

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE NEGOCIOS

AGRONÓMICOS Y FORESTALES



TESIS

**Evaluación económica de la producción de champiñones ostra
(*Pleurotus ostreatus*) con dos sustratos orgánicos y la inclusión de
residuos de cartón y papel en Huanta**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero de Negocios Agronómicos y Forestales

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Agronomía

PRESENTADO POR:

Quispe Janampa Sulma Marleny

ASESOR:

Dr. Uriel Rigoberto Quispe Quezada

CO-ASESOR:

Dr. Enderson Henry Cruz Mamani

HUANTA – AYACUCHO

2026

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

TESIS SULMA QJ- JULIO ACTUAL.pdf

AUTOR

SULMA MARLENY QUISPE JANAMPA

RECuento DE PALABRAS

35561 Words

RECuento DE CARACTERES

204337 Characters

RECuento DE PÁGINAS

157 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.9MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 29, 2026 11:05 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 29, 2026 11:07 PM GMT-5**● 16% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 13% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 9 palabras)



Firmado digitalmente
por QUISPE
QUEZADA Uriel
Rigoberto FAU
20574653798 soft
Fecha: 2026.07.29
23:13:55 -05'00'



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA
Creada por Ley N° 29658

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE NEGOCIOS AGRONÓMICOS Y FORESTALES

En la ciudad de Huanta, en el auditorio de Estudios Generales de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, ubicado en el Jr. Miguel Lazón N° 370 – cinco esquinas, a los 17 días del mes de agosto de 2026, siendo las 16:00 horas, se dio inicio al acto académico de sustentación de tesis con la presencia de los miembros del jurado calificador:

Mtra. Mary Amelia Cardenas Bustamante	Miembro Titular 1 (Presidente)
Mtro. Giancarlo Joel Pérez Mejia	Miembro titular 2
Dr. Uriel Rigoberto Quispe Quezada	Miembro titular 3
Mtro. Eloy Robles Carrión	Miembro Suplente

Acto seguido se procedió a dar lectura a la Resolución de Vicepresidencia Académica N° 126-2026-CO-UNAH, en la que señala fecha, hora y designación de jurado evaluador para la sustentación de tesis de la **Bach. Sulma Marleny Quispe Janampa**, con la tesis titulada: "**Evaluación económica de la producción de champiñones ostra (*Pleurotus ostreatus*) con dos sustratos orgánicos y la inclusión de residuos de cartón y papel en Huanta**", asesorado por el Dr. Uriel Rigoberto Quispe Quezada y coasorado por el Dr. Enderson Henry Cruz Mamani para optar el Título profesional de: Ingeniero de Negocios Agronómicos y Forestales.

Observaciones:

..... NINGUNA

Terminada la sustentación se procedió a la formulación de preguntas por los miembros del jurado evaluadores, los mismos que fueron defendidos y absueltos por la tesis. Acto seguido se procedió a calificar con el resultado siguiente:

Aprobado Regular	()
Aprobado Bueno	()
Aprobado Muy Bueno	(x)
Aprobado Excelente	()

Con la calificación de DIECISIETE (17)

Siendo las 17:20 se da por finalizada el acto académico de sustentación de tesis pasando a firmar los miembros del jurado evaluador.


Mtra. Mary Amelia Cardenas Bustamante
Miembro Titular 1 (Presidente)


Mtro. Giancarlo Joel Pérez Mejia
Miembro Titular 2


Dr. Uriel Rigoberto Quispe Quezada
Miembro Titular 3

Evaluación económica de la producción de champiñones ostra (*Pleurotus ostreatus*) con dos sustratos orgánicos y la inclusión de residuos de cartón y papel en Huanta.

TESISTA

Bach. Sulma Marleny Quispe Janampa

ASESOR

Dr. Uriel Rigoberto Quispe Quezada

CIP N°63037

CO-ASESOR

Dr. Enderson Henry Cruz Mamani

CIP N° 285419

Dedicatoria

Dedico este trabajo de tesis, fruto de esfuerzo, constancia y dedicación, a mis padres, Alejandro Quispe y Aurelia Janampa, quienes, con su ejemplo de lucha diaria, sacrificio y amor incondicional me han impulsado a seguir adelante en cada etapa de mi vida académica. Ellos han sido y seguirán siendo la base sólida sobre la cual se ha construido mi formación personal y profesional.

A mi familia, por estar presentes en cada momento, brindándome su apoyo moral y emocional, incluso en los momentos más difíciles. Su presencia me ha dado fortaleza para no rendirme.

A mis docentes, por compartir sus conocimientos con compromiso y vocación, y por guiarme con paciencia durante todo el proceso formativo. Sus enseñanzas han sido fundamentales en la consolidación de mis capacidades y en la elaboración de esta tesis.

Sulma Marleny Quispe Janampa

Agradecimiento

Expreso mi especial reconocimiento al asesor de la presente investigación, Dr. Uriel Rigoberto Quispe Quezada, por su orientación permanente, rigurosidad académica y valiosa guía metodológica a lo largo del desarrollo de este trabajo. Sus aportes y observaciones contribuyeron de manera sustancial al logro de los objetivos planteados y al fortalecimiento de la calidad científica de la investigación.

De igual forma, manifiesto mi agradecimiento al co-asesor, Dr. Enderson Henry Cruz Mamani, por sus acertadas recomendaciones, aportes técnicos y criterio académico, los cuales permitieron enriquecer el enfoque y la consistencia del estudio.

Asimismo, expreso mi reconocimiento a los docentes de la Escuela Profesional de Negocios Agronómicos y Forestales, quienes, durante mi formación universitaria, contribuyeron con sus conocimientos, experiencia y compromiso académico al desarrollo de mis competencias profesionales.

Por último, dejo constancia de mi agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, por constituir el espacio académico que hizo posible mi formación profesional, así como por brindar las condiciones necesarias para la ejecución de la presente investigación.

Sulma Marleny Quispe Janampa

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la viabilidad productiva y económica en la producción de champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*) utilizando dos sustratos orgánicos y la inclusión de residuos de cartón y papel en Huanta. Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA), conformado por ocho tratamientos y tres repeticiones, distribuidos en 24 unidades experimentales: T1 (100 % cartón), T2 (100 % bagazo de caña), T3 (100 % papel), T4 (100 % cascarilla de coco), T5 (85 % bagazo de caña + 15 % papel), T6 (85 % bagazo de caña + 15 % cartón), T7 (85 % cascarilla de coco + 15 % papel) y T8 (85 % cascarilla de coco + 15 % cartón). Se evaluaron el diámetro del sombrero, el número de cuerpos fructíferos, el número de sombreros, el rendimiento por bolsa y los indicadores económicos de relación beneficio/costo y rentabilidad. Los datos fueron sometidos a las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk y homogeneidad de varianzas de Levene; de acuerdo con el cumplimiento de los supuestos, se aplicó el análisis de varianza (ANOVA), la prueba de Welch con comparaciones múltiples de Games-Howell o la prueba de Kruskal-Wallis con comparaciones múltiples de Dunn con ajuste de Bonferroni. La evaluación económica se realizó mediante Microsoft Excel, considerando los costos de producción, ingresos, utilidad neta, relación beneficio/costo y rentabilidad. Los resultados mostraron que el tratamiento T8 obtuvo el mayor rendimiento en la primera y segunda cosecha, con 210,32 g/bolsa y 159,40 g/bolsa, respectivamente, además del mayor número de sombreros (28 unidades). Por su parte, el tratamiento T1 registró el mayor rendimiento en la tercera cosecha (165,21 g/bolsa) y el mayor diámetro de sombrero en la primera cosecha (12,08 cm). En la evaluación económica, el tratamiento T8 presentó la mayor relación beneficio/costo (1,68) y la mayor rentabilidad (67.70 %). Se concluyó que el tratamiento T8 (85 % cascarilla de coco + 15 % cartón) constituyó la alternativa con mayor viabilidad productiva y económica para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* bajo las condiciones de evaluadas.

Palabras clave: *Pleurotus ostreatus*; rendimiento productivo; sustratos orgánicos; evaluación económica.

ABSTRACT

The present research aimed to determine the productive and economic viability in the production of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) using two organic substrates and the inclusion of cardboard and paper residues in Huanta. A Completely Randomized Design (CRD) was used, consisting of eight treatments and three replications, distributed in 24 experimental units: T1 (100% cardboard), T2 (100% sugarcane bagasse), T3 (100% paper), T4 (100% coconut husk), T5 (85% sugarcane bagasse + 15% paper), T6 (85% sugarcane bagasse + 15% cardboard), T7 (85% coconut husk + 15% paper), and T8 (85% coconut husk + 15% cardboard). The evaluated variables were cap diameter, number of fruiting bodies, number of caps, yield per bag, and economic indicators of benefit/cost ratio and profitability. The data were subjected to the Shapiro-Wilk normality test and Levene's homogeneity of variance test; according to the fulfillment of assumptions, analysis of variance (ANOVA), Welch's test with Games-Howell multiple comparisons, or the Kruskal-Wallis test with Dunn's multiple comparisons adjusted by Bonferroni were applied. The economic evaluation was carried out using Microsoft Excel, considering production costs, income, net profit, benefit/cost ratio, and profitability. The results showed that treatment T8 obtained the highest yield in the first and second harvests, with 210.32 g/bag and 159.40 g/bag, respectively, as well as the highest number of caps (28 units). Meanwhile, treatment T1 recorded the highest yield in the third harvest (165.21 g/bag) and the largest cap diameter in the first harvest (12.08 cm). In the economic evaluation, treatment T8 presented the highest benefit/cost ratio (1.68) and the highest profitability (67.70%). It was concluded that treatment T8 (85% coconut husk + 15% cardboard) constituted the alternative with the greatest productive and economic viability for the cultivation of *Pleurotus ostreatus* under the conditions of Huanta.

Keywords: *Pleurotus ostreatus*; productive yield; organic substrates; economic evaluation.economic.

ÍNDICE

RESUMEN.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xx
INTRODUCCIÓN	21
CAPÍTULO I.....	23
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	23
1.1. Planteamiento de problema.....	23
1.1.1. Descripción del problema	23
1.2. Formulación del problema	26
1.2.1. Problema general	26
1.2.2. Problemas específicos.....	26
1.3. Objetivos	27
1.3.1. Objetivo general.....	27
1.3.2. Objetivos específicos	27
1.4. Justificación e importancia	27
1.4.1. Justificación	27
1.4.2. Importancia	29
1.5. Hipótesis	31
1.5.1. Hipótesis general.....	31
1.5.2. Hipótesis específicas.....	31
1.6. Variables	31
1.6.1. Variable independiente	31
1.6.2. Variable dependiente	32
1.7. Operacionalización de variables	33
CAPÍTULO II	34
MARCO TEÓRICO	34
2.1. Antecedentes de investigación.....	34
2.1.1. Internacionales	34

2.1.2. Nacionales.....	37
2.2. Bases teóricas.....	41
2.2.1. Generalidades del champiñón Ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	41
2.2.2. Clasificación taxonómica.....	43
2.2.3. Crecimiento fúngico	43
2.2.4. Variedad utilizada	46
2.2.5. Definición de los sustratos.....	47
2.2.7. Costos de producción.....	52
2.2.8. Evaluación económica del proyecto	55
2.2.9. Demanda en el mercado.....	58
2.2.10. Indicadores de calidad	59
2.3. Definición de términos.....	60
2.3.1. Lignocelulosa.....	60
2.3.2. Celulosa.....	60
2.3.3. Hemicelulosa.....	60
2.3.4. Lignina	60
2.3.5. Micelio	61
2.3.6. Inoculación.....	61
2.3.7. Bolsa de polipropileno	61
2.3.8. Termohigrómetro	61
CAPÍTULO III.....	62
METODOLOGÍA	62
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	62
3.1.1. Tipo de investigación.....	62
3.1.2. Nivel de investigación	63
3.2. Diseño de investigación	64
3.2.1. Ámbito temporal	65
3.2.2. Ámbito espacial	66
3.2.3. Ubicación política	67
3.2.4. Ubicación geográfica	67

3.3. Unidad de análisis, población, muestra y muestreo	68
3.3.1. Unidad de análisis	69
3.3.2. Población	69
3.3.3. Muestra	69
3.3.4. Muestreo	70
3.3.5. Materiales, insumos, equipos e instalaciones	70
3.4. Método	72
3.4.1. Método experimental	72
3.4.2. Método comparativo	73
3.4.3. Método analítico	73
3.5. Técnicas	74
3.5.1. Observación directa	74
3.5.2. Medición experimental	75
3.5.3. Análisis documental.....	75
3.6. Instrumentos.....	75
3.6.1. Equipos de medición asociados a los instrumentos	76
3.7. Procedimiento	76
3.7.1. Acondicionamiento del área experimental	77
3.7.2. Recolección y selección de los materiales	77
3.7.3. Secado y fragmentación de los sustratos	78
3.7.4. Preparación de los tratamientos	78
3.7.5. Hidratación de los sustratos	79
3.7.6. Pasteurización térmica	80
3.7.7. Adquisición y conservación del inóculo	80
3.7.8. Inoculación.....	80
3.7.9. Distribución aleatoria de las unidades experimentales	81
3.7.10. Incubación.....	81
3.7.11. Fructificación	82
3.7.12. Cosecha	83
3.7.13. Medición de las variables productivas.....	84

3.7.14. Registro de costos y evaluación económica	85
3.7.15. Proyección para la evaluación económica	86
3.7.16. Organización y procesamiento de los datos.....	86
3.8. Análisis de datos	87
CAPÍTULO IV	87
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	87
4.1. Resultados	87
4.1.1. Análisis descriptivo del sombrero del champiñón ostra	87
4.1.2. Análisis inferencial mediante la prueba de Kruskal-Wallis.....	89
4.1.3. Análisis descriptivo número de cuerpos fructíferos del champiñón ostra.....	91
4.1.4. Análisis inferencial mediante la prueba de Kruskal-Wallis.....	93
4.1.5. Análisis descriptivo número de sombreros del champiñón ostra. ...	94
4.1.6. Análisis inferencial mediante la prueba de Kruskal-Wallis.....	95
4.1.7. Análisis descriptivo del rendimiento en gramos del champiñón ostra.	97
4.1.8. Análisis inferencial mediante la prueba de prueba global de Welch	99
4.1.9. Evaluación de los costos de producción del champiñón ostra.....	101
4.2. Discusión.....	107
4.2.1. Diámetro del sombrero del champiñón ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>).	108
4.2.2. Número de cuerpo fructífero del champiñón ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>).	108
4.2.3. Número de sombreros del champiñón ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	109
4.2.4. Rendimiento en (gr) por bolsa del champiñón ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	109
4.2.5. Costos de producción de champiñón ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>)..	110
4.2.6. Evaluación económica de champiñón ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	111
CAPÍTULO V.....	113
CONCLUSIONES.....	113

CAPÍTULO VI	114
RECOMENDACIONES.....	114
REFERENCIAS	115
ANEXOS.....	127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de operacionalización de variables	33
Tabla 2 Clasificación taxonómica del champiñón ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>)....	43
Tabla 3 Valor óptimo de los factores que influyen en el crecimiento del hongo.	46
Tabla 4 Composición de la cascarilla de coco	48
Tabla 5 Composición del bagazo de caña	48
Tabla 6 Principales empresas comercializadoras de <i>Pleurotus ostreatus</i> en el mercado nacional	59
Tabla 7 Ubicación política del área experimental	67
Tabla 8 Distribución de la muestra	70
Tabla 9 Materiales e insumos utilizados en la investigación	70
Tabla 10 Equipos e instrumentos utilizados.....	71
Tabla 11 Instalación utilizada	71
Tabla 12 Equipos de Medición, Variables y Unidades Utilizadas en el Registro de Fichas	76
Tabla 13 Correspondencia entre Técnicas de Investigación e Instrumentos de Recolección de Datos.....	76
Tabla 14 Formulación y codificación de los tratamientos experimentales	78
Tabla 15 Parámetros y condiciones registradas durante la fase de incubación micelial.....	81
Tabla 16 Parámetros ambientales y condiciones registradas durante la fase de fructificación	82
Tabla 17 Etapas del proceso productivo del hongo ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>)..	83
Tabla 18 Proyección de la producción a 500 bolsas de sustrato.	86
Tabla 19 Análisis descriptivo del diámetro de sombrero (cm) de <i>pleurotus</i> <i>ostreatus</i> según cosecha.	88
Tabla 20 Prueba de Kruskal-Wallis para el diámetro de sombreros de las tres cosechas.....	89
Tabla 21 Prueba de comparaciones multiples de Dunn para el diametro de sombre de las tres cosechas.....	90
Tabla 22 Análisis descriptivo del número de cuerpos fructíferos de las tres cosechas.....	92
Tabla 23 Prueba de Kruskal-Wallis para el número de cuerpos fructíferos de las tres cosechas.....	93

Tabla 24 Análisis descriptivo del número de sombreros de las tres cosechas	94
Tabla 25 Prueba de Kruskal-Wallis para el número de sombreros de las tres cosechas.....	95
Tabla 26 Prueba de comparaciones múltiples de Dunn para el número de sombreros de <i>Pleurotus ostreatus</i> de las tres cosechas.....	96
Tabla 27 Análisis descriptivo del rendimiento por bolsa (g) por cosecha y tratamiento.....	98
Tabla 28 Prueba robusta de Welch para el rendimiento por bolsa de las tres cosechas.....	99
Tabla 29 Prueba de Games-Howell para el rendimiento por bolsa (g) por cosecha y tratamiento.....	100
Tabla 30 Costos de producción y operación (s/.) de champiñones, cultivados en ocho tratamientos	102
Tabla 31 Comparación de los indicadores económicos de la producción de champiñones, cultivados en ocho tratamientos.....	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Morfología del champiñón ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>).....	42
Figura 2 El ciclo de vida de <i>Pleurotus ostreatus</i>	44
Figura 3 Distribución del área experimental para el cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	66
Figura 4 Ubicación geográfica del área experimental	68
Figura 5 Comparaciones múltiples para el diámetro de sombreros de las tres cosechas.....	91
Figura 6 Comparaciones múltiples para el número de sombreros de las tres cosechas.....	97
Figura 7 Comparaciones para el rendimiento por bolsa (g) por cosecha y tratamiento.....	100
Figura 8 Comparación de costos de producción y operación (s/.) de champiñones, cultivados en ocho tratamientos	102
Figura 9 Evaluación comparativa de la rentabilidad económica en la producción y operación (S/.) de champiñones ostra cultivados en ocho tratamientos.....	105
Figura 10 Análisis comparativo de los indicadores económicos de la producción y operación (S/.) de champiñones ostra en ocho tratamientos experimentales...	106
Figura 11 Comparación del rendimiento productivo en la producción de champiñones ostra bajo ocho tratamientos	107

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Matriz y planificación	127
Anexo 2 Instrumentos y registros de campo.....	130
Anexo 3 Supuestos estadísticos de las pruebas de normalidad de las variables .	136
Anexo 4 Resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de las variables	140
Anexo 5 Costos y rentabilidad productiva de los tratamientos evaluados.....	141
Anexo 6 Panel fotográfico	149

INTRODUCCIÓN

El cultivo del champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*) ha adquirido una creciente relevancia a nivel mundial debido a su alto valor nutricional, su rápida capacidad de crecimiento y su habilidad para desarrollarse sobre diversos residuos lignocelulósicos de origen agrícola e industrial. Esta especie destaca por su capacidad para transformar materiales considerados desechos en alimentos de alto valor comercial, contribuyendo al aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y a la disminución de la contaminación ambiental. Asimismo, representa una alternativa productiva con potencial para fortalecer la seguridad alimentaria y generar ingresos mediante el uso eficiente de residuos agroindustriales (Sánchez, 2010).

En el Perú, la producción de *Pleurotus ostreatus* constituye una alternativa con importantes posibilidades de desarrollo; sin embargo, su expansión aún se encuentra limitada por factores como la disponibilidad de sustratos adecuados, el costo de los insumos y la escasa información sobre la viabilidad económica de formulaciones elaboradas con residuos agrícolas y materiales reciclables. En la provincia de Huanta existe disponibilidad de materiales como bagazo de caña de azúcar, cascarilla de coco, cartón y papel, los cuales pueden ser aprovechados como sustratos alternativos para el cultivo del champiñón ostra. No obstante, son escasas las investigaciones que evalúan de manera conjunta el comportamiento productivo y la viabilidad económica de estos materiales bajo las condiciones ambientales de la zona, lo que limita la generación de información técnica para su posible aprovechamiento productivo. Frente a esta problemática, la presente investigación tuvo como objetivo determinar la viabilidad económica en la producción de champiñones ostra (*Pleurotus ostreatus*) utilizando dos sustratos orgánicos y la inclusión de residuos de cartón y papel en Huanta. De manera específica, se evaluó el rendimiento productivo del cultivo, se determinaron los costos de producción y se estableció la rentabilidad económica de los tratamientos evaluados. La investigación se justifica desde el punto de vista científico, aporta evidencia experimental sobre el comportamiento productivo y económico de diferentes formulaciones de sustratos elaborados con residuos lignocelulósicos Royse et al. (2017). En el aspecto económico, permite identificar la formulación con mayor viabilidad para optimizar la producción y mejorar la rentabilidad del cultivo. Desde

la perspectiva social, constituye una alternativa que podría contribuir a diversificar las actividades productivas y generar oportunidades de emprendimiento en la provincia de Huanta.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y nivel experimental, empleando un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo unifactorial. Se evaluaron ocho tratamientos conformados por diferentes combinaciones de bagazo de caña, cascarilla de coco, cartón y papel, con tres repeticiones por tratamiento, obteniéndose un total de 24 unidades experimentales. Durante el experimento se evaluaron variables productivas como el diámetro del sombrero, el número de cuerpos fructíferos, el número de sombreros y el rendimiento por bolsa. Asimismo, se efectuó la evaluación económica mediante el análisis de los costos de producción, costo unitario, ingresos, utilidad neta, relación beneficio/costo, rentabilidad y punto de equilibrio. Los datos fueron analizados mediante procedimientos estadísticos descriptivos e inferenciales utilizando el software IBM SPSS Statistics y Microsoft Excel, lo que permitió evaluar objetivamente el comportamiento productivo y económico de los tratamientos. La presente investigación busca generar información técnica y económica sobre el aprovechamiento de residuos lignocelulósicos como sustratos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, constituyendo una referencia para futuras investigaciones y futuro desarrollo del cultivo en Huanta.

