI: 72890837 Teléfono: 931 862 073
PRODUCTO : HONGO PLEUROTUS OSTREATUS
NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : F06 (CVC40% + PM 60%)
CANTIDAD RECIBIDA : 38,2 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : A Granel, la muestra ingresa en bolsa de polietileno sellada.
SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN-001756 -2025
REFERENCIA : VIA EMAIL
FECHA DE RECEPCIÓN : 10/03/2025
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:

ALCANCE: N.A.

ENSAYOS	RESULTADO
1.- Proteína (g/100 g de muestra original) (Factor:6,25)	16,4

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

1.- AOAC 978.04 (A) Cap. 3, Pág. 28, 21st Edition 2019

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 10/03/2025 Al 18/03/2025

ADVERTENCIA:

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM son responsabilidad del Solicitante.
- 2.- La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM es responsable de toda la información suministrada en el informe de ensayos, excepto la información suministrada por el solicitante que pueda o no afectar a la validez de los resultados.
- 3.- Los resultados se aplican únicamente a la muestra recibida. No es un Certificado de Conformidad, ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin autorización de La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM.

La Molina, 18 de Marzo 2025



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS - UNALM

Lourdes Margarita Barco Saldaña
 Biol. Lourdes Margarita Barco Saldaña
 Directora Técnica (e)
 CBP - N° 01232

Pág. 1/1

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú
 Cel.: 998376789 - 998373909 - 926694322

E-mail: lmctl.ventas.servicios@lamolina.edu.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal

la molina calidad total



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS

N° 000310 - 2025

SOLICITANTE : CLENDY ROSA QUISPE CABEZAS
DIRECCIÓN LEGAL : JIRÓN JUNÍN 784 JUNÍN-CHANCHAMAYO-PICHANAQUI
 DNI: 72890837 Teléfono: 931 862 073
PRODUCTO : HONGO PLEUROTUS OSTREATUS
NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : F07 (PC40% + PM 60%)
CANTIDAD RECIBIDA : 50,7 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en bolsa de polietileno sellada.
SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN-000203 -2025
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 17/02/2025
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:

ALCANCE: N.A.

ENSAYOS	RESULTADO
1.- Proteína (g/100 g de muestra original) (Factor:6,25)	18,1

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

1.- AOAC 978.04 (A) Cap. 3, Pág. 28, 21st Edition 2019

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 17/02/2025 Al 24/02/2025

ADVERTENCIA:

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM son responsabilidad del Solicitante.
- 2.- La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM es responsable de toda la información suministrada en el informe de ensayos, excepto la información suministrada por el solicitante que pueda o no afectar a la validez de los resultados.
- 3.- Los resultados se aplican únicamente a la muestra recibida. No es un Certificado de Conformidad, ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin autorización de La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM.

La Molina, 24 de Febrero 2025



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS - UNALM

Biol. Lourdes Margarita Barco Saldaña
 Biol. Lourdes Margarita Barco Saldaña
 Directora Técnica (e)
 CBP - N° 01232

Pág. 1/1

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú
 Cel.: 998376789 - 998373909 - 926694322

E-mail: lmctl.ventas.servicios@lamolina.edu.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal

la molina calidad total



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS

N° 002470 - 2025

SOLICITANTE : CLENDY ROSA QUISPE CABEZAS
DIRECCIÓN LEGAL : JIRÓN JUNÍN 784 JUNÍN-CHANCHAMAYO-PICHANAQUI
 DNI: 72890837 Teléfono: 931 862 073
PRODUCTO : HONGO PLEUROTUS OSTREATUS
NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : F08 (CVC60% + PM 40%)
CANTIDAD RECIBIDA : 38,2 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : A Granel, la muestra ingresa en bolsa de polietileno sellada.
SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN-001756 -2025
REFERENCIA : VIA EMAIL
FECHA DE RECEPCIÓN : 10/03/2025
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:

ALCANCE: N.A.

ENSAYOS	RESULTADO
1.- Proteína (g/100 g de muestra original) (Factor:6,25)	20,6

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

1.- AOAC 978.04 (A) Cap. 3, Pág. 28, 21st Edition 2019

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 10/03/2025 Al 18/03/2025

ADVERTENCIA:

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM son responsabilidad del Solicitante.
- 2.- La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM es responsable de toda la información suministrada en el informe de ensayos, excepto la información suministrada por el solicitante que pueda o no afectar a la validez de los resultados.
- 3.- Los resultados se aplican únicamente a la muestra recibida. No es un Certificado de Conformidad, ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin autorización de La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM.

La Molina, 18 de Marzo 2025



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS - UNALM.