La tesis se organiza en cinco capítulos. El Capítulo I comprende el planteamiento del problema, la formulación del problema, los objetivos, la justificación, las hipótesis y la operacionalización de variables. El Capítulo II desarrolla el marco teórico, los antecedentes de investigación y las bases conceptuales relacionadas con el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, los sustratos lignocelulósicos y la evaluación económica. El Capítulo III presenta la metodología de la investigación, describiendo el diseño experimental, la población y muestra, los materiales utilizados, los procedimientos desarrollados y las técnicas de análisis de datos. El Capítulo IV expone los resultados obtenidos y su respectiva discusión. Finalmente, el Capítulo V presenta las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento de problema

1.1.1. Descripción del problema

En la producción de champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*) representa una alternativa agroindustrial para transformar materiales lignocelulósicos en un alimento con valor comercial (Francisco y Jaramillo, 2025). Esta especie puede desarrollarse sobre diversos residuos agrícolas y materiales ricos en celulosa, hemicelulosa y lignina; sin embargo, la posibilidad técnica de utilizar un residuo como sustrato no garantiza que su empleo sea económicamente conveniente (Osias, 2026). El comportamiento productivo depende de la composición, granulometría, humedad, porosidad, disponibilidad de nutrientes y tratamiento previo del sustrato, mientras que su viabilidad económica está condicionada por los costos de adquisición, recolección, transporte, acondicionamiento, pasteurización, inoculación, manejo, cosecha y comercialización (Gebbru et al., 2024).

En ese sentido, una formulación puede alcanzar un rendimiento biológico favorable, pero requerir mayores cantidades de insumos, mano de obra, energía o tiempo de producción, lo que incrementaría el costo unitario del champiñón obtenido. Del mismo modo, un tratamiento formulado con materiales de menor costo podría resultar poco conveniente si presenta una colonización lenta, contaminación frecuente, baja producción o pérdidas durante el proceso (Lourenco et al., 2026). Por ello, la selección de un sustrato no debe sustentarse únicamente en su disponibilidad o en el volumen de hongos producido, sino en la relación entre rendimiento, costos, ingresos y rentabilidad.

En el ámbito internacional, el cultivo de hongos ostra ha adquirido importancia por su capacidad para aprovechar residuos lignocelulósicos y convertirlos en biomasa alimentaria (Belisario, 2022). Según (Aditya et al., 2024) señalan que los hongos ostra representan aproximadamente el 27 % de la producción mundial de hongos cultivados. Los autores sostienen que su producción se ha extendido especialmente en Asia debido a sus bajos requerimientos tecnológicos, la disponibilidad de distintos sustratos, su tolerancia a diferentes

temperaturas y su capacidad de rendimiento. Sin embargo, también explican que los residuos agrícolas presentan composiciones variables, por lo que su aptitud como sustrato está condicionada por el contenido de celulosa, hemicelulosa, lignina y otros componentes que intervienen en el crecimiento del hongo. Por tanto, aunque el cultivo posee potencial económico y ambiental, su desempeño depende de la adecuada selección y preparación del material utilizado.

En China, Liu et al. (2024) analizaron el efecto del tamaño inicial de las partículas de coronta de maíz durante la preparación de un sustrato para *Pleurotus ostreatus*. Los investigadores encontraron que el tratamiento con partículas de 5 mm alcanzó una eficiencia biológica del 70% y no presentó contaminación, mientras que las diferencias en las propiedades fisicoquímicas del sustrato modificaron la actividad microbiana, la calidad del compost y el rendimiento del hongo. El estudio adquiere relevancia debido a que China produjo 6,16 millones de toneladas de *Pleurotus ostreatus* durante 2022, convirtiéndolo en el tercer hongo comestible de mayor producción comercial en ese país. Estos resultados demuestran que no basta con identificar un residuo aprovechable, puesto que sus características y su acondicionamiento pueden ocasionar diferencias significativas en la productividad y, consecuentemente, en los costos e ingresos del proceso (Zhu et al., 2026).

En México, según Gómez et al. (2026) la producción anual estimada de *Pleurotus ostreatus* se encuentra entre 7 000 y 8 500 toneladas, volumen que representaría aproximadamente entre el 30 % y el 35% de la producción nacional de hongos comestibles. Asimismo, la revisión identificó más de 450 unidades productivas y un valor de mercado anual estimado entre 450 y 500 millones de pesos mexicanos. Los autores destacan que esta especie puede cultivarse mediante sistemas descentralizados y de bajos requerimientos, utilizando residuos como rastrojo de maíz, aserrín, paja y pulpa de café.

En el Perú, la necesidad de promover actividades productivas complementarias se relaciona con las limitaciones económicas que enfrenta la agricultura familiar. En una investigación publicada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, estimó que aproximadamente 6,7 millones de personas viven en hogares agropecuarios, cifra equivalente al 20 % de la población nacional.

Asimismo, determinó que la pobreza monetaria alcanzaba al 41% de los hogares agropecuarios, casi el doble del 22% registrado en los hogares no agropecuarios. El estudio también señaló que la productividad promedio del sector agropecuario equivalía aproximadamente al 25% del promedio de la economía nacional, reflejando dificultades para generar ingresos adecuados y sostenibles. Estas condiciones evidencian la importancia de incorporar alternativas agroindustriales que incrementen el valor de los recursos disponibles y diversifiquen las fuentes de ingreso de las familias productoras (Zegarra, 2024).

En cuanto al cultivo de hongos comestibles, Nieto et al. (2021) evaluaron en el Perú la utilización de borra de café como sustrato para producir *Pleurotus ostreatus*. Los resultados mostraron que una proporción de semilla micelial comprendida entre el 10% y el 20% permitió obtener una eficiencia biológica aproximada del 60%. Además, el producto alcanzó un contenido proteico del 47,3% en base seca, lo que confirmó la posibilidad de transformar un residuo lignocelulósico en un alimento de valor nutricional. No obstante, el estudio también evidencia que la eficiencia productiva está relacionada con la dosificación de los componentes y las características del residuo empleado. Por consiguiente, cada nuevo material o combinación debe someterse a evaluación antes de recomendar su implementación productiva o comercial.

La problemática también se vincula con el limitado nivel de valorización de los residuos generados en el país. El Ministerio del Ambiente (MINAM, 2024) informó que el Perú genera anualmente un promedio de 8 450 715 toneladas de residuos sólidos municipales. De las 6 559 570 toneladas de residuos orgánicos e inorgánicos potencialmente gestionables, solamente se valorizaban alrededor de 148 500 toneladas. La institución señala que materiales como el papel pueden ser recuperados para reducir su disposición final, disminuir el uso de recursos naturales y generar beneficios económicos y ambientales.

A pesar de estos avances, en el Perú todavía es insuficiente la evidencia que compare simultáneamente el comportamiento productivo y económico de formulaciones compuestas por bagazo de caña de azúcar, cascarilla de coco, papel y cartón (Resano et al., 2022). La existencia de investigaciones sobre otros residuos demuestra la factibilidad biológica del cultivo, pero no permite establecer cuál de

los ocho tratamientos planteados en esta investigación sería más conveniente. Esta brecha resulta relevante porque una recomendación basada solamente en el peso de los hongos cosechados podría omitir diferencias en el costo de los sustratos, el tiempo de producción, la incidencia de contaminación, el consumo de recursos y la cantidad de producto comercializable (Córdova, 2021).

En la provincia de Huanta, la problemática presenta especial importancia por la participación de la población rural en las actividades productivas. De acuerdo con la Municipalidad Provincial de Huanta (MPH, 2020), la provincia registró en 2017 una población de 95 904 habitantes, de los cuales 48 787 residían en zonas rurales y 47 118 en zonas urbanas. Los distritos con mayor concentración de población rural fueron Sivia y Llochegua. Aunque el territorio cuenta con importantes potencialidades agropecuarias, la falta de conectividad en sus aproximadamente 520 centros poblados eleva los costos logísticos y dificulta el traslado de insumos, limitando la articulación comercial de sus actividades productivas.

Por lo expuesto, resulta necesario desarrollar una investigación que permita medir y contrastar los resultados productivos y económicos de los ocho tratamientos. El estudio deberá determinar cómo las distintas formulaciones influyen en el rendimiento y en los costos de producción, para posteriormente establecer cuál presenta la mayor viabilidad económica.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es la viabilidad económica en la producción de champiñones ostra (*Pleurotus ostreatus*) cultivados en dos sustratos orgánicos y la inclusión de residuos de cartón y papel en Huanta?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál de los tratamientos presenta el mayor rendimiento productivo del champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*) cultivados en dos sustratos orgánicos y la inclusión de residuos de cartón y papel en Huanta?

- ¿Cuál de los tratamientos presenta los menores costos de producción del champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*) cultivados en dos sustratos orgánicos y la inclusión de residuos de cartón y papel en Huanta?
- ¿Cuál de los tratamientos presenta la mayor rentabilidad económica del champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*) cultivados con dos sustratos orgánicos y la inclusión de residuos de cartón y papel en Huanta?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar la viabilidad económica en la producción de champiñones ostra (*Pleurotus ostreatus*) cultivados en dos sustratos orgánicos y la inclusión de residuos de cartón y papel en Huanta.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el rendimiento productivo de los champiñones ostra (*Pleurotus ostreatus*) cultivados en dos sustratos orgánicos y la inclusión de residuos de cartón y papel en Huanta.
- Determinar los costos de producción de champiñones ostra (*Pleurotus ostreatus*) cultivados en dos sustratos orgánicos y la inclusión de residuos de cartón y papel en Huanta.
- Determinar la rentabilidad económica del cultivo de champiñones ostra (*Pleurotus ostreatus*) cultivados en dos sustratos y la inclusión de residuos de cartón y papel en Huanta.

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Justificación

1.4.1.1. Teórica.

El cultivo del champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*) ha cobrado importancia en la investigación científica por su capacidad de desarrollarse en diversos residuos lignocelulósicos, lo que lo convierte en una alternativa sostenible para la producción de alimentos. Según Tesfay et al. (2020) demostró que el uso de

papel reciclado, combinado con materiales agrícolas mejora significativamente el rendimiento y la eficiencia biológica del hongo, validando así la utilidad de residuos reciclados como sustratos alternativos. Hasta la fecha de elaboración de la presente investigación, no se identificaron publicaciones científicas o tesis disponibles que evalúen el uso de cartón y papel reciclado como complemento de sustratos orgánicos para la producción de *Pleurotus ostreatus* en la provincia de Huanta, lo que justifica la realización del presente estudio.

1.4.1.2. Práctica

La presente investigación plantea una alternativa productiva sostenible orientada a la producción de champiñones ostra (*Pleurotus ostreatus*) en el contexto de Huanta, donde la agricultura rural se caracteriza por presentar bajos niveles de ingreso, asociados principalmente a la escasa diversificación de cultivos. En este sentido, Mubasshira et al. (2020) que el uso de diferentes residuos agrícolas como sustratos influye significativamente en el rendimiento y la productividad del cultivo constituyendo una alternativa viable para optimizar la producción de hongos ostra. En consecuencia, la incorporación de cartón y papel como complemento del sustrato orgánico representa una estrategia potencial para generar valor agregado.

1.4.1.3. Metodológica.

La investigación se desarrolla bajo un diseño experimental en condiciones climáticas de Huanta, con el propósito de comparar el rendimiento, la calidad y la rentabilidad del cultivo de hongos en sustratos orgánicos enriquecidos con cartón y papel. El uso de herramientas estadísticas garantiza la validez de los resultados. En concordancia con Tesfay et al. (2020) esta metodología permite generar evidencia científica pertinente y aplicable en el contexto local.

1.4.1.4. Económica.

La utilización de residuos agrícolas y materiales reciclados en la producción de hongos permite reducir significativamente los costos de producción, incrementando así la rentabilidad para el productor (Grimm et al., 2021). Asimismo, Royse et al. (2017) sostienen que los hongos comestibles constituyen una industria en constante crecimiento, con amplio potencial económico a nivel global. En este

contexto, su producción no solo representa una alternativa eficiente en términos de costos, sino también una estrategia capaz de dinamizar la economía rural mediante la generación de empleo y la incorporación de valor agregado en los sistemas productivos.

1.4.1.5. Social.

La producción de hongos comestibles constituye una estrategia efectiva para la diversificación de las fuentes de ingreso en las comunidades rurales (Royse et al., 2017). Asimismo, frente a los riesgos sanitarios asociados al uso de sustratos tradicionales como el estiércol, la incorporación de materiales reciclados, tales como cartón y papel, como complemento en sustratos orgánicos, representa una alternativa más higiénica y segura (Lydia et al., 2026). En este contexto, la propuesta genera beneficios integrales, favoreciendo a los productores de Huanta mediante la creación de nuevas oportunidades de ingreso, fortaleciendo la seguridad alimentaria de las familias rurales y contribuyendo a la reducción de residuos sólidos en la comunidad.

1.4.1.6. Ambiental.

La investigación promueve el aprovechamiento de residuos agrícolas, papel y cartón como componentes de sustratos para la producción de champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*). Esta práctica contribuye a la valorización de materiales lignocelulósicos que, en muchos casos, son desechados o gestionados de forma inadecuada, favoreciendo la reducción de residuos y el uso eficiente de los recursos disponibles (Zotti et al., 2025). Asimismo, el estudio se alinea con los principios de la economía circular al proponer una alternativa sostenible que transforma residuos en un producto con valor agregado, contribuyendo a una gestión más responsable de los recursos y a la disminución del impacto ambiental.

1.4.2. Importancia

La presente investigación es importante porque permitirá identificar el tratamiento con mayor viabilidad económica para la producción de champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*) utilizando bagazo de caña de azúcar, cascarilla de coco y la inclusión de residuos de papel y cartón como componentes del sustrato, generando

información científica que facilite la toma de decisiones en la implementación de sistemas de producción más eficientes y sostenibles en Huanta. Su relevancia social radica en que los resultados podrán ser utilizados por pequeños productores, asociaciones agrícolas y emprendedores rurales como una alternativa para diversificar sus actividades productivas, mejorar el aprovechamiento de los recursos disponibles y fortalecer la generación de ingresos mediante una actividad agroindustrial de mayor valor agregado. En cuanto a su valor teórico, la investigación contribuirá a ampliar el conocimiento existente sobre la evaluación económica de diferentes formulaciones de sustratos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, proporcionando evidencia experimental que podrá servir como antecedente para futuras investigaciones relacionadas con el aprovechamiento de residuos lignocelulósicos y la optimización de sistemas de producción de hongos comestibles.

Respecto a su utilidad práctica, los resultados permitirán determinar cuál de los ocho tratamientos presenta el mejor comportamiento económico considerando indicadores como rendimiento, costos de producción, ingresos, utilidad y rentabilidad. Esta información podrá ser empleada como referencia para el diseño de proyectos productivos, programas de capacitación, iniciativas de innovación agroindustrial y estrategias de desarrollo rural orientadas al cultivo de hongos comestibles.

Finalmente, la investigación tendrá trascendencia para el sector agroindustrial al demostrar el potencial de valorización de residuos agrícolas y materiales reciclables dentro de un modelo de producción sostenible. Asimismo, aportará evidencia que podrá ser considerada por instituciones públicas, organizaciones de desarrollo, investigadores y productores interesados en promover tecnologías que integren rentabilidad económica, aprovechamiento eficiente de los recursos y sostenibilidad ambiental.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

- La producción de champiñones ostra (*Pleurotus ostreatus*) cultivados en dos sustratos orgánicos con inclusión de residuos de cartón y papel presenta viabilidad económica en Huanta.

1.5.2. Hipótesis específicas

- El rendimiento productivo de los champiñones ostra (*Pleurotus ostreatus*) cultivados en dos sustratos orgánicos con inclusión de residuos de cartón y papel presenta diferencias entre los tratamientos.
- Los costos de producción de los champiñones ostra (*Pleurotus ostreatus*) cultivados en dos sustratos orgánicos con inclusión de residuos de cartón y papel presentan diferencias entre los tratamientos en Huanta.
- La rentabilidad económica del cultivo de champiñones ostra (*Pleurotus ostreatus*) cultivados en dos sustratos orgánicos con inclusión de residuos de cartón y papel presenta diferencias entre los tratamientos en Huanta.

1.6. Variables

1.6.1. Variable independiente

Dimensión: Sustrato orgánico con inclusión de residuos.

Indicadores:

T1: Cartón

T2: Bagazo de caña

T3: Papel

T4: Cascarilla de coco

T5: Bagazo de caña + papel

T6: Bagazo de caña + cartón

T7: Cascarilla de coco + papel

T8: Cascarilla de coco + cartón

1.6.2. Variable dependiente

Dimensión 1: Rendimiento de la producción

Indicadores:

Diámetro del sombrero (cm)

Número de cuerpos fructíferos por bolsa (u)

Número de sombreros (u)

Rendimiento por bolsa (gr)

Dimensión 2:

Indicadores:

- Costo fijo y variable
- Ingreso total
- Beneficio neto
- Relación beneficio-costo
- Margen de contribución
- Punto de equilibrio

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Unidad de medida
Formulación de sustratos lignocelulósicos (Variable independiente)	Combinación de materiales orgánicos y celulósicos que proporciona soporte físico, humedad y nutrientes para el crecimiento de <i>Pleurotus ostreatus</i> (Valera, 2023). En esta investigación comprende formulaciones elaboradas con bagazo de caña de azúcar, cascarilla de coco, papel y cartón.	Se operacionalizó mediante ocho tratamientos experimentales, cada uno constituido por una proporción específica de bagazo de caña de azúcar, cascarilla de coco, papel y cartón. Las formulaciones se prepararon manteniendo constantes el peso total del sustrato, la cantidad de inóculo y las condiciones de manejo.	Composición del sustrato	Proporción de bagazo de caña de azúcar	Porcentaje (%)
				Proporción de cascarilla de coco	
				Proporción de papel	
			Acondicionamiento del sustrato	Proporción de cartón	
Viabilidad económica de la producción de champiñón ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>) (Variable dependiente)	Capacidad de una alternativa productiva para generar ingresos suficientes que permitan cubrir los costos incurridos y obtener resultados económicos favorables. Su valoración integra el rendimiento productivo, los costos de producción y los indicadores de rentabilidad (Maldonado y Garrido, 2025).	Se determinó mediante la medición y comparación de los resultados productivos y económicos obtenidos en los ocho tratamientos. Se calcularon el rendimiento productivo, los costos fijos y variables, el costo total, el costo unitario, el ingreso total, el beneficio neto, la rentabilidad, la relación beneficio-coste y el punto de equilibrio.	Rendimiento productivo	Tiempo de pasteurización	Horas
				Temperatura de pasteurización	Grados Celsius (°C)
				Diámetro del sombrero	Cm
				Número de sombreros	Unidades
			Costos de producción	Número de cuerpos fructíferos	Unidades
				Cosechas	
				Rendimiento productivo	Gramos por kilogramo de sustrato (g/kg)
				Costo directo total	Soles (S/)
			Rentabilidad económica	Costo indirecto total	
				Costo total de producción	
				Costo unitario de producción	Soles por kilogramo (S/kg)
				Ingreso total	Soles (S/)
				Beneficio neto	
				Relación beneficio-coste	Razón

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

2.1.1. Internacionales

En el artículo de Gebru et al. (2024) titulado *Crecimiento y rendimiento de Pleurotus ostreatus cultivado en residuos agrícolas*, realizado en Etiopía, evaluaron el efecto de diferentes residuos agrícolas sobre el crecimiento y rendimiento de *Pleurotus ostreatus*. La investigación fue de tipo experimental y empleó siete tratamientos conformados por diferentes sustratos agrícolas y un sustrato mixto. Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Diferencia Mínima Significativa (LSD) al 5 %. Por lo tanto, este estudio se realizó para investigar el efecto de los sustratos de cultivo, a saber, paja de tef (Trt1), cebada (Trt2) y trigo (Trt3), cáscaras de haba (Trt4) y guisante (Trt5), y aserrín (Trt6) solos, y su mezcla (1:1, p/p) (Trt7) sobre el crecimiento y el rendimiento de *P. ostreatus*. La colonización micelial, la formación primordial y los días hasta la primera cosecha fueron más rápidos (13,00, 19,67 y 22,67 días) para el *P. ostreatus* cultivado en Trt7, mientras que los cultivados en Trt6 se retrasaron (18,00, 27,00 y 29,67 días), respectivamente. Trt7 produjo un mayor (67,33) de número de cuerpos fructíferos. El número de cuerpos fructíferos/racimos y racimos cosechados de cada bolsa varió significativamente ($p < 0,001$) entre los siete sustratos analizados. El Trt6 presentó el menor (31 y 3) y el Trt7 el mayor (67,33 y 5,33) promedio de cuerpos fructíferos y racimos por bolsa de un kilogramo de sustrato entre los siete sustratos. Mientras el diámetro del sombrero varió significativamente ($p < 0,001$) entre los tratamientos, con un diámetro medio que osciló entre 3,32 cm y 4,89 cm para Trt6 y Trt7, respectivamente. Los resultados también mostraron que cuatro de los siete tratamientos (Trt1, Trt2, Trt3 y Trt5) no fueron significativamente diferentes ($p > 0,05$) en términos de diámetro del sombrero, cuerpo fructífero/racimo y rendimiento total (2001,70 g/bolsa). La eficiencia biológica también fue significativamente ($p < 0,05$) mayor para Trt7 (238,64%). En conclusión,

se recomienda cultivar *P. ostreatus* en el sustrato mixto Trt7 en lugar de utilizar cualquiera de los residuos por separado.

Pan et al. (2024), en el artículo titulada, *Los residuos de cera de abejas mejoran el crecimiento del micelio, el rendimiento de los cuerpos fructíferos y la calidad de las setas ostra (Pleurotus ostreatus)* evaluaron la viabilidad de sustituir parcialmente el salvado de trigo por residuos fermentados de cera de abeja como fuente de nitrógeno en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. La investigación fue cuantitativa y experimental; se establecieron cinco tratamientos con 0%, 3%, 5%, 7% y 9% de residuos de cera de abeja, cada uno con tres repeticiones de 30 bolsas, y se analizaron el crecimiento micelial, la iniciación de primordios, el intervalo entre cosechas, la actividad enzimática, el rendimiento, la eficiencia biológica y la composición nutricional. Los datos fueron procesados mediante análisis de varianza, prueba LSD, prueba de Shapiro-Wilk y correlación de Pearson, con un nivel de significancia de $p < .05$. Los resultados evidenciaron que el tratamiento con 5% de residuos obtuvo el mejor desempeño, con un rendimiento de $1\,478.96 \pm 9.61\text{g}$ por bolsa y una eficiencia biológica de $92.43 \pm 0.60\%$, superiores a los valores del control. Asimismo, alcanzó el mayor contenido de proteína cruda, con $23.47 \pm 0.18\text{g}$ por cada 100g, equivalente a un incremento de 28.18%. El tratamiento con 9% presentó el mayor contenido de polisacáridos, aunque redujo el rendimiento y retrasó la formación de primordios. Se concluyó que los residuos de cera de abeja constituyen una fuente sostenible de nitrógeno para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, siendo la concentración de 5% la más adecuada para mejorar el rendimiento, la eficiencia biológica y la calidad nutricional.

Andr et al. (2025), en el artículo *Evaluación de la producción de hongos gourmet (Pleurotus ostreatus), con el aprovechamiento de tres residuos lignocelulósicos en el Centro Experimental Cota*, teniendo como objetivo de aprovechar residuos orgánicos ricos en celulosa, hemicelulosa, lignina entre otros macro y micronutrientes, los cuales muchas veces simplemente son desechados. Para este experimento se utilizó, aserrín, bagazo de caña y paja de cebada, como sustrato para el cultivo de hongos comestibles ostra (*Pleurotus ostreatus*) en el Centro Experimental Cota, en un invernadero automatizado con condiciones adecuadas para el cultivo. Primeramente, realizando el acopio, el picado en el caso de la paja de cebada

y bagazo de caña, desinfección, pasteurización que es uno de los procedimientos más importantes para evitar el crecimiento de hongos patógenos. Luego se procedió a la inoculación, incubación y fructificación. Se tomaron las variables como: el número de cuerpos fructíferos (carpóforos), diámetro de sombrero, rendimiento en kg/12 m² de peso fresco, eficiencia biológica, tasa de producción, relación beneficio – costo. En un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial tomando como factor (A) fragmentación y factor (B) sustrato. Para el mayor número de carpóforos el tratamiento que mostró diferencias estadísticas fue, la paja de cebada con 25 carpóforos independientemente de la fragmentación factor (A) y la interacción de ambos factores. Los resultados para tener mejor diámetro de sombrero fue el tratamiento fragmentación en 3 partes + paja de cebada con 9.56 cm. El mayor rendimiento en kg de peso fresco es para el tratamiento sin fragmentación + aserrín, alcanzando 2.73 kg, en cuanto a la eficiencia biológica y la tasa de producción obtuvimos un resultado estadístico no significativo. Para el ciclo de producción el tiempo más corto se obtuvo con el tratamiento sin fragmentación con el sustrato paja de cebada con 107 días. Para el costo total tenemos al sustrato bagazo de caña con el menor costo con 7728,00 Bs. aserrín con 7758,00 Bs. y paja de cebada con 7848,00 Bs. Finalmente la mejor relación beneficio costo es para el tratamiento, aserrín sin fragmentar con una ganancia de 2,43 Bs por cada 1 Bs. invertido, en el otro extremo tenemos al bagazo de caña fragmentado en tres partes con 1.14 Bs de ganancia siendo también un resultado favorable y económicamente rentable.

Lavenia et al. (2021), en el artículo titulada, *Utilización de cartón usado y residuos vegetales como sustrato de cultivo para el hongo ostra blanco (Pleurotus ostreatus)*, evaluaron el efecto del cartón usado y los residuos vegetales compostados sobre el crecimiento y la productividad de *Pleurotus ostreatus*, con el propósito de identificar una composición alternativa de sustrato que permitiera sustituir el aserrín y valorizar residuos sólidos urbanos. La investigación fue cuantitativa y experimental, con un diseño completamente aleatorizado conformado por 11 tratamientos que combinaron cartón y residuos vegetales en proporciones desde 0:100 hasta 100:0; cada composición tuvo seis repeticiones y recibió 20% de salvado de arroz y 2% de

carbonato de calcio. El cartón fue remojado durante 48 horas y los residuos vegetales fueron compostados durante siete días; posteriormente, los sustratos se esterilizaron a 121 °C durante una hora e inocularon con semilla F3. Se evaluaron las características fisicoquímicas del medio, la velocidad de crecimiento micelial, el rendimiento total y la eficiencia biológica, mediante ANOVA de una vía y regresión lineal simple. Los resultados evidenciaron que los tratamientos con más de 30% de residuos vegetales no produjeron hongos, principalmente por su humedad excesiva. El sustrato con 100% de cartón alcanzó la mayor velocidad micelial, con 3.91 cm/día; la combinación de 80% de cartón y 20% de residuos vegetales obtuvo la mayor eficiencia biológica, con 45.38%; y la mezcla de 90% de cartón y 10% de residuos vegetales registró el mayor rendimiento, con 97.28g. Asimismo, la humedad del sustrato mostró una relación negativa muy fuerte con la producción. Los autores concluyen en que, el cartón usado constituye un sustrato alternativo viable para el cultivo urbano de *Pleurotus ostreatus*, siempre que la proporción de residuos vegetales no supere el 30% del peso total.

2.1.2. Nacionales

López et al. (2023), en el artículo titulada *Rendimiento del hongo comestible Pleurotus ostreatus cultivado en diferentes sustratos a base de residuos agroindustriales*. El objetivo de la presente investigación fue determinar el rendimiento del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* cultivado sobre tres sustratos preparados a base de residuos agroindustriales en la ciudad de Tacna, Perú. En la experimentación se tuvo tratamientos con siete repeticiones con un total de 28 unidades experimentales distribuidas al azar. Los resultados obtenidos fueron: menor tiempo de corrida de micelio en el T2 (Orujos de acetuna) (18 días) y mayor en el T4 (22 días); mayor número de hongos en el T1 (Orujos de uva), T3 (Coronta de maíz) y T4 (Paja de maíz) con valores de 51, 50 y 46, respectivamente; tamaño de basidiocarpos en T1, T2, T3 y T4 de 5,8, 6,1, 5,9 y 5,9 cm, respectivamente, y mejor eficiencia biológica en el T1 (87,6 %), T3 (76,5 %) y T4 (70,1 %). Los mejores rendimientos se obtuvieron en el T4 (26,9 %), T3 (24,1 %) y T1 (24,1 %). El valor de proteínas más alto fue en el T4 (10,07 %). Se concluye que el T1 formado por orujos de uva y coronta de maíz y el T3 formado por orujos de uva y orujos de aceituna fueron los más eficientes en rendimiento,

eficiencia biológica y tasa de producción, por lo que no se presentaron diferencias significativas con el tratamiento control (T4).

De La Cruz et al. (2023), en el artículo *Posibles efectos de diferentes tipos de residuos agrícolas en la seguridad alimentaria y la producción de setas (Pleurotus ostreatus)*, evaluaron el efecto de diferentes residuos de cosecha sobre la colonización del sustrato y la producción de basidiocarpos de *Pleurotus ostreatus* en Acobamba, Huancavelica. La investigación presentó un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, nivel explicativo y diseño experimental completamente aleatorizado. Se evaluaron cinco tratamientos constituidos por rastrojos de cebada, trigo, arveja, haba y quinua, con cuatro repeticiones y un total de 20 unidades experimentales. Las variables analizadas fueron el tiempo de colonización, el tiempo de formación de basidiocarpos, los diámetros del estípite y del píleo, la longitud del estípite, el número de basidiocarpos cosechados y su peso fresco; los datos fueron procesados mediante análisis de varianza y prueba de Tukey, con un nivel de significancia de .05. Los resultados mostraron que la colonización ocurrió entre 15 y 19 días, sin diferencias significativas entre tratamientos. El rastrojo de arveja presentó el menor tiempo de formación de basidiocarpos, con 14.50 días, mientras que el rastrojo de haba requirió 18.50 días. El sustrato de quinua obtuvo los mejores valores numéricos en diámetro del estípite, con 23.64 mm; diámetro del píleo, con 74.85 mm; cantidad de basidiocarpos, con 16.25 unidades; y peso fresco, con 168.46g. No obstante, el análisis general de la producción no evidenció diferencias significativas entre los sustratos ($p = .1518$), excepto en el número de basidiocarpos cosechados. En conclusión, todos los residuos agrícolas evaluados permitieron producir *P. ostreatus* en las condiciones de Acobamba, aunque el rastrojo de quinua mostró el mejor desempeño productivo numérico y el de arveja favoreció una formación más rápida de los cuerpos fructíferos.

Maccapa et al. (2024)), en la tesis titulada *Producción de hongo ostra (Pleurotus ostreatus [Jacq.] P. Kumm) sobre residuos lignocelulósicos en la provincia de Puno*, evaluaron el rendimiento, la eficiencia biológica, la tasa de productividad, las etapas del ciclo productivo y la rentabilidad económica del cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos lignocelulósicos. La investigación presentó un

enfoque cuantitativo y un diseño experimental completamente al azar, desarrollado en un domo geodésico bajo condiciones controladas en Yanamayo, Puno. Se evaluaron tres tratamientos: paja de avena, heno de totora y broza de quinua, cada uno con siete repeticiones, para un total de 21 unidades experimentales. Los sustratos fueron deshidratados, fragmentados, pasteurización térmica a 80 °C durante seis horas e inoculados con 50g de semilla por kilogramo de sustrato húmedo; posteriormente, se midieron el rendimiento, la eficiencia biológica, la tasa de productividad, la duración del ciclo y los costos, mediante análisis de varianza y prueba de Tukey al 5%. Los resultados mostraron que la paja de avena obtuvo el mayor rendimiento, con 24.11%, seguida del heno de totora, con 22.25%; sin embargo, este último alcanzó la mayor eficiencia biológica, con 86.8%, y la mayor tasa de productividad, con 1.30 por día. Además, el heno de totora completó el ciclo productivo en 88 días y presentó la mayor rentabilidad, con 65.33%, un ingreso neto de S/5831.05 y una relación beneficio-costo de 1.7. En conclusión, aunque la paja de avena registró el mayor rendimiento, el heno de totora fue el sustrato con mejor desempeño integral, por su elevada eficiencia biológica, productividad y rentabilidad, constituyéndose en una alternativa viable para valorizar residuos locales y producir hongo ostra en las condiciones altoandinas de Puno.

Castillo y Campos (2021), en la tesis titulada *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de producción de kit de cultivo de setas (Pleurotus ostreatus) a partir de residuos de café de filtro ya utilizado*, evaluaron la viabilidad técnica, económica, financiera, social y comercial de implementar una planta productora de kits de cultivo de *Pleurotus ostreatus* en Lima Metropolitana, empleando residuos de café filtrado como materia prima principal. La investigación correspondió a un estudio aplicado y proyectivo de prefactibilidad, que comprendió análisis de mercado, localización, ingeniería del proyecto, capacidad instalada, inversión, financiamiento y rentabilidad. La propuesta consideró una planta de 408 m² ubicada en San Juan de Miraflores, con capacidad para producir 206 409 kits de 1.5kg cada uno. El proceso productivo incluyó la recolección del residuo de café, su mezcla con paja de avena, la producción e incubación del micelio y el ensamblaje final del kit. La inversión total estimada fue de S/1 033 877.26, financiada en 40% mediante crédito

bancario, con una tasa efectiva anual de 32%, y en 60% mediante aportes de los accionistas. Los resultados de la evaluación a cinco años evidenciaron un valor actual neto financiero de S/1 203 321.70, una tasa interna de retorno de 50.13%, un periodo de recuperación aproximado de 3 años, 9 meses y 25 días, y una relación beneficio-costo de 2.94. En conclusión, la instalación de la planta resulta técnica y financieramente viable, debido a que presenta indicadores favorables de rentabilidad y recuperación de la inversión; además, la propuesta aporta valor ambiental y social al reutilizar residuos biodegradables, diversificar la oferta de productos relacionados con el cultivo de setas y promover un modelo productivo basado en principios de economía circular.

Farfan (2024), en la tesis *Evaluación de la producción de Pleurotus ostreatus Singer usando residuos agroforestales en Tambopata-Madre de Dios*, tuvo como objetivo evaluar la producción de esta especie nativa mediante un sustrato compuesto por residuos agroforestales, considerando la eficiencia biológica, la tasa de producción, el rendimiento y los costos del proceso. La investigación fue aplicada, cuantitativa, descriptiva y de diseño experimental completamente al azar. Se establecieron tres grupos con 300 unidades experimentales iniciales, de las cuales 262 permanecieron productivas debido a la contaminación de 38 bolsas. Cada unidad contenía 2kg de sustrato húmedo, formulado con 72.5% de aserrín de maderas blandas, 25% de chala de arroz, 1.5% de cal y 1.5% de azúcar, e inoculado con semilla equivalente al 1% del peso del sustrato. El proceso incluyó pasteurización, inoculación, incubación durante 42 días y fructificación por 15 semanas, con un ciclo total de 153 días. Los datos fueron analizados mediante Shapiro-Wilk, Brown-Forsythe y Kruskal-Wallis. Los resultados mostraron una producción total de 50.914kg y un promedio de 97.21g de hongos por kilogramo de residuo; asimismo, se obtuvo una eficiencia biológica de 17.96%, una tasa de producción de 0.12 y un rendimiento de 9.72%, sin diferencias significativas entre los grupos ($p > .05$). El costo total fue de S/1820.50, con una rentabilidad de 25.85% y una relación beneficio-costo de 1.26. En conclusión, el cultivo fue técnica y económicamente viable, aunque sus indicadores productivos resultaron inferiores a los valores considerados aceptables, por lo que se requiere optimizar la formulación del

sustrato, incrementar la proporción de inóculo y mejorar las condiciones ambientales de producción.

Palomino (2024), en la tesis titulada *Producción del hongo comestible Pleurotus ostreatus, utilizando diferentes residuos de cosecha agrícola e industrial, Ayacucho - 2750 msnm*, tuvo como objetivo determinar qué sustrato formulado con residuos agrícolas e industriales promovía el mejor crecimiento, producción, rendimiento y calidad proteica de *Pleurotus ostreatus*, así como establecer la factibilidad de su producción para el mercado. La investigación presentó un enfoque cuantitativo y un diseño experimental completamente aleatorizado, en el que se evaluaron cuatro sustratos: cascarilla y paja picada de trigo con cáscara de frijol, con cáscara de arveja, sin complemento y con viruta de madera; cada tratamiento contó con 12 repeticiones. El cultivo se desarrolló bajo una temperatura promedio de 20 °C y 62% de humedad relativa, y se analizaron variables de crecimiento, producción y rendimiento mediante análisis de varianza y prueba de Tukey con un nivel de significancia de .05. Los resultados mostraron que el sustrato con cáscara de frijol obtuvo la mejor respuesta en crecimiento, con 10.11 primordios, 5.32 cm de diámetro del píleo y 7.86 cm de altura del estípite. Sin embargo, el sustrato complementado con cáscara de arveja presentó el mejor desempeño productivo y nutricional, al alcanzar 50.67 hongos, 352.03g de peso fresco, 30.89g de peso seco, 50% de eficiencia biológica, 0.37 de taza de producción, 16.70 de rendimiento comercial, 1.41 de productividad biológica y 22.23% de proteína total. En conclusión, la combinación de cascarilla y paja de trigo con cáscara de arveja fue la alternativa más favorable para producir *Pleurotus ostreatus*, debido a su mayor productividad, rendimiento y calidad nutricional, además de presentar factibilidad por la disponibilidad local de insumos y el valor económico y alimentario del producto.

2.2. Bases teóricas

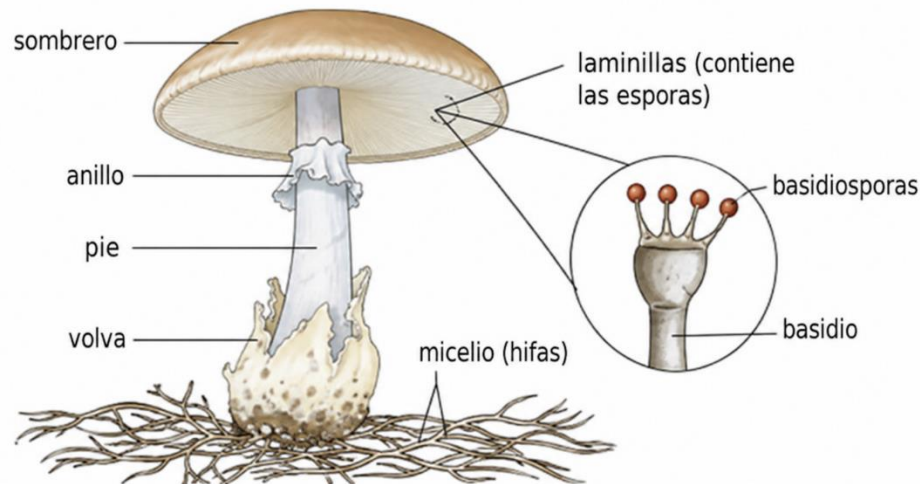
2.2.1. Generalidades del champiñón Ostra (*Pleurotus ostreatus*)

El champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*) es un hongo comestible perteneciente al grupo de los basidiomicetos, reconocido por su amplia distribución y su importancia

en la producción de alimentos a nivel mundial. Se caracteriza por su capacidad de crecer sobre diversos materiales lignocelulósicos, lo que lo convierte en una especie

Figura 1

Morfología del champiñón ostra (Pleurotus ostreatus)



eficiente en la transformación de residuos orgánicos en biomasa comestible. Morfológicamente, presenta un sombrero en forma de ostra, láminas decurrentes y crecimiento en racimos, características que facilitan su identificación y aprovechamiento en sistemas productivos (Pineda et al., 2016).

Nota. Tomado de (Nuñez y Mori, 2019)

Desde el punto de vista biológico, *Pleurotus ostreatus* es un organismo saprófito que degrada compuestos complejos como la celulosa y la lignina mediante la acción de enzimas extracelulares, lo que le permite colonizar rápidamente distintos tipos de sustratos. Esta capacidad ha sido ampliamente aprovechada en la biotecnología y en sistemas de producción sostenible, ya que contribuye a la valorización de residuos agrícolas y agroindustriales. En términos productivos y nutricionales, este hongo destaca por su alta eficiencia biológica, rápido crecimiento y contenido significativo de proteínas, fibra, vitaminas y compuestos bioactivos. Estas características han favorecido su expansión en el mercado y su inclusión en sistemas de producción tanto a pequeña como a gran escala, consolidándolo como una de las especies más cultivadas a nivel mundial (Barh et al., 2019).

2.2.2. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica del champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*) se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2

Clasificación taxonómica del champiñón ostra (Pleurotus ostreatus)

Reino	Fungi
Filo	Basidiomycota
Clase	Agaricomycetes
Orden	Agaricales
Familia	Pleurotaceae
Género	Pleurotus
Especie	Ostreatus
Nombre científico	<i>Pleurotus ostreatus</i> .

Nota. Elaboración propia con base en (Villani et al., 2025).

2.2.3. Crecimiento fúngico

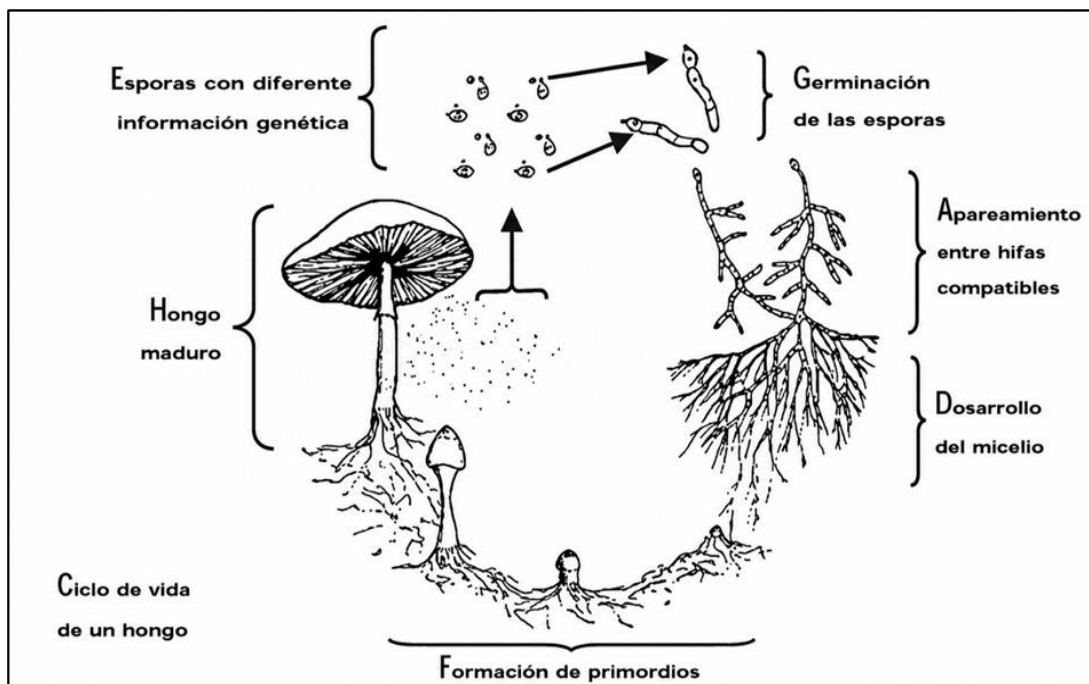
El crecimiento fúngico explica los procesos mediante los cuales un hongo se establece sobre un sustrato, desarrolla su estructura vegetativa y forma cuerpos fructíferos. En *Pleurotus ostreatus*, el crecimiento comprende dos fases principales: una fase vegetativa, caracterizada por la expansión del micelio y la colonización del sustrato, y una fase reproductiva, en la que se forman primordios y cuerpos fructíferos (Sánchez, 2010). Ambas fases dependen de la composición del sustrato, la calidad del inóculo, la disponibilidad de nutrientes y las condiciones ambientales.