Lourdes Barco
 Biol. Lourdes Margarita Barco Saldaña
 Directora Técnica (e)
 CBP - N° 01232

Pág. 1/1

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú
 Cel.: 998376789 - 998373909 - 926694322

E-mail: lmctl.ventas.servicios@lamolina.edu.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal

la molina calidad total



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS

N° 000309 - 2025

SOLICITANTE : CLENDY ROSA QUISPE CABEZAS
DIRECCIÓN LEGAL : JIRÓN JUNÍN 784 JUNÍN-CHANCHAMAYO-PICHANAQUI
 DNI: 72890837 Teléfono: 931 862 073
PRODUCTO : HONGO PLEUROTUS OSTREATUS
NÚMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : F09 (PC60% + PM 40%)
CANTIDAD RECIBIDA : 41,1 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en bolsa de polietileno sellada.
SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN-000203 -2025
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 17/02/2025
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:

ALCANCE: N.A.

ENSAYOS	RESULTADO
1.- Proteína (g/100 g de muestra original) (Factor:6,25)	21,0

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

1.- AOAC 978.04 (A) Cap. 3, Pág. 28, 21st Edition 2019

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 17/02/2025 Al 24/02/2025

ADVERTENCIA:

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM son responsabilidad del Solicitante.
- 2.- La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM es responsable de toda la información suministrada en el informe de ensayos, excepto la información suministrada por el solicitante que pueda o no afectar a la validez de los resultados.
- 3.- Los resultados se aplican únicamente a la muestra recibida. No es un Certificado de Conformidad, ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin autorización de La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM.

La Molina, 24 de Febrero 2025



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS - UNALM

Lourdes Margarita Barco Saldaña
 Biol. Lourdes Margarita Barco Saldaña
 Directora Técnica (e)
 CBP - N° 01232

Pág. 1/1

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú
 Cel.: 998376789 - 998373909 - 926694322

E-mail: lmctl.ventas.servicios@lamolina.edu.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal

la molina calidad total



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS

N° 002472 - 2025

SOLICITANTE : CLENDY ROSA QUISPE CABEZAS
DIRECCIÓN LEGAL : JIRÓN JUNÍN 784 JUNÍN-CHANCHAMAYO-PICHANAQUI
 DNI: 72890837 Teléfono: 931 862 073
PRODUCTO : HONGO PLEUROTUS OSTREATUS
NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : F10 (CVC80% + PM 20%)
CANTIDAD RECIBIDA : 46,2 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : A Granel, la muestra ingresa en bolsa de polietileno sellada.
SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN-001756 -2025
REFERENCIA : VIA EMAIL
FECHA DE RECEPCIÓN : 10/03/2025
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:

ALCANCE: N.A.

ENSAYOS	RESULTADO
1.- Proteína (g/100 g de muestra original) (Factor:6,25)	21,0

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

1.- AOAC 978.04 (A) Cap. 3, Pág. 28, 21st Edition 2019

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 10/03/2025 Al 18/03/2025

ADVERTENCIA:

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM son responsabilidad del Solicitante.
- 2.- La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM es responsable de toda la información suministrada en el informe de ensayos, excepto la información suministrada por el solicitante que pueda o no afectar a la validez de los resultados.
- 3.- Los resultados se aplican únicamente a la muestra recibida. No es un Certificado de Conformidad, ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin autorización de La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM.

La Molina, 18 de Marzo 2025



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS - UNALM.

Lourdes Margarita Barco Saldaña
 Biol. Lourdes Margarita Barco Saldaña
 Directora Técnica (e)
 CBP - N° 01232

Pág. 1/1

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú
 Cel.: 998376789 - 998373909 - 926694322

E-mail: lmctl.ventas.servicios@lamolina.edu.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal

la molina calidad total



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS

N° 000308 - 2025

SOLICITANTE : CLENDY ROSA QUISPE CABEZAS
DIRECCIÓN LEGAL : JIRÓN JUNÍN 784 JUNÍN-CHANCHAMAYO-PICHANAQUI
 DNI: 72890837 Teléfono: 931 862 073
PRODUCTO : HONGO PLEUROTUS OSTREATUS
NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : F11 (PC80% +PM 20%)
CANTIDAD RECIBIDA : 33,7 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en bolsa de polietileno sellada.
SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN-000203 -2025
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 17/02/2025
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:

ALCANCE: N.A.