Esta teoría permite comprender por qué los tratamientos formulados con bagazo de caña, cascarilla de coco, papel y cartón pueden presentar diferencias en número de cuerpos fructíferos, diámetro del sombrero, peso fresco y rendimiento acumulado (Ramos, 2022). Las propiedades químicas y físicas del sustrato influyen en la disponibilidad de nutrientes, la retención de humedad, la aireación y la expansión del micelio.

El ciclo de vida de *Pleurotus ostreatus* se inicia con la liberación y germinación de esporas. Posteriormente se forman hifas que, al fusionarse con otras compatibles, originan un micelio capaz de colonizar el sustrato (Oscoco et al., 2025). Cuando las

Figura 2

El ciclo de vida de Pleurotus ostreatus



condiciones nutricionales y ambientales son adecuadas, el micelio forma primordios que se desarrollan hasta convertirse en cuerpos fructíferos maduros, los cuales producen nuevas esporas y reinician el ciclo, como se observa en la Figura 2.

Nota. Tomado del Manual práctico del cultivo de setas: Aislamiento, siembra y producción, por (Hernandez et al., 2006).

2.2.3.1. Colonización y crecimiento micelial.

La colonización es el proceso mediante el cual el micelio se extiende desde el inóculo hacia las diferentes partes del sustrato. Se inicia después de la inoculación y se reconoce cuando el material presenta una cobertura micelial blanca, uniforme y compacta (Dissasa, 2022). Una colonización rápida y homogénea reduce el tiempo del ciclo y limita el establecimiento de microorganismos competidores.

El crecimiento micelial consiste en la elongación y ramificación de las hifas. Su desarrollo depende de la disponibilidad de carbono, nitrógeno, minerales, humedad y oxígeno, así como de la estructura física del sustrato (Magaña y Shimizu, 2025). La compactación, el exceso de agua o una aireación insuficiente pueden ocasionar un crecimiento débil o irregular. La capacidad de colonización también depende de la calidad y cantidad del inóculo. Por esta razón, la proporción de semilla micelial debe mantenerse constante entre los tratamientos, de modo que las diferencias observadas puedan atribuirse principalmente a la composición de los sustratos (Martín et al., 2023).

2.2.3.2. Fructificación

Es la fase reproductiva en la que el micelio forma primordios y, posteriormente, cuerpos fructíferos cosechables. Esta transición requiere que el sustrato se encuentre suficientemente colonizado y que se modifiquen las condiciones ambientales para inducir el desarrollo reproductivo (Fragoso, 2010).

Durante la incubación se favorece la expansión del micelio, mientras que en la fructificación se requiere mayor renovación del aire, humedad relativa elevada, iluminación moderada y condiciones térmicas apropiadas (Pan et al., 2026). Una ventilación insuficiente puede producir cuerpos fructíferos deformes, mientras que la falta o el exceso de humedad puede causar deshidratación, aborto de primordios o contaminación. La fructificación puede presentarse en cosechas sucesivas. La cantidad y tamaño de los cuerpos fructíferos dependen de la disponibilidad residual de nutrientes, la humedad del sustrato y las condiciones ambientales mantenidas durante el cultivo (Francisco y Jaramillo, 2025).

2.2.3.3. Factores ambientales

La temperatura regula la velocidad del crecimiento micelial y la formación de cuerpos fructíferos. Temperaturas bajas pueden prolongar el ciclo, mientras que temperaturas elevadas pueden inhibir el micelio y favorecer la presencia de contaminantes (Banerjee et al., 2026).

La humedad del sustrato es necesaria para la actividad metabólica y el transporte de nutrientes. Sin embargo, el exceso de agua reduce la porosidad y limita la disponibilidad de oxígeno. Durante la fructificación, la humedad relativa debe mantenerse en niveles suficientes para evitar la deshidratación de primordios y cuerpos fructíferos (Alian et al., 2026). La aireación permite renovar el oxígeno y reducir la acumulación de dióxido de carbono. Durante la fase reproductiva, una concentración elevada de este gas puede generar estípites alargados y píleos pequeños. La ventilación debe equilibrarse con la conservación de la humedad (Sandoval et al., 2012).

La iluminación no proporciona energía al hongo, pero actúa como señal para la formación y orientación de los cuerpos fructíferos. El pH también influye en la actividad enzimática y en la disponibilidad de nutrientes, por lo que debe mantenerse dentro de condiciones compatibles con el crecimiento del micelio (Martín et al., 2023).

Tabla 3

Valor óptimo de los factores que influyen en el crecimiento del hongo

Factor	Crecimiento del micelio	Fructificación
Temperatura	20-28	15-22
Humedad del ambiente	50%-70%	85%-95%
Ph	6-7	6.5-7
Ventilación	Aire normal	12 horas diarias
Luminosidad	Oscuridad	150-200 lux

Nota. Tomado de (MAGA, 2024)

2.2.4. Variedad utilizada

El hongo ostra gris (*Pleurotus ostreatus*) es una de las variedades más cultivadas a nivel mundial debido a su alta capacidad de adaptación y eficiencia en la degradación de materiales lignocelulósicos. Se caracteriza por presentar un sombrero de tonalidad gris, forma de abanico, láminas decurrentes y crecimiento en racimos, lo que facilita su manejo en sistemas productivos (Bermúdez et al., 2026). Desde el punto de vista fisiológico, esta especie posee un sistema enzimático que le permite descomponer compuestos como celulosa y lignina, favoreciendo la rápida colonización del sustrato. Asimismo, presenta un ciclo de cultivo corto y alta eficiencia biológica,

permitiendo obtener varias cosechas en periodos reducidos (Rodríguez y Gómez, 2001).

2.2.5. Definición de los sustratos

2.2.5.1. Cartón.

El cartón es un residuo lignocelulósico abundante y económico que, tras ser triturado e hidratado, puede servir como sustrato principal para *Pleurotus ostreatus*. Su composición rica en celulosa y hemicelulosa favorece una rápida colonización y altos rendimientos. En un estudio realizado en Iraq, el cartón puro logró una eficiencia biológica del 68,1 %, superando significativamente a la paja de trigo como sustrato tradicional. Esto lo convierte en una opción sostenible para reducir residuos y abaratar costos de producción (Manuel et al., 2024)

2.2.5.2. Papel.

Según Cajamarca et al. (2022), el papel reciclado, especialmente el papel periódico, es un sustrato alternativo que no requiere esterilización compleja y ofrece rendimientos comparables a los de sustratos más convencionales. Estudios han demostrado que ciertos tipos de papel, como el de revista o el de oficina, pueden alcanzar eficiencias biológicas poseen fibra celulosa de 60% a 90 %. Su uso fomenta la reutilización de residuos y facilita el cultivo en entornos de bajo recurso.

2.2.5.3. Cascarilla de coco.

Según Noreña et al. (2023), es la parte fibrosa que recubre el fruto, ubicada entre la capa externa y la cubierta dura interna. Está compuesta principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, lo que le otorga alta resistencia y capacidad de retención de humedad. Aunque comúnmente es considerada un residuo agroindustrial tras el aprovechamiento del agua y la pulpa, posee un importante potencial de valorización como sustrato agrícola y materia prima en diversos procesos productivos.

Tabla 4*Composición de la cascarilla de coco*

Parámetros	Resultados
Materia seca	88.00%
Proteína cruda	0.90%
Grasa	3.50%
Fibra cruda	45.00%
Calcio	0.01%
Fosforo total	45.84%
Lignina	43.44%
Celulosa	0.25%
Hemicelulosa	3.00%
Pectina	5.25%
Agua	5,5%
Ph	

Nota. Tomado de (Noreña et al., 2023).**2.2.5.4. Bagazo de caña de azúcar.**

El bagazo de caña, resultado del proceso de extracción de jugo de caña, es rico en fibras lignocelulósicas y ampliamente disponible en zonas cañeras. Combinado con otros materiales como paja o aserrín, acelera la colonización, incrementa la formación de primordios y puede alcanzar eficiencias biológicas superiores al 100 %. Además, mejora la textura y calidad organoléptica de los cuerpos fructíferos (Jaramillo, 2016).

Tabla 5*Composición del bagazo de caña*

Parámetros	Resultados
Materia seca	26.2%
Ceniza	6.4%
Extracto etéreo	1.9%
Extracto libre de nitrógeno	54.4%
Fibra cruda	27.9%
Fibra en detergente neutro	69%
Fibra en detergente ácido	40.1%
Calcio	0.5%
Fosforo	0.14%
Celulosa	38.4%
Hemicelulosa	23.2%
Lignina	25%

Nota. Tomado de Resano et al. (2022).

2.2.5.5. Relación con las variables productivas.

El crecimiento fúngico se expresa en los indicadores productivos evaluados en la investigación. El número de cuerpos fructíferos refleja la capacidad del tratamiento para favorecer la formación reproductiva; el diámetro del sombrero representa una característica morfológica vinculada con el desarrollo; y el peso fresco y rendimiento acumulado permiten cuantificar la producción obtenida (Miśkiewicz et al., 2025).

Las diferencias entre tratamientos pueden originarse en la interacción entre composición química, porosidad, compactación, retención de humedad y disponibilidad nutricional. Por ello, la respuesta productiva de *Pleurotus ostreatus* no depende únicamente de cada material por separado, sino de la forma en que los componentes se combinan dentro del sustrato (Yohannes et al., 2020).

2.2.6. Sistemas de producción agroindustrial

Los sistemas de producción agroindustrial permiten analizar una actividad productiva como un conjunto organizado de elementos que interactúan para transformar materias primas de origen agrícola, forestal o biológico en productos con mayor valor agregado (Munzón, 2019). Desde este enfoque, la producción no se interpreta como una suma aislada de operaciones, sino como un sistema integrado compuesto por entradas, proceso de transformación, salidas, control y retroalimentación. Una modificación en la calidad de los insumos, las condiciones del proceso o el uso de los recursos puede influir en el rendimiento, los costos y los resultados económicos.

Este enfoque se sustenta en la teoría general de sistemas formulada por Bolaños et al. (2024) quien propuso estudiar los fenómenos complejos considerando las relaciones existentes entre sus componentes. Aplicada a la agroindustria, esta perspectiva permite identificar los recursos que ingresan al proceso, las operaciones mediante las cuales se transforman y los productos, residuos e información que se generan.

Un sistema agroindustrial comprende entradas, proceso, transformación, salidas y retroalimentación. Las entradas incluyen materias primas, insumos

biológicos, trabajo, equipos, energía, infraestructura, capital e información (Parajua, 2022). El proceso reúne las actividades necesarias para utilizar estos recursos, mientras que la transformación corresponde a los cambios físicos, químicos o biológicos experimentados por las materias primas. Las salidas comprenden el producto principal, los subproductos, los residuos y los registros obtenidos.

En la producción de *Pleurotus ostreatus*, las principales entradas están constituidas por el bagazo de caña, la cascarilla de coco, el papel, el cartón, el inóculo, las bolsas, el agua, la energía, la mano de obra y los equipos. Cada uno de los ocho tratamientos representa una configuración particular del sistema, debido a que presenta una formulación diferente de sustrato, aunque las demás condiciones de manejo se mantengan semejantes.

2.2.6.1. Proceso y transformación agroindustrial

El proceso de producción comprende el acondicionamiento de los materiales, la formulación de los tratamientos, la pasteurización, la inoculación, la incubación, la fructificación, la cosecha y la evaluación de los resultados. La estandarización de estas operaciones permite que la formulación del sustrato constituya la principal diferencia entre los tratamientos (Chaparro, 2023).

La transformación principal es biológica, porque el micelio convierte una parte de los componentes del sustrato en biomasa fúngica. También se produce una transformación física, reflejada en los cambios de textura, cohesión y estructura del material colonizado, y una transformación económica, debido a que residuos de bajo valor son convertidos en cuerpos fructíferos con potencial comercial (Feijóo et al., 2021)

2.2.6.2. Producto y salida del sistema

El producto principal corresponde a los cuerpos fructíferos frescos de *Pleurotus ostreatus*. Su evaluación mediante el número de cuerpos fructíferos, diámetro del sombrero, peso fresco y rendimiento acumulado permite comparar el desempeño productivo de los tratamientos (Gebbru et al., 2024).

Entre las salidas secundarias se encuentran el sustrato agotado y los materiales residuales del proceso. La información generada también constituye una salida relevante, debido a que los registros productivos, ambientales y económicos permiten identificar diferencias entre las formulaciones y determinar su comportamiento integral.

2.2.6.3. Productividad y eficiencia

La productividad expresa la relación entre la cantidad de producto obtenido y los recursos empleados. La eficiencia representa la capacidad del sistema para obtener los mejores resultados mediante el uso adecuado de los recursos disponibles. Se diferencia del rendimiento, porque este muestra la cantidad producida, mientras que la productividad relaciona dicha producción con el sustrato, el tiempo, el trabajo u otros recursos utilizados (Del Pozo y Guzmán., 2019).

. En la producción de *Pleurotus ostreatus*, una mayor eficiencia implica alcanzar un mayor rendimiento con menores costos de producción, favoreciendo la viabilidad económica de los tratamientos.

2.2.6.4. Relación viabilidad económica

El análisis sistémico permite comprender la relación existente entre formulación, rendimiento y resultados económicos. La composición del sustrato influye en el desarrollo del hongo y en la cantidad producida; el proceso consume materiales, trabajo y energía que generan costos; y la producción comercializable origina ingresos (Maldonado y Garrido, 2025).

Un tratamiento con mayor rendimiento no necesariamente presenta la mayor viabilidad económica si requiere recursos más costosos. Por ello, la evaluación debe integrar el rendimiento, el costo total, el costo unitario, el beneficio neto, la rentabilidad, la relación beneficio-costos y el punto de equilibrio.

2.2.7. Costos de producción

Los costos de producción estudian el valor económico de los recursos utilizados para obtener un bien o servicio. En un sistema agroindustrial, los costos representan el consumo de materias primas, materiales auxiliares, mano de obra, energía, equipos, infraestructura y demás recursos necesarios para desarrollar el proceso productivo. Su determinación permite conocer cuánto cuesta producir, comparar alternativas y sustentar la evaluación económica (Suárez et al., 2025). En la producción de *Pleurotus ostreatus*, los costos comprenden la adquisición y acondicionamiento de los sustratos, el inóculo, las bolsas, la mano de obra, el transporte, la energía y el uso de equipos e instalaciones. Aunque materiales como el bagazo de caña, la cascarilla de coco, el papel y el cartón sean residuos, su aprovechamiento implica actividades de recolección, transporte y acondicionamiento que generan costos. Las diferencias en la composición de los sustratos pueden modificar los costos de producción, por lo que un tratamiento con mayor rendimiento no necesariamente presenta el menor costo unitario.

2.2.7.1. Costos directos

Los costos directos son aquellos que se pueden identificar y cuantificar de manera específica en la elaboración de un producto, debido a que participan directamente con el proceso productivo López (2021). Permanecen relativamente constantes durante el ciclo productivo y no dependen directamente de la cantidad de hongos obtenida. En la investigación pueden comprender la proporción atribuible al uso de infraestructura, estantes, equipos e instrumentos (Pesce et al., 2015).

Cuando estos recursos son utilizados por todos los tratamientos bajo condiciones semejantes, sus costos deben distribuirse mediante un criterio uniforme. Esta asignación permite que cada tratamiento absorba una proporción comparable de los recursos comunes empleados durante el experimento.

2.2.7.2. Costos indirectos

Los costos indirectos son aquellos cuyo valor cambia según la cantidad de unidades experimentales, los materiales empleados o el nivel de actividad productiva.

En el cultivo de *Pleurotus ostreatus* comprenden principalmente los sustratos, inóculo, bolsas, agua, energía o combustible, mano de obra directa, transporte y materiales auxiliares (Vera, 2024).

El costo de cada insumo se determina mediante la siguiente relación:

Costo indirecto del insumo = cantidad utilizada $\times$ precio unitario

El costo indirecto total corresponde a la suma de los costos indirectos registrados para cada tratamiento:

$$Ci_i = \sum_{j=1}^n C_{ij}$$

Donde Ci_i representa el costo indirecto total del tratamiento i , y C_{ij} corresponde al costo de cada recurso indirecto utilizado.

Los residuos sin precio de compra deben valorarse considerando, al menos, los costos reales de recolección, transporte y acondicionamiento. De esta manera se evita considerar artificialmente gratuito un material cuyo aprovechamiento demanda trabajo y recursos.

2.2.7.3. Costo total

Según Casanova et al. (2021). El costo total representa el valor de los recursos empleados para obtener la producción de cada tratamiento. Se obtiene mediante la suma de los costos fijos y variables:

$$CT_i = CD_i + Ci_i$$

Donde:

- CT_i = costo total del tratamiento i
- CD_i = costos directo asignados al tratamiento i
- Ci_i = costos indirectos del tratamiento i
- i = cada uno de los ocho tratamientos

Este indicador permite conocer cuánto recurso económico requirió cada formulación. No obstante, debe analizarse conjuntamente con la cantidad producida, debido a que un costo total más alto puede estar acompañado de un rendimiento considerablemente mayor

2.2.7.4. Costo unitario

Según Willian y Rivera (2022) el costo unitario expresa cuánto cuesta producir una unidad de producto. En esta investigación se calcula por kilogramo de champiñón fresco:

$$CU_i = \frac{CT_i}{Q_i}$$

Donde:

- CU_i : costo unitario del tratamiento i
- CT_i : costo total del tratamiento i
- Q_i : producción acumulada del tratamiento i , expresada en kilogramos

El costo unitario constituye un indicador fundamental para comparar las formulaciones, porque relaciona los recursos utilizados con el rendimiento obtenido. Un tratamiento puede presentar un costo total ligeramente superior y, al mismo tiempo, un costo unitario menor cuando su producción es considerablemente más alta.

2.2.7.5. Relación entre costos y rendimiento productivo

Los costos y el rendimiento deben analizarse conjuntamente. El rendimiento muestra la cantidad de champiñón obtenida, mientras que el costo unitario indica los recursos económicos empleados por kilogramo producido (Alian et al., 2026). Cuando los costos totales se mantienen relativamente próximos, los tratamientos con mayor rendimiento distribuyen esos costos entre una mayor cantidad de producto y alcanzan costos unitarios menores.

En esta investigación, el análisis de costos permitirá determinar cuánto se invirtió en cada tratamiento y cuánto costó producir un kilogramo de *Pleurotus*

ostreatus. Estos resultados constituirán la base para calcular posteriormente los ingresos, el beneficio neto, la rentabilidad, la relación beneficio-costos y el punto de equilibrio.

2.2.8. Evaluación económica del proyecto

La teoría de la evaluación económica proporciona los fundamentos para determinar si una actividad productiva genera resultados suficientes para compensar los recursos utilizados. Su finalidad es identificar, cuantificar y comparar costos y beneficios para apoyar la selección entre alternativas productivas. Una alternativa es económicamente favorable cuando los ingresos permiten cubrir los costos y generar un excedente. En los sistemas agroindustriales, la evaluación económica resulta necesaria porque los resultados pueden variar según el rendimiento, el costo de los insumos, el consumo de recursos y el precio de comercialización. Por ello, la alternativa con mayor producción no necesariamente es la más conveniente si requiere costos proporcionalmente superiores.

2.2.8.1. Ingreso total

El ingreso total representa el valor monetario de la producción obtenida (Galarza y Díaz, 2015). En el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, se determina multiplicando la cantidad producida por el precio de venta por kilogramo:

Para cada tratamiento puede expresarse como:

$$IT_i = Q_i \times P$$

Donde:

- IT_i = ingreso total del tratamiento i
- Q_i = cantidad obtenida por el tratamiento i
- P = precio de venta por unidad o kilogramo
- i = cada uno de los ocho tratamientos

El ingreso total no representa por sí mismo una ganancia, debido a que todavía deben descontarse los costos de producción.

2.2.8.2. Beneficio neto

El beneficio neto representa la diferencia entre los ingresos totales obtenidos y los costos totales incurridos durante la producción (Suárez et al., 2025). Permite establecer si la actividad genera un excedente, alcanza únicamente a cubrir sus costos o produce una pérdida.

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Beneficio neto} = \text{ingreso total} - \text{costo total}$$

Para cada tratamiento:

$$BN_i = IT_i - CT_i$$

Donde:

- BN_i = beneficio neto del tratamiento i
- IT_i = ingreso total del tratamiento i
- CT_i = costo total del tratamiento i

El beneficio neto es un indicador monetario absoluto. En el alcance de esta investigación representa el excedente económico de cada tratamiento y no se calcula una utilidad contable independiente.

2.2.8.3. Rentabilidad

Gutiérrez (2016) menciona que la rentabilidad mide la capacidad de una actividad para generar beneficios en relación con los recursos económicos utilizados. A diferencia del beneficio neto, que expresa un valor absoluto, la rentabilidad muestra el resultado en términos proporcionales o porcentuales.

Una forma aplicable al estudio es la rentabilidad sobre el costo total:

$$\text{Rentabilidad (\%)} = \frac{\text{beneficio neto}}{\text{costo total}} \times 100$$

Para cada tratamiento:

$$R_i = \frac{BN_i}{CT_i} \times 100$$

Donde:

- R_i = rentabilidad del tratamiento i
- BN_i = beneficio neto del tratamiento i
- CT_i = costo total del tratamiento i

Cuanto mayor sea el porcentaje, mayor será el beneficio generado por cada unidad monetaria de costo.

2.2.8.4. Relación beneficio-costo

La relación beneficio-costo compara el valor de los beneficios obtenidos con el valor de los costos incurridos. Este indicador se obtiene dividiendo los beneficios previstos entre los costos previstos y permite priorizar alternativas con una relación más favorable (Lara y Carvache, 2017).

Para un solo ciclo productivo puede expresarse así:

$$\text{Relación beneficio - costo} = \frac{\text{ingreso total}}{\text{costo total}}$$

Para cada tratamiento:

Donde:

- $B/C > 1$: los ingresos superan los costos
- $B/C = 1$: los ingresos son iguales a los costos
- $B/C < 1$: los ingresos no cubren los costos

Una relación B/C de 1.50 indica que por cada sol de costo se generan S/1.50 de ingreso.

2.2.8.5. Margen de utilidad

Sriwedari et al. (2026), menciona que el margen de utilidad representa la ganancia obtenida por cada kilogramo de producto comercializado, determinada como la diferencia entre el precio de venta y el costo unitario de producción. Este indicador permite evaluar el beneficio económico generado por cada unidad producida y constituye una medida de la eficiencia económica del proceso productivo

$$MU_i = P - CU_i$$

Donde:

- MU_i = margen de utilidad del tratamiento
- P = precio de venta por kilogramo
- CU_i = costo unitario de producción

Un mayor margen de utilidad indica que cada kilogramo comercializado genera una mayor ganancia, favoreciendo la rentabilidad económica del tratamiento evaluado.

2.2.8.6. Diferenciación de los indicadores

El ingreso total expresa el valor monetario de la producción; el beneficio neto representa el excedente obtenido después de cubrir los costos; la rentabilidad expresa dicho beneficio en términos porcentuales; la relación beneficio-costos indica los ingresos generados por cada unidad monetaria invertida; y el punto de equilibrio señala el nivel mínimo de producción necesario para cubrir los costos. En conjunto, estos indicadores permiten evaluar de manera integral el desempeño económico de una alternativa productiva.

2.2.9. Demanda en el mercado

En la demanda de hongos ostra (*Pleurotus ostreatus*) en el Perú ha mostrado una tendencia creciente, impulsada por su valor nutricional y su inclusión en dietas saludables. A nivel regional, no existen estadísticas específicas para Ayacucho; sin embargo, el consumo se concentra en mercados locales, ferias agroecológicas y sectores urbanos con mayor acceso a este producto (Córdova, 2021). Su alto contenido de proteínas y compuestos bioactivos ha favorecido su aceptación, evidenciando un potencial de crecimiento en regiones donde se promueve la producción sostenible (Maccapa et al., 2024).

Tabla 6

*Principales empresas comercializadoras de *Pleurotus ostreatus* en el mercado nacional*

Empresas productoras	Producto	Presentación	Precio
Willka	Hongo ostra fresca	200 g	s/ 6.50
Vacas Felices	Hongo ostra fresca	250gr	s/ 12.90
Pachakallampa	Hongo ostra fresca	200 g	s/ 5.00
Hongos del Bosque	Hongo ostra fresca	200 g	s/ 7.00

Nota. Elaboración en base en la información publicada por Willka (Vivanda), Bio Bodegas Felices, Pachakallampa y Hongos del Bosque, consultada en mayo del 2026.

2.2.10. Indicadores de calidad

La calidad comercial del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) se evalúa mediante características físicas y sanitarias que determinan su aceptación en el mercado. Entre los principales indicadores destacan el color uniforme, la textura firme, el tamaño del sombrero, la integridad de las láminas y la ausencia de daños o contaminantes (Fernandez, 2022).

Según Silva et al. (2024) en el mercado, los carpóforos se clasifican en categorías de calidad:

- La primera calidad: incluye hongos bien formados, uniformes y sin daños, con mayor valor comercial
- La segunda: calidad presenta ligeras imperfecciones, pero es apta para consumo fresco.
- La tercera calidad corresponde a hongos sobre maduros o con defectos, destinados generalmente a procesamiento o consumo inmediato.

2.3. Definición de términos

2.3.1. Lignocelulosa

Según Ojo (2023) es la biomasa abundante renovable compuesta principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina. Estos polímeros estructurales conforman la pared celular de las plantas, brindando rigidez y soporte, pero también presenta resistencia natural a su degradación.

2.3.2. Celulosa

La celulosa es un polisacárido estructural compuesto por unidades de glucosa unidas por enlaces β -1,4, que constituye el principal componente de la pared celular de las plantas. Se caracteriza por su alta resistencia y su función como fuente de carbono para microorganismos capaces de degradarla, como los hongos lignocelulolíticos (Franco et al., 2009).

2.3.3. Hemicelulosa

La hemicelulosa es un heteropolisacárido presente en la pared celular vegetal, formado por diferentes azúcares como xilosa, manosa y arabinosa. A diferencia de la celulosa, posee una estructura más amorfa y ramificada, lo que facilita su degradación por acción enzimática (Vázquez y García, 2024).

2.3.4. Lignina

La lignina es un polímero complejo de naturaleza aromática que se deposita en la pared celular de las plantas, proporcionando rigidez, impermeabilidad y resistencia a la degradación biológica. Su estructura recalcitrante dificulta su descomposición, siendo degradada principalmente por hongos de pudrición blanca como *Pleurotus ostreatus* (Maceda et al., 2021).

2.3.5. Micelio

Según Hernandez et al. (2006) el micelio es la red de hifas producida por los hongos, cuya función principal en el cultivo es colonizar y degradar el sustrato, funciona como un aglutinante al descomponer compuestos lignocelulósicos presentes en el sustrato. Una vez que el hongo es desactivado y se elimina la humedad mediante la aplicación de calor, se obtiene un biomaterial con características similares a las de materiales convencionales como las espumas.

2.3.6. Inoculación

La inoculación es el proceso mediante el cual se introduce el micelio o semilla del hongo en el sustrato previamente acondicionado, con el fin de iniciar su colonización (Sánchez, 2010).

2.3.7. Bolsa de polipropileno

Es un envase fabricado a partir de un polímero termoplástico resistente al calor y a la humedad, utilizado en el cultivo de hongos para contener el sustrato, permitir la esterilización térmica y facilitar el desarrollo del micelio en condiciones controladas (Soares et al., 2022).

2.3.8. Termohigrómetro

Es un instrumento de medición utilizado para determinar la humedad relativa del aire, y la temperatura parámetro fundamental para el control de condiciones ambientales en el cultivo de hongos, ya que influye directamente en el crecimiento del micelio y la formación de cuerpos fructíferos (Flores y Oca, 2012).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

La investigación se clasificó de acuerdo con el fin que persiguió y con la técnica de contrastación empleada. Según el fin, fue de tipo aplicada, debido a que estuvo orientada a generar conocimiento práctico para atender una problemática concreta relacionada con la producción y evaluación económica del champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*) mediante ocho tratamientos formulados con bagazo de caña, cascarilla de coco, papel y cartón. Según la técnica de contrastación, fue experimental, porque se manipuló deliberadamente la formulación del sustrato y se evaluaron sus efectos sobre las variables productivas del cultivo; posteriormente, los resultados obtenidos se integraron con los costos e ingresos correspondientes para determinar los indicadores económicos de cada tratamiento.

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, porque utilizó conocimientos científicos relacionados con el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, el aprovechamiento de materiales lignocelulósicos y la evaluación económica para atender una necesidad productiva concreta en el contexto de Huanta. La investigación aplicada se orienta a emplear el conocimiento disponible para resolver problemas específicos y generar resultados susceptibles de utilización práctica (Ñaupas et al., 2018).

En el estudio se evaluaron ocho tratamientos formulados con bagazo de caña, cascarilla de coco, papel, cartón y sus respectivas combinaciones, con la finalidad de identificar diferencias en el rendimiento productivo, los costos de producción y los indicadores de rentabilidad. En consecuencia, la investigación no se limitó a ampliar el conocimiento teórico sobre el cultivo del champiñón ostra, sino que buscó generar evidencia técnica y económica que permitiera determinar cuál de los tratamientos presentó la mayor viabilidad económica bajo las condiciones evaluadas en Huanta.

3.1.2. Nivel de investigación

La investigación fue de carácter experimental, debido a que se manipuló deliberadamente la variable independiente, constituida por la formulación del sustrato, con el propósito de observar sus efectos sobre las variables de respuesta relacionadas con el comportamiento productivo y la evaluación económica de *Pleurotus ostreatus*. Los estudios experimentales se caracterizan por la manipulación de una o más variables independientes y el control de las condiciones de observación, a fin de analizar sus efectos sobre determinadas variables dependientes (Condori, 2020).

La contrastación se realizó mediante ocho tratamientos formulados con cartón, papel, bagazo de caña, cascarilla de coco y combinaciones de estos materiales. De acuerdo con la codificación experimental establecida, los tratamientos fueron: T1, cartón; T2, bagazo de caña; T3, papel; T4, cascarilla de coco; T5, bagazo de caña con papel; T6, bagazo de caña con cartón; T7, cascarilla de coco con papel; y T8, cascarilla de coco con cartón. Cada tratamiento contó con tres repeticiones independientes, obteniéndose un total de 24 unidades experimentales. Los tratamientos fueron asignados aleatoriamente a las unidades experimentales conforme al Diseño Completamente al Azar. Asimismo, las 24 bolsas fueron mantenidas en un ambiente acondicionado y monitoreado, bajo condiciones semejantes de preparación, pasteurización, inoculación, incubación, fructificación, cosecha, temperatura, humedad relativa, ventilación, iluminación y manejo. De esta manera, la formulación del sustrato constituyó la principal condición diferenciadora entre los tratamientos.

Esta clasificación se justificó porque la investigación comparó el efecto de las ocho formulaciones sobre el diámetro del sombrero, el número de cuerpos fructíferos, el número de sombreros, el peso fresco por cosecha, el peso fresco acumulado y el rendimiento productivo. Posteriormente, estos resultados se integraron con los costos de producción, los ingresos y los indicadores de rentabilidad correspondientes a cada tratamiento. En consecuencia, la investigación no correspondió a un estudio exploratorio, descriptivo o correlacional, debido a que existió manipulación experimental de la formulación del sustrato, aleatorización de las unidades experimentales y comparación directa de sus efectos.

3.2. Diseño de investigación

La investigación presentó un diseño experimental de enfoque cuantitativo, debido a que se manipuló deliberadamente la variable independiente, constituida por la formulación del sustrato, con el propósito de evaluar su efecto sobre el comportamiento productivo del champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*). Posteriormente, los resultados productivos obtenidos se integraron con los costos e ingresos registrados para determinar los indicadores económicos correspondientes a cada tratamiento. Los diseños experimentales permiten analizar el efecto de una variable independiente sobre determinadas variables de respuesta mediante la aplicación de tratamientos y la comparación de los resultados obtenidos bajo condiciones previamente establecidas (Vallejo, 2002).

De manera específica, se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo unifactorial (Ramón, 2016). El único factor experimental fue la formulación del sustrato, constituido por ocho niveles o tratamientos elaborados con bagazo de caña, cascarilla de coco, papel, cartón y sus respectivas combinaciones. Cada tratamiento contó con tres repeticiones, por lo que se trabajó con un total de 24 unidades experimentales.

La unidad experimental estuvo constituida por una bolsa de polipropileno que contenía 2kg de sustrato acondicionado e inoculada con 100g de micelio de *Pleurotus ostreatus*. Cada bolsa recibió una sola formulación de sustrato y fue evaluada individualmente durante las fases de incubación, fructificación y cosecha.

La asignación de los tratamientos a las unidades experimentales se realizó de manera aleatoria, con la finalidad de reducir posibles sesgos relacionados con la ubicación de las bolsas dentro del ambiente experimental. Asimismo, todas las unidades fueron sometidas a procedimientos semejantes de preparación, pasteurización, inoculación, incubación, fructificación y cosecha. También se procuraron condiciones similares de temperatura, humedad relativa, ventilación, iluminación y manejo, de modo que la principal fuente sistemática de variación correspondiera a la formulación del sustrato.

El diseño experimental se representó mediante el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

- Y_{ij} : valor observado de la variable respuesta en el tratamiento i y la repetición j
- μ : mediageneral
- τ_i : efecto del tratamiento i
- ε_{ij} : error experimental asociado a cada unidad experimental
- $i = 1, 2, \dots, 8$, correspondiente a los ocho tratamientos
- $j = 1, 2, 3$, correspondiente a las tres repeticiones

El Diseño Completamente al Azar fue pertinente porque permitió comparar el comportamiento productivo de las ocho formulaciones evaluadas bajo condiciones semejantes de manejo. Las variables productivas consideradas comprendieron el diámetro del sombrero, el número de cuerpos fructíferos, el número de cosechas, el peso fresco acumulado y el rendimiento productivo. A partir de estos resultados y de los registros de costos e ingresos, se efectuó posteriormente la evaluación económica individual de cada tratamiento.

No se empleó un arreglo factorial, debido a que las ocho formulaciones fueron consideradas como niveles independientes de un único factor experimental. La estructura de tratamientos incluyó formulaciones puras y combinadas que no constituyeron un cruzamiento completo y equilibrado entre dos factores; por consiguiente, no correspondió estimar efectos principales separados ni términos de interacción.

3.2.1. **Ámbito temporal**

La investigación se desarrolló durante la campaña experimental 2025-2026. La fase productiva se inició en diciembre de 2025 con la preparación de los materiales y la inoculación de las unidades experimentales, y comprendió las etapas de incubación, fructificación y realización de tres cosechas sucesivas.

Después de culminada la fase productiva, se efectuaron la organización y depuración de los registros, el procesamiento estadístico de las variables productivas y la evaluación económica de los ocho tratamientos. Esta última

comprendió el cálculo de los costos de producción, ingresos, beneficio neto, rentabilidad, relación beneficio-coste y punto de equilibrio.

3.2.2. Ámbito espacial

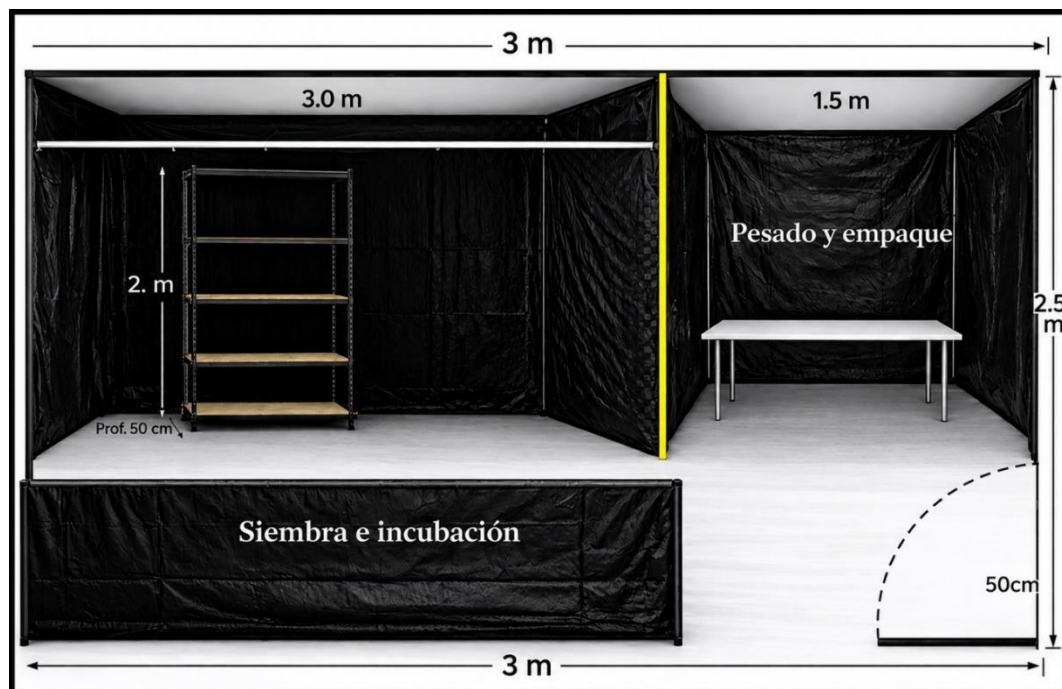
El experimento se ejecutó en un ambiente acondicionado ubicado en la zona urbana de la ciudad de Huanta. El espacio correspondió a una habitación de 3 m de largo, 2,5 m de ancho y 2 m de altura, con una superficie aproximada de 7,5 m² y un volumen de 15 m³.

El ambiente fue organizado en tres zonas funcionales:

- Zona de siembra e incubación
- Zona de fructificación
- Zona de pesado y empaques

Figura 3

*Distribución del área experimental para el cultivo de *Pleurotus ostreatus**



Nota. La figura muestra la distribución del ambiente experimental, organizado en las zonas de siembra e incubación, fructificación, y pesado y empaque. Elaboración propia.

Las unidades experimentales fueron ubicadas en un estante de madera de cinco niveles, manteniendo una separación aproximada de 20 cm entre bolsas para facilitar la circulación de aire, el manejo individual y el desarrollo de los cuerpos fructíferos.

El ambiente no contó con un sistema automatizado de climatización. Por ello, se acondicionaron manualmente las condiciones de luminosidad, humedad y ventilación, y se monitorearon la temperatura y la humedad relativa mediante un termómetro ambiental y un higrómetro digital. Esta precisión permite describir el lugar como un ambiente acondicionado y monitoreado, y no como un ambiente completamente controlado.

3.2.3. Ubicación política

La ubicación política del área experimental fue la siguiente:

Tabla 7

Ubicación política del área experimental

Categoría	Ubicación
Región	Ayacucho
Provincia	Huanta
Distrito	Huanta
Centro poblado	Ciudad de Huanta
Zona	Urbana
Referencia	Jr./Av. Mariscal Castilla

3.2.4. Ubicación geográfica

El área experimental se localizó aproximadamente en las coordenadas geográficas 12°55'50,2" de latitud sur y 74°15'20,6" de longitud oeste, registradas mediante google Maps. La altitud aproximada del lugar fue de 2 578,77 m s. n. m.

El distrito de Huanta se encuentra en la zona noroccidental de la región Ayacucho y presenta condiciones climáticas propias de una zona interandina. Las temperaturas ambientales de la localidad pueden variar aproximadamente entre 9 y 22 °C; sin embargo, las condiciones registradas dentro del ambiente experimental dependieron del acondicionamiento y manejo realizado durante las fases del cultivo.

Durante la incubación se monitorearon temperaturas entre 16 y 22 °C y una humedad relativa entre 60% y 70%. En la fase de fructificación se registraron temperaturas entre 18 y 25 °C y una humedad relativa entre 85 % y 95%. Estas condiciones fueron mantenidas mediante ventilación, ingreso de luz difusa y aspersión manual de agua.

Figura 4

Ubicación geográfica del área experimental



Nota. Ubicación aproximada del área experimental en la ciudad de Huanta, región Ayacucho, obtenida mediante google Maps.

3.3. Unidad de análisis, población, muestra y muestreo

La unidad de análisis estuvo constituida por cada unidad experimental de cultivo de champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*), representada por una bolsa de polipropileno que contenía 2kg de sustrato acondicionado e inoculada con 100g de micelio. Cada bolsa recibió únicamente uno de los ocho tratamientos y fue evaluada individualmente durante las fases de incubación, fructificación y cosecha.

La investigación trabajó con ocho tratamientos formulados con cartón, papel, bagazo de caña, cascarilla de coco y sus respectivas combinaciones. Cada tratamiento contó con tres repeticiones, obteniéndose un total de 24 unidades experimentales.

3.3.1. Unidad de análisis

La unidad de análisis fue cada bolsa de cultivo de *Pleurotus ostreatus*, debido a que en ella se aplicó una formulación específica de sustrato y se registraron de manera independiente las variables productivas y económicas correspondientes.

En cada unidad se evaluaron los siguientes indicadores:

- Diámetro del sombrero
- Número de cuerpos fructíferos
- Número de sombreros
- Rendimiento productivo (gr)
- Costos de producción
- Indicadores de rentabilidad

Debe diferenciarse la unidad de análisis de la unidad de observación. En este estudio ambas coincidieron, porque las mediciones y registros se realizaron directamente sobre cada bolsa experimental.

3.3.2. Población

La población experimental estuvo conformada por las 24 bolsas de cultivo instaladas para evaluar los ocho tratamientos de *Pleurotus ostreatus*. Cada tratamiento tuvo tres repeticiones, según la siguiente relación:

$$8 \text{ tratamientos} \times 3 \text{ repeticiones} = 24 \text{ unidades experimentales}$$

La población fue finita y estuvo delimitada por todas las unidades experimentales establecidas durante la campaña 2025–2026 en el ambiente acondicionado de Huanta.

3.3.3. Muestra

La muestra estuvo constituida por las mismas 24 unidades experimentales que conformaron la población. Por tanto, se evaluó la totalidad de las bolsas instaladas durante el experimento y no se seleccionó una fracción de ellas.

La distribución de la muestra fue la siguiente:

Tabla 8

Distribución de la muestra

Tratamiento	Formulación	Repeticiones	Unidades experimentales
T1	Cartón	3	3
T2	Bagazo de caña	3	3
T3	Papel	3	3
T4	Cascarilla de coco	3	3
T5	Bagazo de caña + papel	3	3
T6	Bagazo de caña + cartón	3	3
T7	Cascarilla de coco + papel	3	3
T8	Cascarilla de coco + cartón	3	3
Total		24	24

Nota. Elaboración propia.

3.3.4. Muestreo

No se aplicó un muestreo probabilístico ni no probabilístico, debido a que se evaluó la totalidad de las unidades experimentales instaladas. En consecuencia, el estudio empleó una evaluación censal de las 24 bolsas.