ENSAYOS	RESULTADO
1.- Proteína (g/100 g de muestra original) (Factor:6,25)	20,0

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

1.- AOAC 978.04 (A) Cap. 3, Pág. 28, 21st Edition 2019

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 17/02/2025 Al 24/02/2025

ADVERTENCIA:

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM son responsabilidad del Solicitante.
- 2.- La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM es responsable de toda la información suministrada en el informe de ensayos, excepto la información suministrada por el solicitante que pueda o no afectar a la validez de los resultados.
- 3.- Los resultados se aplican únicamente a la muestra recibida. No es un Certificado de Conformidad, ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin autorización de La Molina Calidad Total Laboratorios-UNALM.

La Molina, 24 de Febrero 2025



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS - UNALM

Lourdes Barco
 Biol. Lourdes Margarita Barco Saldaña
 Directora Técnica (e)
 CBP - N° 01232

Pág. 1/1

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú
 Cel.: 998376789 - 998373909 - 926694322

E-mail: lmctl.ventas.servicios@lamolina.edu.pe - Página Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal

la molina calidad total

Anexo 6. Panel Fotográfico**Figura 15**

Recolección de los residuos agrícolas en el Centro Poblado Colonia Huanca



Nota: En las subfiguras se muestran la recolección de residuos agrícolas en el Centro Poblado Colonia Huanca: (a) paja de maíz, (b) pulpa de café y (c) cáscara de vaina de cacao.

Figura 16

*Inóculo de *Pleurotus ostreatus**



Figura 17

*Preparación de los residuos agrícolas utilizados como sustrato para el cultivo de *Pleurotus ostreatus**



Nota: Preparación de los residuos agrícolas empleados como sustrato: (a) fermentación aeróbica de la pulpa de café, (b) troceado de la cáscara de vaina de cacao y (c) picado de la paja de maíz.

Figura 18

*Mezcla y empaquetado de las formulaciones de sustrato para el cultivo de *Pleurotus ostreatus**



Nota: Proceso de mezcla de las once formulaciones de sustrato: (a) formulación con 20 % de cáscara de vaina de cacao y 80 % de paja de maíz; (b) formulación con 100 % de pulpa de café; (c) formulación con 100 % de paja de maíz; (d) formulaciones mezcladas y empaquetadas en bolsas de polipropileno.

Figura 19

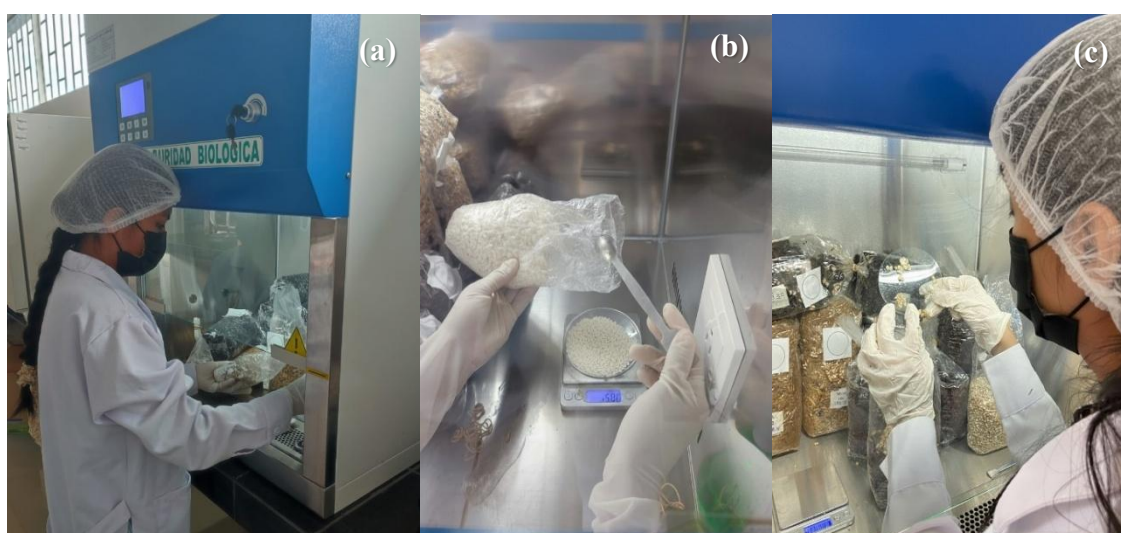
*Proceso de esterilización de las formulaciones para el cultivo de *Pleurotus ostreatus**



Nota: Proceso de esterilización de las formulaciones de sustrato para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*: (a) preparación y carga de las bolsas con sustrato en el autoclave; (b) disposición de las bolsas en el interior del equipo durante el ciclo de esterilización.

Figura 20

*Inoculación de *Pleurotus ostreatus* en las formulaciones.*



Nota: Inoculación aséptica de las formulaciones de sustrato: (a) preparación del área de trabajo en la cámara de flujo laminar; (b) pesado del inóculo micelial; (c) incorporación del inóculo en las bolsas con sustrato esterilizado.

Figura 21

*Área de incubación y desarrollo del micelio en las formulaciones de sustrato de *Pleurotus ostreatus**



Nota: Vista del área de incubación y del proceso de colonización del sustrato: (a–c) disposición de las 33 unidades experimentales en estanterías dentro del área de incubación; (d) fase inicial de colonización del micelio; (e) fase intermedia de colonización; (f) sustrato mayoritariamente colonizado al final del periodo de incubación.

Figura 22

Área de inducción y manejo de las formulaciones de sustrato para la fructificación de *Pleurotus ostreatus*



Nota: (a) disposición de las formulaciones completamente colonizadas en estanterías; (b) apertura parcial de la parte superior de las bolsas para favorecer la salida de los cuerpos fructíferos; (c) humidificación del ambiente mediante aspersión de agua sobre las bolsas.

Figura 23

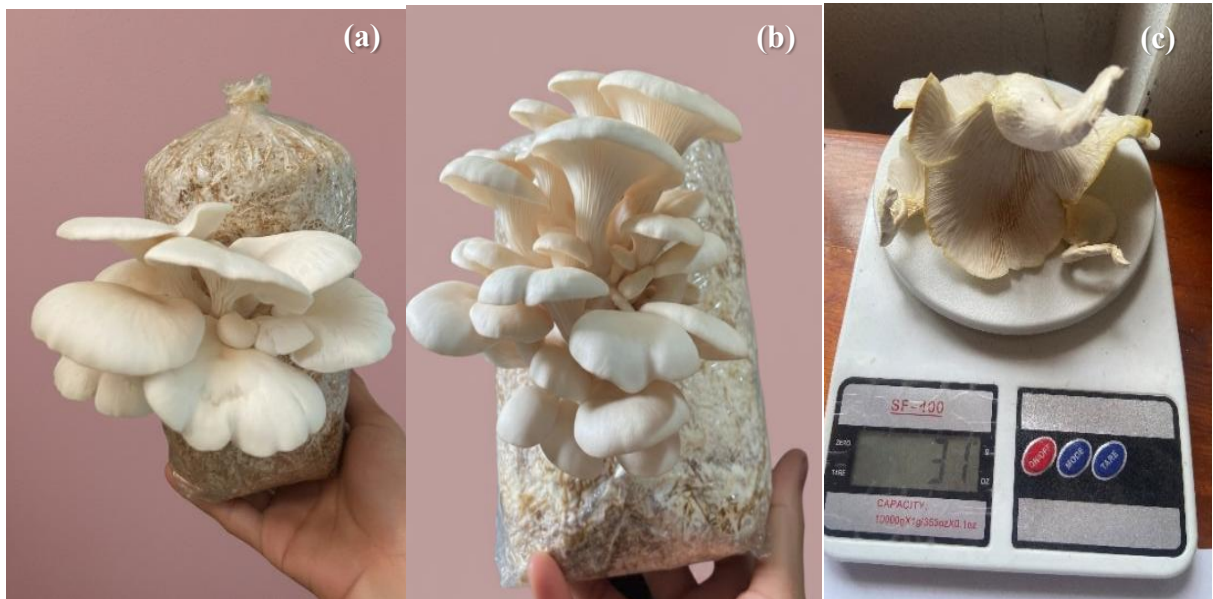
Etapas de fructificación de *Pleurotus ostreatus* en las formulaciones



Nota: Proceso de fructificación observado en la formulación F03: (a) día 1, sustrato completamente colonizado sin estructuras fructíferas definidas, (b) día 3, aparición de primordios y (c) día 4, formación de racimos de cuerpos fructíferos jóvenes.

Figura 24

Cosecha de los cuerpos fructíferos de Pleurotus ostreatus



Nota: Cosecha de *Pleurotus ostreatus* en las bolsas de sustrato: (a-b) racimo de cuerpos fructíferos listos para la cosecha y (c) masado del cuerpo fructífero fresco cosechado.

Figura 25

Conservación de los cuerpos fructíferos mediante deshidratación y empaquetado al vacío



Nota: (a) Proceso de deshidratación de los cuerpos fructíferos; (b) cuerpos fructíferos deshidratados y empaquetados al vacío de la Formulación F01 y F03; (c) muestras deshidratadas y empaquetadas correspondientes a las 4 formulaciones de cáscara de vaina de cacao (CVC); y (d) muestras deshidratadas y empaquetadas correspondientes a las 4 formulaciones de Pulpa de café (PC)