La asignación de los tratamientos a las unidades experimentales sí se realizó aleatoriamente, conforme al Diseño Completamente al Azar. Esta aleatorización no debe confundirse con el muestreo, porque su función fue distribuir los tratamientos entre las unidades experimentales y reducir posibles sesgos asociados con su ubicación dentro del ambiente.

3.3.5. Materiales, insumos, equipos e instalaciones

Para la ejecución del experimento se utilizaron materiales lignocelulósicos, insumos de cultivo, materiales de acondicionamiento, instrumentos de medición y equipos de procesamiento de datos.

Tabla 9

Materiales e insumos utilizados en la investigación

Cantidad	Unidad	Material o insumo	Especificación
-----------------	---------------	--------------------------	-----------------------

2.400	Kg	Micelio de <i>Pleurotus ostreatus</i>	Inóculo comercial
12	Kg	Cartón reciclado	Libre de cintas, grapas y contaminantes
12	Kg	Papel reciclado	Sin residuos químicos visibles
12	Kg	Bagazo de caña	Seco y libre de impurezas
12	Kg	Cascarilla de coco	Lavada, secada y fragmentada
24	Unidades	Bolsas de polipropileno	Capacidad para 2kg de sustrato
30	M	Plástico	Acondicionamiento del ambiente
1	Unidad	Cilindro metálico	Pasteurización térmica
1	Unidad	Pulverizador manual	Humidificación del ambiente
1	Unidad	Cuaderno de campo	Registro de datos
1	Unidad	Plumón indeleble	Identificación de tratamientos
1	Unidad	Estante de madera	Ubicación de las bolsas
1	Unidad	Bisturí o cuchillo	Cortes en las bolsas
1	Unidad	Cinta métrica	Medición del área experimental
1	Unidad	Alcohol etílico	Desinfección de materiales
1	Unidad	Guardapolvo	Protección e higiene
1	Unidad	Gorra quirúrgica	Protección e higiene
1	Par	Guantes de látex	Manipulación del cultivo

Nota. Elaboración propia.

Tabla 10

Equipos e instrumentos utilizados

Cantidad	Equipo o instrumento	Especificación o función
1	Balanza digital	Capacidad aproximada de 0,1g a 5kg
1	Termohigrómetro digital	Medición de humedad relativa Medición de temperatura
1	Pulverizador manual	Aplicación de agua por aspersión
1	Vernier	Medición del diámetro del sombrero
1	Laptop	Procesamiento de datos en Excel y SPSS

Nota. Elaboración propia.

Tabla 11

Instalación utilizada

Cantidad	Instalación	Características
----------	-------------	-----------------

1	Ambiente experimental acondicionado	Habitación de 3 m × 2,5 m × 2 m, organizada en zonas de incubación, fructificación, pesado y empaque
---	-------------------------------------	--

Nota. Elaboración propia.

El ambiente fue acondicionado para mantener condiciones semejantes entre las unidades experimentales. La temperatura y la humedad relativa se monitorearon durante el proceso, mientras que la ventilación, iluminación y humidificación se regularon manualmente. Por ello, debe describirse como un ambiente acondicionado y monitoreado, no como una instalación con control climático automatizado.

3.4. Método

Para el desarrollo de la investigación se aplicaron los métodos experimental, comparativo y analítico, articulados de acuerdo con los objetivos relacionados con el rendimiento productivo, los costos de producción y la rentabilidad económica de los ocho tratamientos evaluados.

3.4.1. Método experimental

Se empleó el método experimental porque se manipuló la variable independiente, constituida por la formulación del sustrato, para observar sus efectos sobre el rendimiento productivo y los indicadores económicos de la producción de champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*).

La experimentación se desarrolló mediante ocho tratamientos elaborados con cartón, papel, bagazo de caña, cascarilla de coco y sus combinaciones. Cada tratamiento contó con tres repeticiones, obteniéndose 24 unidades experimentales distribuidas mediante un Diseño Completamente al Azar unifactorial. La unidad experimental estuvo constituida por una bolsa de polipropileno con 2kg de sustrato acondicionado e inoculada con 100g de micelio de *Pleurotus ostreatus*.

La estrategia experimental comprendió las siguientes etapas:

1. Recolección y selección del bagazo de caña, la cascarilla de coco, el papel y el cartón.
2. Secado, fragmentación e hidratación de los materiales.

3. Preparación de las formulaciones correspondientes a los ocho tratamientos.
4. Pasteurización térmica de los sustratos.
5. Inoculación con micelio de *Pleurotus ostreatus*.
6. Incubación de las unidades experimentales.
7. Inducción de la fructificación.
8. Realización de tres cosechas.
9. Medición y registro de las variables productivas.
10. Procesamiento estadístico de los datos.
11. Determinación de los costos e indicadores económicos por tratamiento.

Durante la incubación y fructificación, las unidades experimentales se mantuvieron en un ambiente acondicionado y monitoreado, procurando condiciones semejantes de temperatura, humedad relativa, ventilación e iluminación. De esta manera, la formulación del sustrato constituyó la principal condición diferenciadora entre los tratamientos.

3.4.2. Método comparativo

El método comparativo se utilizó para establecer las diferencias existentes entre los ocho tratamientos evaluados. La comparación productiva consideró el diámetro del sombrero, el número de cuerpos fructíferos, el número de sombreros, el peso fresco y el rendimiento obtenido durante las tres cosechas.

Asimismo, la comparación económica comprendió los costos de producción, el ingreso total, el beneficio neto, la rentabilidad, la relación beneficio-coste y el punto de equilibrio de cada tratamiento. Este método permitió identificar cuál formulación presentó el mejor comportamiento productivo y la mayor viabilidad económica bajo las condiciones evaluadas en Huanta.

3.4.3. Método analítico

El método analítico permitió examinar de manera diferenciada los componentes productivos y económicos de cada tratamiento. En el componente

productivo, los datos obtenidos fueron organizados y sometidos a análisis descriptivos e inferenciales para determinar la existencia de diferencias entre tratamientos.

En el componente económico, se desagregaron los costos fijos y variables, los ingresos y los beneficios correspondientes a cada tratamiento. Posteriormente, estos resultados fueron integrados para determinar la viabilidad económica, considerando que el tratamiento con mayor producción no necesariamente presenta el menor costo ni los mejores indicadores de rentabilidad.

La aplicación conjunta de estos métodos permitió desarrollar una estrategia coherente con el problema, los objetivos y las hipótesis de la investigación, debido a que primero se evaluó experimentalmente el desempeño de los tratamientos, luego se compararon sus resultados y finalmente se analizaron sus componentes productivos y económicos.

3.5. Técnicas

Para la recolección de la información se emplearon la observación directa, la medición experimental y el análisis documental. Estas técnicas fueron seleccionadas de acuerdo con la naturaleza cuantitativa y experimental de la investigación y permitieron obtener datos productivos y económicos de los ocho tratamientos evaluados.

No se utilizaron encuestas, entrevistas, grupos focales ni técnicas cualitativas, debido a que la investigación no estuvo orientada a conocer percepciones, opiniones o experiencias de una población humana, sino a medir el comportamiento productivo y económico de unidades experimentales de cultivo.

3.5.1. Observación directa

La observación directa se utilizó para realizar el seguimiento sistemático del desarrollo de *Pleurotus ostreatus* en cada una de las 24 unidades experimentales. Esta técnica permitió identificar y registrar los cambios ocurridos durante las fases de incubación, aparición de primordios, fructificación y cosecha.

Mediante la observación se registraron los siguientes aspectos:

- Aparición de primordios
- Formación y desarrollo de los cuerpos fructíferos
- Número de cuerpos fructíferos por unidad experimental

- Número de sombreros
- Número de cosechas
- Fecha y duración de cada etapa productiva

La observación se efectuó de manera periódica y bajo los mismos criterios para los ocho tratamientos, registrándose la información según el código correspondiente a cada tratamiento y repetición.

3.5.2. Medición experimental

La medición experimental se empleó para cuantificar las variables productivas de cada unidad experimental mediante equipos e instrumentos previamente definidos.

El peso fresco de los cuerpos fructíferos se determinó mediante una balanza digital y se expresó en gramos. El diámetro del sombrero se midió con un vernier y se registró en centímetros. El peso de los materiales empleados en la preparación de los sustratos y del micelio utilizado en la inoculación también se determinó mediante una balanza.

Las mediciones se realizaron individualmente para cada bolsa y en cada una de las tres cosechas, lo que permitió comparar el comportamiento de los ocho tratamientos. Los datos fueron consignados inmediatamente en las fichas de registro y posteriormente transferidos a una base de datos para su procesamiento estadístico.

3.5.3. Análisis documental

El análisis documental permitió organizar y examinar la información técnica, productiva y económica generada durante la investigación. Para ello se revisaron los registros de producción, fichas de campo, comprobantes de adquisición de insumos y registros de costos, información que sirvió de base para determinar los costos de producción, el beneficio neto, la rentabilidad, la relación beneficio/costo y el punto de equilibrio.

3.6. Instrumentos

Para la recolección y organización de los datos se utilizaron instrumentos estructurados de registro, elaborados de acuerdo con las variables, dimensiones e indicadores establecidos en la investigación. Estos instrumentos permitieron

consignar de manera sistemática la información productiva, ambiental y económica generada durante la evaluación de los ocho tratamientos.

3.6.1. Equipos de medición asociados a los instrumentos

Los equipos no constituyeron instrumentos documentales por sí mismos, sino medios técnicos utilizados para obtener las mediciones registradas en las fichas.

Tabla 12

Equipos de medición, variables y unidades utilizadas en el registro de fichas

Variable o condición	Equipo empleado	Unidad de medida
Peso fresco de los hongos	Balanza digital	Gramos
Peso del sustrato y del micelio	Balanza digital	Gramos o kilogramos
Diámetro del sombrero	Vernier	Centímetros
Temperatura y humedad relativa ambiental	Termohigrómetro digital	Grados Celsius y porcentaje
Dimensiones del ambiente	Cinta métrica	Metros

Tabla 13

Correspondencia entre técnicas de investigación e instrumentos de recolección de datos

Técnica	Instrumento
Observación directa	
Medición experimental	Ficha de registro productivo
Análisis documental	Ficha de costos y ficha de evaluación económica

3.7. Procedimiento

El procedimiento de la investigación se desarrolló de manera secuencial, desde el acondicionamiento del área experimental y la preparación de los sustratos hasta el procesamiento estadístico y la evaluación económica de los ocho tratamientos. Todas las actividades fueron registradas en fichas de recolección de datos y en el cuaderno de campo, con la finalidad de mantener la trazabilidad de cada unidad experimental y asegurar la calidad de la información obtenida.

3.7.1. Acondicionamiento del área experimental

El experimento se ejecutó en un ambiente cerrado y acondicionado ubicado en la ciudad de Huanta. La habitación presentó dimensiones de 3 m de largo, 2,5 m de ancho y 2 m de altura, y fue organizada en tres zonas funcionales:

- Siembra e incubación
- Fructificación
- Pesado y empaque

Las ventanas y determinadas superficies fueron acondicionadas con plástico para regular el ingreso de luz, conservar la humedad y separar las zonas de trabajo. Asimismo, se instaló un estante de madera de cinco niveles para la ubicación de las 24 unidades experimentales.

Antes de iniciar el experimento se realizó la limpieza y desinfección del ambiente, de los estantes, herramientas y superficies de trabajo. Las bolsas se distribuyeron manteniendo una distancia aproximada de 15 cm entre ellas, con la finalidad de favorecer la circulación de aire y facilitar su manejo individual.

3.7.2. Recolección y selección de los materiales

El cartón y el papel fueron recolectados en puntos de generación de residuos reciclables de la ciudad de Huanta, principalmente en instituciones educativas y dependencias donde se disponía de materiales limpios y secos.

El bagazo de caña fue obtenido de productores artesanales de derivados de caña ubicados en el centro poblado de Maynay. La cascarilla de coco fue recolectada en establecimientos dedicados a la venta de coco fresco.

Los materiales fueron seleccionados manualmente y se descartaron aquellos que presentaban:

- Residuos orgánicos en descomposición
- Exceso de tinta
- Sustancias químicas
- Grapas
- Cintas adhesivas
- Plásticos
- Tierra, piedras u otras impurezas

El cartón utilizado correspondió principalmente a cartón corrugado limpio, mientras que el papel fue seleccionado procurando que no presentara contaminantes visibles.

3.7.3. Secado y fragmentación de los sustratos

Los materiales recolectados fueron secados en un espacio ventilado y protegido de la humedad, con la finalidad de evitar fermentaciones o procesos de descomposición antes de su utilización.

Posteriormente, el bagazo de caña, la cascarilla de coco, el papel y el cartón fueron fragmentados manualmente hasta obtener partículas de aproximadamente 3 cm o menos. La reducción del tamaño facilitó:

- La hidratación uniforme
- La aireación interna
- La distribución del micelio
- La colonización del sustrato
- El manejo de las bolsas

3.7.4. Preparación de los tratamientos

Se formularon ocho tratamientos, considerados como niveles independientes de un único factor experimental denominado formulación del sustrato. Las formulaciones estuvieron constituidas por bagazo de caña, cascarilla de coco, papel, cartón y combinaciones de estos materiales.

En los tratamientos combinados se emplearon 1,70kg del residuo agroindustrial principal y 0,30kg de papel o cartón, obteniéndose un peso total de 2kg de sustrato acondicionado por unidad experimental. Por tanto, las proporciones aplicadas correspondieron a 85% del residuo agroindustrial y 15% del material reciclable. En los tratamientos puros se utilizaron 2kg del material correspondiente.

Tabla 14

Formulación y codificación de los tratamientos experimentales

Tratamiento	Formulación	Cantidad por unidad experimental	Proporción
T1	Cartón	2,00kg	100%
T2	Bagazo de caña	2,00kg	100%
T3	Papel	2,00kg	100%

T4	Cascarilla de coco	2,00kg	100%
T5	Bagazo de caña + papel	1,70kg + 0,30kg	85% + 15%
T6	Bagazo de caña + Cartón	1,70kg + 0,30kg	85% + 15%
T7	Cascarilla de coco + papel	1,70kg + 0,30kg	85%+ 15%
T8	Cascarilla de coco + cartón	1,70kg + 0,30kg	85%+ 15%

Nota. Cada tratamiento estuvo conformado por tres repeticiones. En los tratamientos combinados, la proporción se calculó sobre un peso total de 2kg de sustrato acondicionado por unidad experimental. Elaboración propia.

Cada tratamiento contó con tres repeticiones independientes, obteniéndose un total de 24 unidades experimentales:

$$N = T \times R$$

Donde:

- *N*: número total de unidades experimentales.
- *T*: número de tratamientos.
- *R*: número de repeticiones por tratamiento.

Sustituyendo los valores del estudio:

Cada unidad experimental estuvo constituida por una bolsa de polipropileno que contenía 2kg de sustrato acondicionado. Posteriormente, cada bolsa fue inoculada con 100g de micelio de *Pleurotus ostreatus*, equivalente al 5% del peso húmedo del sustrato.

Las formulaciones se prepararon de manera independiente, y cada unidad experimental fue identificada mediante el código del tratamiento y el número de repetición correspondiente. Posteriormente, las 24 bolsas fueron distribuidas aleatoriamente dentro del ambiente de cultivo, de acuerdo con el Diseño Completamente al Azar establecido en la investigación.

3.7.5. Hidratación de los sustratos

Los sustratos fueron hidratados con agua hasta alcanzar una humedad adecuada para el desarrollo del micelio. La verificación se realizó mediante la prueba manual de compresión, procurando que al presionar el material se liberara únicamente una pequeña cantidad de agua, sin presentar saturación excesiva.

Después de la hidratación, los materiales fueron colocados en bolsas de polipropileno con capacidad para 2kg. Las bolsas permanecieron en reposo durante aproximadamente 24 horas para favorecer la distribución uniforme de la humedad.

3.7.6. Pasteurización térmica

Las bolsas con los sustratos hidratados fueron sometidas a pasteurización térmica mediante vapor, a una temperatura de 80 °C durante tres horas.

El procedimiento se realizó en un cilindro metálico, en cuya base se colocaron 20 litros de agua. Las bolsas se situaron sobre una rejilla metálica para evitar el contacto directo con el agua y con el fondo del recipiente.

Luego de la pasteurización, las bolsas fueron retiradas y trasladadas al ambiente experimental, donde permanecieron durante 24 horas hasta alcanzar una temperatura adecuada para la inoculación.

El procedimiento debe denominarse pasteurización térmica y no esterilización, debido a que se realizó a una temperatura apr de 80 °C y sin presión.

3.7.7. Adquisición y conservación del inóculo

El micelio de *Pleurotus ostreatus* fue adquirido de Pachakallampa S.A.C, RUC 20615327639 Lima. Antes de su utilización se verificó que el material presentara:

- Crecimiento micelial uniforme.
- Coloración característica.
- Ausencia de olores anormales.
- Ausencia de mohos u otros contaminantes visibles.

El inóculo fue conservado de acuerdo con las indicaciones del proveedor hasta el momento de su aplicación.

3.7.8. Inoculación

La inoculación se realizó en un ambiente previamente limpio y desinfectado. Se utilizó una dosis de 100g de micelio por cada bolsa con 2kg de sustrato, equivalente al 5% del peso húmedo de la unidad experimental:

$$Tasa\ de\ inoculación = \frac{100\ g}{2000\ g} \times 100 = 5\%$$

El micelio fue colocado y distribuido en el sustrato procurando favorecer una colonización uniforme. Después de la inoculación, las bolsas fueron cerradas y

acondicionadas con un sistema que permitió el intercambio gaseoso y redujo el ingreso de contaminantes, que consistió en el uso de tubo PVC cortadas a 3 cm, obre este anillo se colocó un fragmento de tela previamente desinfectada, con la finalidad de permitir el intercambio gaseoso y reducir el riesgo de ingreso de agentes contaminantes durante la etapa de incubación.

Cada bolsa fue identificada con:

- Número de repetición :3 por tratamiento
- Fecha de inoculación: 15 de diciembre

3.7.9. Distribución aleatoria de las unidades experimentales

Las 24 bolsas fueron distribuidas dentro del ambiente de cultivo conforme al Diseño Completamente al Azar. La ubicación de cada tratamiento fue determinada aleatoriamente, procurando que cada unidad experimental tuviera la misma probabilidad de ocupar cualquier posición.

La distribución aleatoria permitió reducir el efecto de posibles variaciones relacionadas con:

- Cercanía a las ventanas
- Corrientes de aire
- Diferencias de iluminación
- Posición en el estante
- Humedad localizada

3.7.10. Incubación

Durante la incubación, las unidades experimentales permanecieron en condiciones de baja luminosidad para favorecer la colonización micelial.

Los parámetros monitoreados fueron:

Tabla 15

Parámetros y condiciones registradas durante la fase de incubación micelial

Parámetro	Condición registrada
Temperatura	16 a 28 °C
Humedad relativa	60% a 80%
Iluminación	Oscuridad o baja luminosidad
Ventilación	Renovación moderada de aire
Duración	Aproximadamente 15 a 26 días

Nota. Elaboración propia.

La temperatura y la humedad relativa fueron medidas mediante termohigrómetro digital.

Las bolsas fueron observadas periódicamente para detectar:

- Colonización irregular
- Presencia de manchas
- Olores anormales
- Exceso de humedad
- Desarrollo de microorganismos contaminantes

3.7.11. Fructificación

Una vez que el sustrato estuvo completamente colonizado, las bolsas fueron trasladadas a la zona de fructificación. Se realizaron cortes longitudinales de aproximadamente 3 cm en la superficie de las bolsas para facilitar la aparición de los cuerpos fructíferos.

Durante esta fase se procuraron las siguientes condiciones:

Tabla 16

Parámetros ambientales y condiciones registradas durante la fase de fructificación

Parámetro	Condición registrada
Temperatura	18 a 25 °C
Humedad relativa	85% a 95%
Iluminación	Luz difusa
Ventilación	Renovación frecuente del aire
Humidificación	Aspersión manual

La humidificación se realizó mediante aspersión manual, evitando dirigir el agua de manera intensa sobre los primordios y cuerpos fructíferos. La ventilación se efectuó mediante una abertura acondicionada en la ventana. Los parámetros de humedad y temperatura fueron controlados con el higrómetro.

3.7.12. Cosecha

La cosecha se realizó cuando los cuerpos fructíferos alcanzaron condiciones de madurez comercial, identificadas por:

- Sombrero desarrollado
- Margen todavía ligeramente incurvado
- Textura firme
- Láminas íntegras
- Ausencia de deterioro o sobre maduración

Los racimos fueron retirados manualmente mediante un movimiento de torsión suave, procurando no dañar el sustrato y permitir posteriores fructificaciones.

En cada unidad experimental se realizaron tres cosechas. Después de cada recolección se registraron:

- Fecha de cosecha
- Número de cuerpos fructíferos
- Número de sombreros
- Diámetro del sombrero
- Peso (gr)

Tabla 17

*Etapas del proceso productivo del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*).*

Etapas del cultivo	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Inoculación	1	1	1	1	1	1	1	1
Incubación (colonización completa)	18	20	15	21	23	22	21	22
Aparición de primordios	4	5	3	6	5	4	7	4
1. ^a cosecha	6	7	6	6	7	7	7	8
2. ^a cosecha	7	8	7	8	8	7	8	9
3. ^a cosecha	8	9	7	8	8	9	8	7
Duración total del ciclo	44	48	39	50	52	50	52	51

Nota. La incubación de los ocho tratamientos se inició el 15 de diciembre de 2025. La colonización completa del sustrato se alcanzó entre el 30 de diciembre de 2025

y el 7 de enero de 2026, de acuerdo con el tratamiento evaluado. El ciclo productivo concluyó entre el 22 de enero y el 6 de febrero de 2026, según la duración de cada tratamiento.

3.7.13. Medición de las variables productivas

Las variables productivas fueron medidas de manera individual en cada una de las 24 unidades experimentales, identificadas según el tratamiento y el número de repetición correspondiente. Los registros se realizaron por separado durante la primera, segunda y tercera cosecha, con la finalidad de evaluar el comportamiento productivo de las ocho formulaciones de sustrato.

El peso fresco de los cuerpos fructíferos se determinó inmediatamente después de cada cosecha mediante una balanza digital y se expresó en gramos. El pesaje se efectuó por unidad experimental, evitando mezclar la producción obtenida entre tratamientos o repeticiones.

El diámetro del sombrero se midió con un vernier y se expresó en centímetros. En cada unidad experimental y cosecha se seleccionaron cuatro sombreros, a los cuales se les registró el ancho y el largo. Posteriormente, el diámetro representativo de cada sombrero se obtuvo mediante el promedio de ambas mediciones:

$$D_k = \frac{L_k + A_k}{2}$$

Donde:

- D_k : diámetro representativo del sombrero k .
- L_k : largo del sombrero k .
- A_k : ancho del sombrero k .

El número de sombreros se determinó mediante el conteo directo de todos los sombreros desarrollados en cada unidad experimental y cosecha. Asimismo, el número de cuerpos fructíferos se registró mediante el conteo de los racimos o estructuras fructíferas obtenidas, siempre que este criterio hubiera sido aplicado de manera diferenciada durante el experimento.

El número de cosechas correspondió a la cantidad de recolecciones efectuadas en cada unidad experimental durante el periodo productivo. En el estudio se programaron y registraron hasta tres cosechas sucesivas, de acuerdo con el comportamiento de cada tratamiento.

Para determinar el rendimiento, los hongos cosechados de cada bolsa fueron pesados individualmente utilizando una balanza analítica de precisión, registrándose el peso fresco expresado en gramos (g). La evaluación se realizó en cada una de las tres cosechas efectuadas durante el ciclo productivo, considerando la producción obtenida por bolsa y tratamiento.

Finalmente, los datos fueron organizados por tratamiento, repetición y cosecha.

3.7.14. Registro de costos y evaluación económica

Durante el desarrollo del proceso productivo se registraron los recursos requeridos para cada tratamiento, con la finalidad de estimar los costos de producción y evaluar su comportamiento económico a una escala productiva de 500 bolsas de cultivo. Para ello, los costos fueron clasificados según su relación con el proceso productivo en costos directos e indirectos y, según su comportamiento económico, en costos fijos y variables. Los costos directos estuvieron conformados por aquellos recursos que pudieron asignarse específicamente a cada tratamiento, considerando la cantidad de insumos necesarios para la producción proyectada de 500 bolsas, tales como los sustratos orgánicos, residuos de cartón y papel, micelio, bolsas de polipropileno, materiales de desinfección, mano de obra operativa y materiales de empaque. Estos costos variaron de acuerdo con la formulación del sustrato y los requerimientos particulares de cada tratamiento.

Los costos indirectos correspondieron a aquellos recursos utilizados de manera común durante el proceso productivo, cuya asignación no estuvo vinculada directamente con un tratamiento específico, tales como el acondicionamiento del área de producción, consumo de agua, energía eléctrica, alquiler o uso del ambiente, y depreciación o asignación proporcional de equipos y materiales reutilizables.

- Costo directo
- Costo indirecto asignado
- Costo total de producción
- Costo unitario por kilogramo producido
- Ingreso total
- Beneficio neto

- Rentabilidad
- Relación beneficio-coste

3.7.15. Proyección para la evaluación económica

La producción obtenida experimentalmente se proyectó a una escala de 500 bolsas con la finalidad de estimar el comportamiento productivo y económico de cada tratamiento a una escala comercial. Para ello, se consideró el rendimiento acumulado de las tres repeticiones de cada tratamiento. Primero, se calculó el rendimiento promedio por bolsa mediante la suma de los rendimientos de las tres repeticiones y su posterior división entre tres. Debido a que los resultados experimentales fueron registrados en gramos, el rendimiento promedio se multiplicó por 500 bolsas y posteriormente se convirtió a kilogramos dividiendo entre 1000.

Tabla 18

Proyección de la producción a 500 bolsas de sustrato

Tratamiento	R1 (g)	R2 (g)	R3 (g)	P. (g/bolsa)	P. 500 (g)	500 bolsas (kg)
T1	606.56	620.66	641.29	622.84	311,420	311.42
T2	297.58	257.78	262.38	272.58	136,290	136.29
T3	334.52	264.59	301.83	300.31	150,155	150.16
T4	645.78	703.49	535.08	628.12	314,060	314.06
T5	216.03	159.02	224.18	199.74	99,870	99.87
T6	441.44	350.87	482.49	424.93	212,465	212.47
T7	570.06	303.06	496.96	456.69	228,345	228.35
T8	696.36	731.55	756.36	728.09	364,045	364.05

Nota. Proyección calculada a partir del rendimiento promedio de cada tratamiento para 500 bolsas.

3.7.16. Organización y procesamiento de los datos

Los datos productivos fueron transferidos de las fichas de registro a una base de datos electrónica. Antes del análisis se revisaron:

- Identificación de tratamientos y repeticiones
- Unidades de medida
- Registros incompletos
- Posibles errores de transcripción

- Valores extremos
- Correspondencia entre fichas, cuaderno de campo y base digital

El procesamiento estadístico se realizó en SPSS. Se aplicaron estadísticos descriptivos y las pruebas inferenciales establecidas en la ruta estadística de la investigación.

3.8. Análisis de datos

Los datos obtenidos de las 24 unidades experimentales fueron organizados en una base de datos en Microsoft Excel según el tratamiento, la repetición y la cosecha correspondiente. Posteriormente, la información fue procesada en el software IBM SPSS Statistics para el análisis de las variables productivas, mientras que la evaluación económica se realizó en Microsoft Excel, considerando una escala de 500 bolsas. Previamente, se verificó el cumplimiento de los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk y de homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene; cuando los datos cumplieron dichos supuestos, se aplicó el análisis de varianza; cuando no se cumplió la homogeneidad de varianzas, se utilizó la prueba de Welch con comparaciones múltiples de Games-Howell; y cuando los datos no presentaron distribución normal, se empleó la prueba de Kruskal-Wallis con comparaciones múltiples de Dunn con ajuste de Bonferroni. El análisis estadístico se realizó con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ para determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Análisis descriptivo del sombrero del champiñón ostra

Los resultados descriptivos del diámetro de los sombreros se expresaron mediante medianas y rangos de dispersión absoluta para cada periodo de evaluación (Tabla 19).

Tabla 19

Análisis descriptivo del diámetro de sombrero (cm) de pleurotus ostreatus según cosecha.

Periodo evaluado	Tratamientos	N	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango
1° Cosecha	T1	3	12,08	10,02	13,68	3,66
	T2	3	6,35	4,64	7,16	2,52
	T3	3	5,98	5,93	6,01	0,08
	T4	3	8,66	8,55	8,68	0,13
	T5	3	8,79	8,70	9,00	0,30
	T6	3	8,53	8,03	8,61	0,58
	T7	3	8,25	8,18	9,50	1,32
	T8	3	10,23	10,06	10,50	0,44
2° Cosecha	T1	3	7,08	7,03	7,69	0,66
	T2	3	6,23	3,60	6,25	2,65
	T3	3	4,20	3,93	4,48	0,55
	T4	3	6,18	5,48	6,43	0,95
	T5	3	5,83	4,08	6,08	2,00
	T6	3	6,08	5,88	6,08	0,20
	T7	3	5,73	5,53	5,93	0,40
	T8	3	7,30	7,20	7,53	0,33
3° Cosecha	T1	3	7,38	6,85	8,68	1,83
	T2	3	6,25	6,20	6,38	0,18
	T3	3	5,58	5,20	6,10	0,90
	T4	3	7,48	7,13	7,48	0,35
	T5	3	5,88	4,95	6,00	1,05
	T6	3	7,27	6,94	7,57	0,63
	T7	3	5,73	5,53	5,93	0,40
	T8	3	7,30	7,20	7,53	0,33

Nota. N = tamaño de la muestra por tratamiento.

La tabla 19 presenta el análisis descriptivo del diámetro del sombrero de *Pleurotus ostreatus* durante las tres cosechas evaluadas. En la primera cosecha, el tratamiento T1 (cartón) registró la mayor mediana (12,08 cm), seguido por el tratamiento T8 (cascarilla de coco + cartón), con (10,23 cm). En contraste, el tratamiento T3 (papel) presentó la menor mediana (5,98 cm). En la segunda cosecha, el tratamiento T8 alcanzó la mayor mediana (7,30 cm), seguido por T1 (7,08 cm), mientras que el tratamiento T3 registró nuevamente el menor diámetro del sombrero (4,20 cm). En la tercera cosecha, el tratamiento T4 (bagazo de caña + papel) presentó la mayor mediana (7,48 cm), seguido de T1 (7,38 cm). Por el contrario, el tratamiento T3 volvió a registrar la menor mediana (5,58 cm).

Los tratamientos que incluyeron cascarilla de coco en combinación con cartón o papel registraron los mayores diámetros del sombrero durante las primeras

cosechas, mientras que el tratamiento compuesto únicamente por papel presentó los menores valores de forma consistente. En general, el diámetro del sombrero fue mayor durante la primera cosecha, disminuyó en la segunda y presentó una ligera recuperación en la tercera.

4.1.2. Análisis inferencial mediante la prueba de Kruskal-Wallis

Los datos del diámetro de sombreros no presentaron una distribución normal y manifestaron varianzas desiguales tras la evaluación de supuestos. Por lo tanto, se descartó el ANOVA tradicional y se procedió a realizar la prueba de Kruskal-Wallis de forma segmentada por periodo para evaluar la hipótesis:

- **Hipótesis Nula (H_0):** La aplicación de los sustratos lignocelulósicos no influye en el diámetro de los sombreros de *Pleurotus ostreatus*.
- **Hipótesis Alterna (H_1):** La aplicación de los sustratos lignocelulósicos influye en el diámetro de los sombreros de *Pleurotus ostreatus*.

Tabla 20

Prueba de Kruskal-Wallis para el diámetro de sombreros de las tres cosechas

Periodo evaluado	gl	Sig. asintótica	Decisión estadística
1° Cosecha	7	,004	Rechazar la hipótesis nula.
2° Cosecha	7	,021	Rechazar la hipótesis nula.
3° Cosecha	7	,004	Rechazar la hipótesis nula.

Nota. gl = grados de libertad. El nivel de significancia establecido para la prueba es de $\alpha = 0.05$.

La tabla 20 presenta los resultados de la prueba no paramétricas de Kruskal-Wallis para el diámetro del sombrero de *Pleurotus ostreatus*. Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en la primera el ($p = 0,004$), segunda ($p = 0,021$) y tercera ($p = 0,004$), debido a que los valores de significancia fueron inferiores al nivel de significancia de ($\alpha = 0,05$). Por lo que, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la alterna, evidenciando que la aplicación de los diferentes

sustratos lignocelulósicos influyó significativamente en el diámetro del sombrero de *Pleurotus ostreatus*.

Estos resultados indican la existencia de diferencias entre los tratamientos, por lo que fue necesario realizar una prueba de comparaciones múltiples para identificar cuáles de ellos presentaron diferencias significativas.

4.1.2.1. Comparaciones múltiples de la prueba de Dunn

Tras el rechazo de la hipótesis nula global, se ejecutaron las comparaciones múltiples por parejas mediante la Prueba de Dunn con ajuste de Bonferroni para identificar las diferencias específicas entre tratamientos (Tabla 21)

Tabla 21

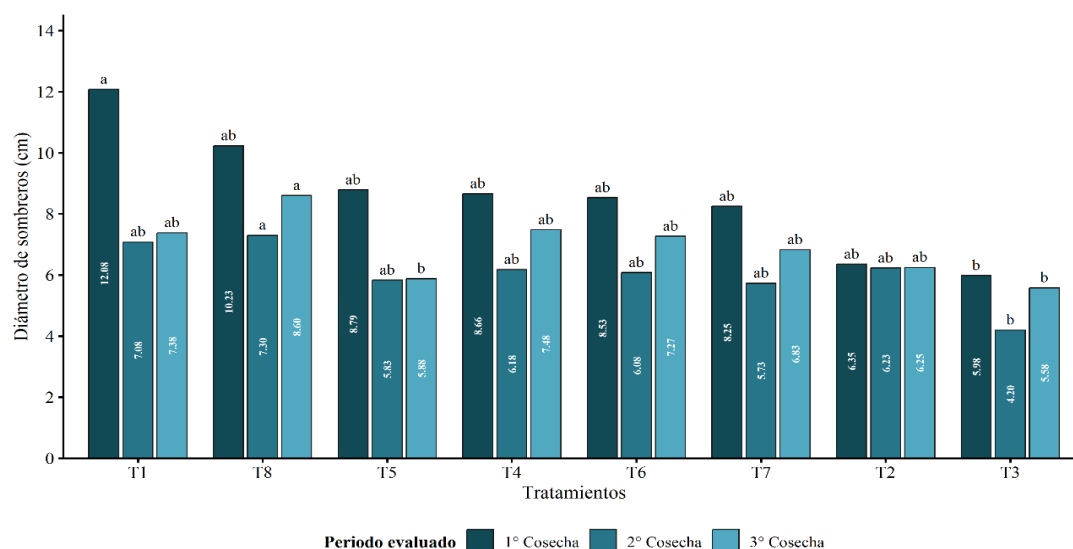
Prueba de comparaciones múltiples de Dunn para el diámetro de sombrero de las tres cosechas

Periodo evaluado	Tratamiento	Mediana (cm)	Grupo estadístico
1° Cosecha	T1	12,08	a
	T8	10,23	ab
	T5	8,79	ab
	T4	8,66	ab
	T7	8,25	ab
	T6	8,53	ab
	T2	6,35	ab
	T3	5,98	b
2° Cosecha	T8	7,30	a
	T1	7,08	ab
	T2	6,23	ab
	T4	6,18	ab
	T6	6,08	ab
	T5	5,83	ab
	T7	5,73	ab
	T3	4,20	b
3° Cosecha	T8	8,60	a
	T4	7,48	ab
	T1	7,38	ab
	T6	7,27	ab
	T7	6,83	ab
	T2	6,25	ab
	T5	5,88	b
	T3	5,58	b

Nota. Medianas que no comparten la misma letra presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Figura 5

Comparaciones múltiples para el diámetro de sombreros de las tres cosechas



indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos dentro de cada periodo según la prueba de Dunn ($p < .05$).

La tabla 21 y la figura 5 se muestra que la primera cosecha el T1 mostró la mayor mediana de 12,08 cm, ubicándose en el grupo estadístico “a” y T8 con un diámetro de 10,23 mientras que el T3 registró la menor mediana de 5,98 cm, perteneciendo al grupo “b”, evidenciando diferencia significativa entre ambos tratamientos. En la segunda cosecha, T8 alcanzó la mayor mediana de 7,30 cm, diferenciándose significativamente del T3, que presentó la menor mediana 4,20 cm. En la tercera cosecha, T8 obtuvo la mayor mediana de 8,60 cm, mientras que T5 de 5,88 cm y T3 de 5,58 representaron los menores diámetros y el T3 registrándose consistentemente con el diámetro más bajo.

4.1.3. Análisis descriptivo número de cuerpos fructíferos del champiñón ostra.

Los resultados descriptivos del número de cuerpos fructíferos se expresaron mediante medianas y rangos de dispersión debido a la naturaleza de los datos (Tabla 22).

Tabla 22*Análisis descriptivo del número de cuerpos fructíferos de las tres cosechas*

Periodo evaluado	Tratamientos	N	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango
1° Cosecha	T1	3	3,00	3,00	4,00	1,00
	T2	3	2,00	1,00	2,00	1,00
	T3	3	1,00	1,00	3,00	2,00
	T4	3	2,00	1,00	2,00	1,00
	T5	3	1,00	1,00	2,00	1,00
	T6	3	3,00	2,00	3,00	1,00
	T7	3	3,00	2,00	4,00	2,00
	T8	3	3,00	1,00	3,00	2,00
2° Cosecha	T1	3	2,00	2,00	3,00	1,00
	T2	3	2,00	1,00	2,00	1,00
	T3	3	2,00	1,00	3,00	2,00
	T4	3	2,00	1,00	3,00	2,00
	T5	3	1,00	1,00	2,00	1,00
	T6	3	2,00	1,00	2,00	1,00
	T7	3	1,00	1,00	3,00	2,00
	T8	3	2,00	1,00	2,00	1,00
3° Cosecha	T1	3	2,00	1,00	2,00	1,00
	T2	3	1,00	1,00	2,00	1,00
	T3	3	1,00	1,00	2,00	1,00
	T4	3	2,00	1,00	3,00	2,00
	T5	3	1,00	1,00	2,00	1,00
	T6	3	2,00	1,00	2,00	1,00
	T7	3	1,00	1,00	2,00	1,00
	T8	3	1,00	1,00	2,00	1,00

Nota. N = tamaño de la muestra por tratamiento.

La tabla 22 presenta el análisis descriptivo del número de cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* durante las tres cosechas evaluadas. en la primera cosecha, los tratamientos T1 (cartón), T6 (Bagazo de caña + cartón), T7 (cascarilla de coco + papel) y T8 (cascarilla de coco + cartón) registraron la mayor mediana de 3,00 cuerpos fructíferos, mientras que T3 (papel) y T5 (sustrato de bagazo de caña + papel) presentaron la menor de 1.00 cuerpo fructífero. En la segunda cosecha, la mayoría de los tratamientos alcanzó una mediana de 2,00 cuerpos fructíferos, con excepción de T5 y T7, que registraron una mediana de 1,00. En la tercera cosecha, T1, T4 y T6 presentaron la mayor mediana de 2,00, mientras que los demás tratamientos registraron una mediana de 1,00.

El número de cuerpos fructíferos fue mayor en la primera cosecha y mostró una disminución progresiva en la segunda y tercera cosecha, observándose un comportamiento más favorable en los tratamientos que incluyeron cascarilla de coco con cartón.

4.1.4. Análisis inferencial mediante la prueba de Kruskal-Wallis

Los datos del número de cuerpos fructíferos no presentaron una distribución normal, pero manifestaron varianzas iguales tras la evaluación de supuestos. Por lo tanto, se descartó el ANOVA tradicional y se procedió a realizar la prueba de Kruskal-Wallis de forma segmentada por periodo para evaluar la hipótesis:

- **Hipótesis Nula (H_0):** La aplicación de los sustratos lignocelulósicos no influye en el número de cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus*.
- **Hipótesis Alterna (H_1):** La aplicación de los sustratos lignocelulósicos influye en el número de cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus*.

Al ejecutar la prueba inferencial, se obtuvieron los resultados globales de significancia para verificar el impacto de los tratamientos.

Tabla 23

Prueba de Kruskal-Wallis para el número de cuerpos fructíferos de las tres cosechas

Periodo evaluado	gl	Sig. asintótica	Decisión estadística
1° Cosecha	7	,107	Aceptar la hipótesis nula.
2° Cosecha	7	,810	Aceptar la hipótesis nula.
3° Cosecha	7	,879	Aceptar la hipótesis nula.

Nota. gl = grados de libertad. El nivel de significancia establecido para la prueba es de $\alpha = .05$.

La tabla 23 evidencia que en la primera ($p = 0,107$), segunda ($p = 0,810$) y tercera cosecha ($p = 0,879$), los valores de significancia fueron superiores al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$). Por lo que, se aceptó la hipótesis nula, evidenciando que la aplicación de los tratamientos lignocelulósicos no influyó significativamente en el número de cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* durante el periodo evaluado.

4.1.5. Análisis descriptivo número de sombreros del champiñón ostra.

Los resultados descriptivos del número de sombreros por tratamiento se expresaron mediante medianas y rangos de dispersión absoluta para cada periodo de evaluación (Tabla 24).

Tabla 24

Análisis descriptivo del número de sombreros de las tres cosechas

Periodo evaluado	Tratamientos	N	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango
1° Cosecha	T1	3	23,00	21,00	27,00	6,00
	T2	3	10,00	6,00	11,00	5,00
	T3	3	4,00	4,00	7,00	4,00
	T4	3	8,00	4,00	23,00	19,00
	T5	3	6,00	4,00	8,00	4,00
	T6	3	15,00	10,00	20,00	10,00
	T7	3	13,00	10,00	21,00	11,00
	T8	3	28,00	23,00	29,00	6,00
2° Cosecha	T1	3	18,00	16,00	30,00	14,00
	T2	3	9,00	8,00	15,00	7,00
	T3	3	6,00	6,00	12,00	6,00
	T4	3	18,00	18,00	20,00	2,00
	T5	3	4,00	4,00	5,00	2,00
	T6	3	13,00	6,00	18,00	12,00
	T7	3	8,00	6,00	19,00	13,00
	T8	3	20,00	12,00	27,00	15,00
3° Cosecha	T1	3	18,00	15,00	24,00	9,00
	T2	3	7,00	4,00	9,00	7,00
	T3	3	5,00	5,00	7,00	2,00
	T4	3	15,00	10,00	16,00	6,00
	T5	3	4,00	4,00	5,00	1,00
	T6	3	5,00	5,00	6,00	3,00
	T7	3	4,00	4,00	5,00	1,00
	T8	3	9,00	9,00	25,00	16,00

Nota. N = tamaño de la muestra por tratamiento.

La tabla 24 presenta el análisis descriptivo del número de sombreros de *Pleurotus ostreatus* durante las tres cosechas evaluadas. En la primera cosecha, el tratamiento T8 (cascarilla de coco + cartón) registró la mayor mediana con 28 sombreros, seguido del tratamiento T1 (cartón) con 23 sombreros; en contraste, el tratamiento T3 (papel) presentó la menor mediana, con 4 sombreros. En la segunda cosecha, el tratamiento T8 alcanzó nuevamente la mayor mediana con 20 sombreros, seguido de los tratamientos T1 y T4, ambos con 18 sombreros, mientras que el tratamiento

T5 (cascarilla de coco) registró la menor mediana, con 4 sombreros. En la tercera cosecha, el tratamiento T1 presentó la mayor mediana con 18 sombreros, seguido de T4 con 15 sombreros, mientras que los tratamientos T5 y T7 registraron las menores medianas, con 4 sombreros.

En general los tratamientos T1 y T8 destacaron por registrar el mayor número de sombreros durante las tres cosechas. Asimismo, se observó una disminución de esta variable conforme avanzó el ciclo productivo, lo que sugiere una reducción gradual del potencial productivo del sustrato durante las cosechas sucesivas.

4.1.6. Análisis inferencial mediante la prueba de Kruskal-Wallis

Los datos del número de sombreros no cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Por lo tanto, se descartó el ANOVA tradicional y se procedió a realizar la prueba de Kruskal-Wallis de forma segmentada por periodo para evaluar la hipótesis:

- **Hipótesis Nula (H_0):** La aplicación de los sustratos lignocelulósicos no influye en el número de sombreros de *Pleurotus ostreatus*.
- **Hipótesis Alterna (H_1):** La aplicación de los sustratos lignocelulósicos influye en el número de sombreros de *Pleurotus ostreatus*.

Al ejecutar la prueba inferencial, se obtuvieron los resultados globales de significancia para verificar el impacto de los tratamientos (Tabla 25).

Tabla 25

Prueba de Kruskal-Wallis para el número de sombreros de las tres cosechas

Periodo evaluado	gl	Sig. asintótica	Decisión estadística
1° Cosecha	7	,014	Rechazar la hipótesis nula.
2° Cosecha	7	,029	Rechazar la hipótesis nula.
3° Cosecha	7	,015	Rechazar la hipótesis nula.

Nota. gl = grados de libertad. El nivel de significancia establecido para la prueba es de $\alpha = .05$.

Los resultados de la tabla 25 de la prueba global de Kruskal-Wallis revelaron diferencias estadísticas significativas en la cantidad de sombreros producidos según

el tipo de sustrato lignocelulósico utilizado, tanto para la primera cosecha ($p = 0.014$), la segunda cosecha ($p = 0.029$) como para la tercera cosecha ($p = 0.015$). Por lo tanto, en los tres periodos se rechazó la hipótesis nula, confirmando que la formulación de los sustratos ejerce un efecto determinante sobre esta variable cuantitativa.

4.1.6.1. Comparaciones múltiples de la prueba de Dunn del número de sombreros del champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*).

Tras el rechazo de la hipótesis nula global, se ejecutaron las comparaciones múltiples por parejas mediante la Prueba de Dunn con ajuste de Bonferroni para identificar las diferencias específicas entre tratamientos (Tabla 26).

Tabla 26

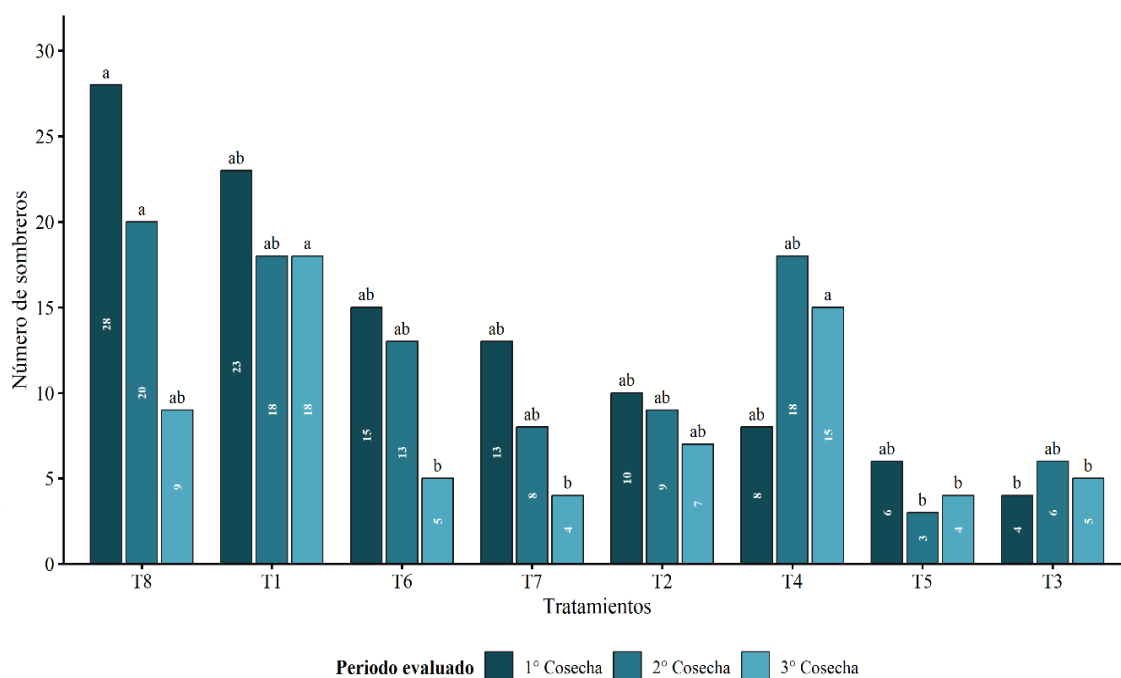
Prueba de comparaciones múltiples de Dunn para el número de sombreros de Pleurotus ostreatus de las tres cosechas

Periodo evaluado	Tratamiento	Mediana	Grupo estadístico
1° Cosecha	T8	28,00	a
	T1	23,00	ab
	T6	15,00	ab
	T7	13,00	ab
	T2	10,00	ab
	T4	8,00	ab
	T5	6,00	ab
	T3	4,00	b
2° Cosecha	T8	20,00	a
	T1	18,00	ab
	T4	18,00	ab
	T6	13,00	ab
	T2	9,00	ab
	T7	8,00	ab
	T3	6,00	ab
	T5	3,00	b
3° Cosecha	T1	18,00	a
	T4	15,00	a
	T8	9,00	ab
	T2	7,00	ab
	T3	5,00	b
	T6	5,00	b
	T5	4,00	b
	T7	4,00	b

Nota. Medianas que no comparten la misma letra presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Figura 6

Comparaciones múltiples para el número de sombreros de las tres cosechas



La tabla 26 y la figura 6 presenta, en la primera cosecha, el T8 presentó la mayor mediana de 28 sombreros perteneciendo al grupo estadístico “a”, diferenciándose significativamente del T3, que registró la menor mediana 4 sombreros perteneciendo al grupo “b”. En la segunda cosecha, T8 alcanzó nuevamente la mayor mediana de 20 sombreros, mostrando diferencias significativas con T5 la cual tuvo la menor mediana de 3. En la tercera cosecha, los tratamientos de T1 y T4 registraron las mayores medianas 18 y 15 respectivamente, diferenciándose significativamente de T3, T6, T5 y T7 integrando el grupo “b”, que conformaron el grupo con los menores valores. Los tratamientos T1, T4 Y T8 destacaron por presentar el mayor número de sombreros durante las cosechas evaluadas.

4.1.7. Análisis descriptivo del rendimiento en gramos del champiñón ostra.

Los resultados descriptivos del rendimiento por bolsa se expresaron mediante medias y desviaciones estándar debido a la naturaleza paramétrica de la distribución de los datos (Tabla 27).

Tabla 27*Análisis descriptivo del rendimiento por bolsa (g) por cosecha y tratamiento*

Periodo evaluado	Tratamiento	M	D.E	Mínimo	Máximo
1° Cosecha	T1	180,61	20,56	161,04	202,03
	T2	72,97	21,42	51,10	93,90
	T3	78,36	24,13	50,74	95,33
	T4	186,11	12,09	178,00	200,00
	T5	56,21	21,54	31,92	72,96
	T6	129,25	42,76	88,95	174,10
	T7	144,73	55,17	84,20	192,20
	T8	210,32	38,30	180,81	253,61
2° Cosecha	T1	149,58	10,04	141,46	160,80
	T2	62,33	8,99	52,90	70,80
	T3	83,94	1,08	82,88	85,04
	T4	146,72	55,29	85,40	192,76
	T5	44,81	12,53	30,36	52,52
	T6	80,45	33,24	48,80	115,07
	T7	134,87	115,07	27,00	256,00
	T8	159,40	11,68	146,88	170,00
3° Cosecha	T1	165,21	60,67	121,93	234,56
	T2	65,43	10,79	53,10	73,10
	T3	70,72	12,60	60,65	84,85
	T4	121,09	35,17	80,79	145,60
	T5	35,21	8,89	25,20	42,20
	T6	29,27	7,92	22,95	38,15
	T7	34,40	12,84	20,60	46,00
	T8	115,85	29,85	87,33	146,88

Nota. Los valores corresponden al rendimiento expresado en gramos (g). M = Media; DE = Desviación estándar.

La tabla 27 presenta el análisis descriptivo por bolsa en el que el T8 (cascarilla de coco + cartón) registró el mayor rendimiento promedio 210,32 gr, seguido de T4 (cascarilla de coco) con 186,11 gr y T1 (cartón) con 180,61 gr, mientras que T5 (Bagazo de caña + papel) presentó el menor rendimiento de 56,21 gr. En la segunda cosecha, T8 mantuvo el mayor rendimiento promedio de 159,40gr, segundo de T1 149,58 gr y T4 de 146,72 gr, en tanto que T5 registró el menor valor de 44,81 gr. En la tercera cosecha alcanzó T1 alcanzó el mayor rendimiento promedio 165,21 gr, seguido de T4 de 121,09 gr y T8 115,85 gr, mientras que T6 (Bagazo de caña + cartón) presentó el menor rendimiento de 29,27 gr. Los tratamientos T1, T4 y T8 alcanzaron el mayor rendimiento durante las tres cosechas evaluadas observándose una disminución de rendimiento en la tercera cosecha.

4.1.8. Análisis inferencial mediante la prueba de prueba global de Welch

Los datos del rendimiento por bolsa (g) siguieron una distribución normal, pero presentaron varianzas heterogéneas tras la evaluación de supuestos. Por lo tanto, se descartó el ANOVA tradicional y se procedió a realizar la prueba robusta de Welch de forma segmentada por periodo para evaluar la hipótesis:

- **Hipótesis Nula (H_0):** La aplicación de los sustratos lignocelulósicos no influye en el rendimiento acumulado por bolsa de *Pleurotus ostreatus*.
- **Hipótesis Alterna (H_1):** La aplicación de los sustratos lignocelulósicos influye en el rendimiento acumulado por bolsa de *Pleurotus ostreatus*.

Al ejecutar la prueba inferencial, se obtuvieron las significancias globales robustas para verificar el impacto de los tratamientos (Tabla 28).

Tabla 28

Prueba robusta de Welch para el rendimiento por bolsa de las tres cosechas

Periodo evaluado	Estadístico (Welch)	gl1	gl2	Sig.	Decisión estadística
1° Cosecha	14,344	7	6,739	,001	Rechazar la hipótesis nula.
2° Cosecha	26,091	7	6,071	,000	Rechazar la hipótesis nula.
3° Cosecha	7,468	7	6,762	,009	Rechazar la hipótesis nula.

Nota. W = Estadístico de Welch; gl1 = grados de libertad del factor; gl2 = grados de libertad del error. El nivel de significancia es $\alpha = .05$.

La tabla 28 evidencia que en la primera ($p = 0,001$), segunda ($p < 0,001$) y tercera cosecha ($p = 0,009$), los valores de significancia fueron inferiores al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$). En consecuencia, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna, evidenciando que los diferentes sustratos lignocelulósicos influyeron significativamente en el rendimiento por bolsa de *Pleurotus ostreatus* durante las tres cosechas evaluadas.

4.1.8.1. Comparaciones múltiples de la prueba de Games-Howell del rendimiento (g) del champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*).

Tras el rechazo de la hipótesis nula global, se ejecutaron las comparaciones múltiples por parejas mediante la prueba post-hoc de Games-Howell para identificar las diferencias específicas entre tratamientos (Tabla 29).

Tabla 29

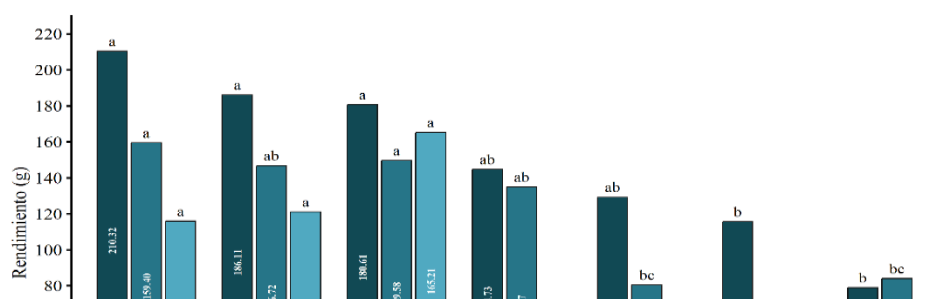
Prueba de Games-Howell para el rendimiento por bolsa (g) por cosecha y tratamiento

Periodo evaluado	Tratamiento	Media (g)	Grupo estadístico
1° Cosecha	T8	210,32	a
	T4	186,11	a
	T1	180,61	a
	T7	144,73	ab
	T6	129,25	ab
	T3	78,97	b
	T2	72,97	b
	T5	56,21	b
2° Cosecha	T8	159,40	a
	T1	149,58	a
	T4	146,72	ab
	T7	134,87	ab
	T3	83,94	bc
	T6	80,45	bc
	T2	62,33	c
	T5	44,81	c
3° Cosecha	T1	165,21	a
	T4	121,09	a
	T8	115,85	a
	T3	70,72	a
	T2	65,43	a
	T5	35,21	a
	T7	34,40	a
	T6	29,27	a

Nota. Los valores corresponden al rendimiento medio expresado en gramos (g). M = Media. Letras distintas en la columna de grupo estadístico indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Games-Howell ($p < .05$).

Figura 7

Comparaciones para el rendimiento por bolsa (g) por cosecha y tratamiento



Nota. El símbolo (g) corresponde a gramos. Letras distintas sobre las barras indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos dentro de cada periodo según la prueba de Games-Howell ($p < .05$).

La tabla 29 y la figura 7 muestra que, en la primera cosecha, T8 (210,32 g), T4 (186,11 g) y T1 (180,61 g) conformaron el grupo estadístico “a”, registrando los mayores rendimientos promedio y diferenciándose de T2, T3 y T5, que integraron el grupo “b”. En la segunda cosecha, T8 y T1 mantuvieron los mayores rendimientos, mientras que T2 y T5 presentaron los valores más bajos. En la tercera cosecha, todos los tratamientos compartieron el grupo estadístico “a”, lo que indica que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos, a pesar de las diferencias observadas en sus medias. Estos resultados sugieren que el efecto de los sustratos sobre el rendimiento fue más evidente en las dos primeras cosechas y tendió a disminuir en la tercera.

4.1.9. Evaluación de los costos de producción del champiñón ostra

Para la evaluación económica se consideró una escala de producción proyectada de 500 bolsas por tratamiento. Esta cantidad fue establecida como una unidad de referencia para estimar la viabilidad económica del cultivo de *Pleurotus ostreatus* bajo un escenario productivo. La proyección se realizó considerando el rendimiento promedio obtenido por bolsa durante la fase experimental, permitiendo determinar los costos de producción, costos de operación, ingresos, utilidad neta, relación beneficio/costo y rentabilidad de cada tratamiento. Los requerimientos de materia prima, insumos, mano de obra y demás recursos fueron ajustados proporcionalmente a la escala proyectada de producción. El precio de venta del producto se estableció considerando el valor comercial del champiñón ostra fresco

en el mercado, fijándose un precio de S/ 25,00 por kilogramo. A partir de este valor y de la producción estimada para cada tratamiento, se calcularon los ingresos, utilidad neta, relación beneficio/costo y rentabilidad. Asimismo, se determinó el punto de equilibrio como indicador económico para conocer el volumen mínimo de producción necesario para cubrir los costos generados durante el proceso productivo.

4.1.9.1. Evaluación comparativa de costo de producción de las setas en diferentes sustratos orgánicos.

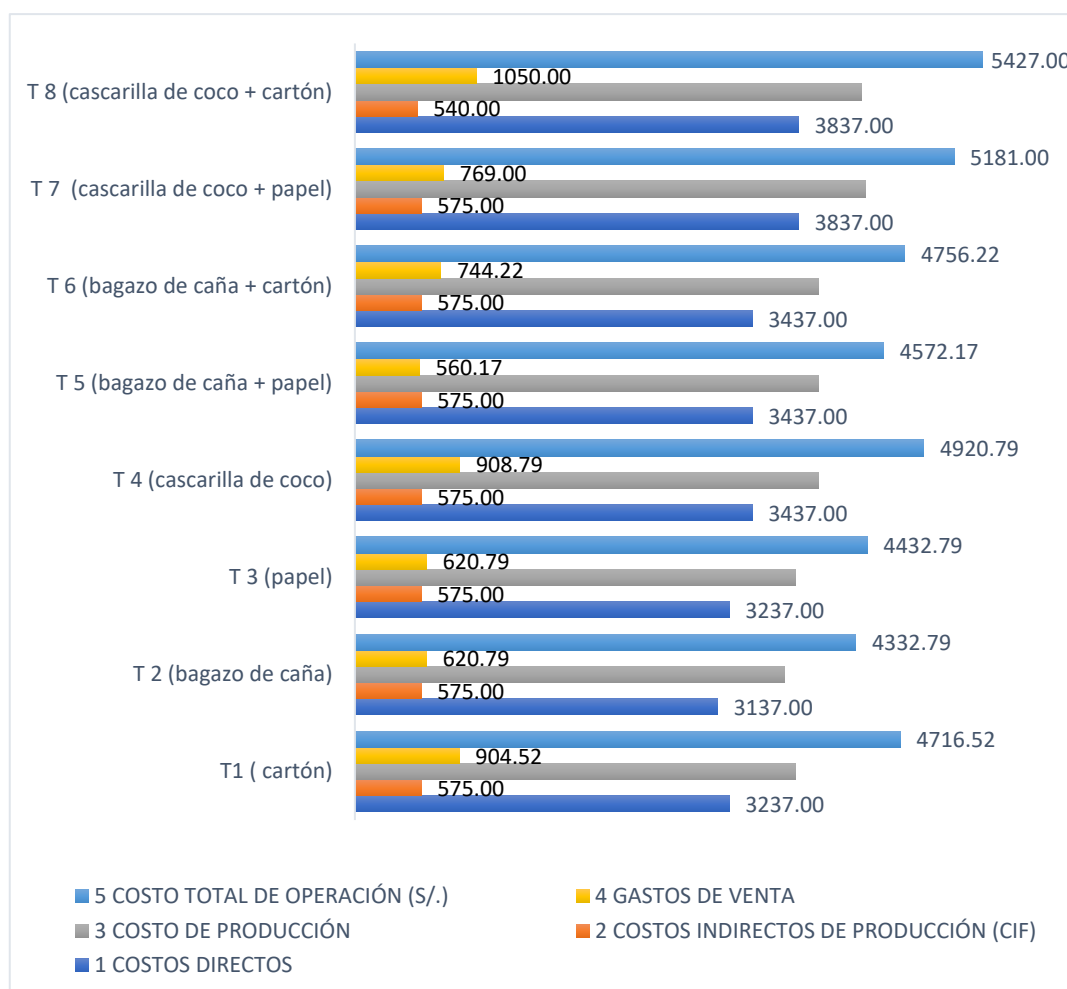
Tabla 30

Costos de producción y operación (s/.) de champiñones, cultivados en ocho tratamientos

COSOTOS DE PRODUCCIÓN	T1 (cartón)	T 2 (bagazo de caña)	T 3 (papel)	T 4 (cascarilla de coco)	T 5 (bagazo de caña + papel)	T 6 (bagazo de caña + cartón)	T 7 (cascarilla de coco + papel)	T 8 (cascarilla de coco + cartón)
1 COSTOS DIRECTOS	3237.00	3137.00	3237.00	3437.00	3437.00	3437.00	3837.00	3837.00
2 COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCIÓN (CIF)	575.00	575.00	575.00	575.00	575.00	575.00	575.00	540.00
3 COSTO DE PRODUCCIÓN	3812.00	3712.00	3812.00	4012.00	4012.00	4012.00	4412.00	4377.00
4 GASTOS DE VENTA	904.52	620.79	620.79	908.79	560.17	744.22	769.00	1050.00
5 COSTO TOTAL DE OPERACIÓN (S/.)	4716.52	4332.79	4432.79	4920.79	4572.17	4756.22	5181.00	5427.00

Figura 8

Comparación de costos de producción y operación (s/.) de champiñones, cultivados en ocho tratamientos



La tabla 30 y la figura 8 muestran la estructura de costos de producción y costo de venta de *Pleurotus ostreatus* en los ocho tratamientos evaluados. Se observa que los costos directos fueron mayores en T7 y T8, con S/ 3 837.00 cada uno, mientras que el menor valor correspondió al T2, con S/ 3 137.00. Los costos indirectos de producción (CIF) fueron de S/ 575.00 en T1–T7 y S/ 540.00 en T8. El costo de producción fue mayor en T7, con S/ 4 412.00, seguido de T8 con S/ 4 377.00, mientras que T2 presentó el menor costo, con S/ 3 712.00. Al incorporar los gastos de venta, el mayor costo total de operación se registró en T8, con S/ 5 427.00, seguido de T7 con S/ 5 181.00; en contraste, T2 presentó el menor costo total, con S/ 4 332.79. Asimismo, el mayor gasto de venta de T8 (S/ 1 050.00) se relaciona con su mayor producción acumulada de 339.78 kg, que demandó una mayor cantidad de materiales para el empaque final. En conjunto, los resultados evidencian que las diferencias en el costo total de operación estuvieron

determinadas por los insumos empleados, los costos indirectos y, particularmente, por el volumen de producción y los requerimientos de empaque para la comercialización.

Tabla 31

Comparación de los indicadores económicos de la producción de champiñones, cultivados en ocho tratamientos.

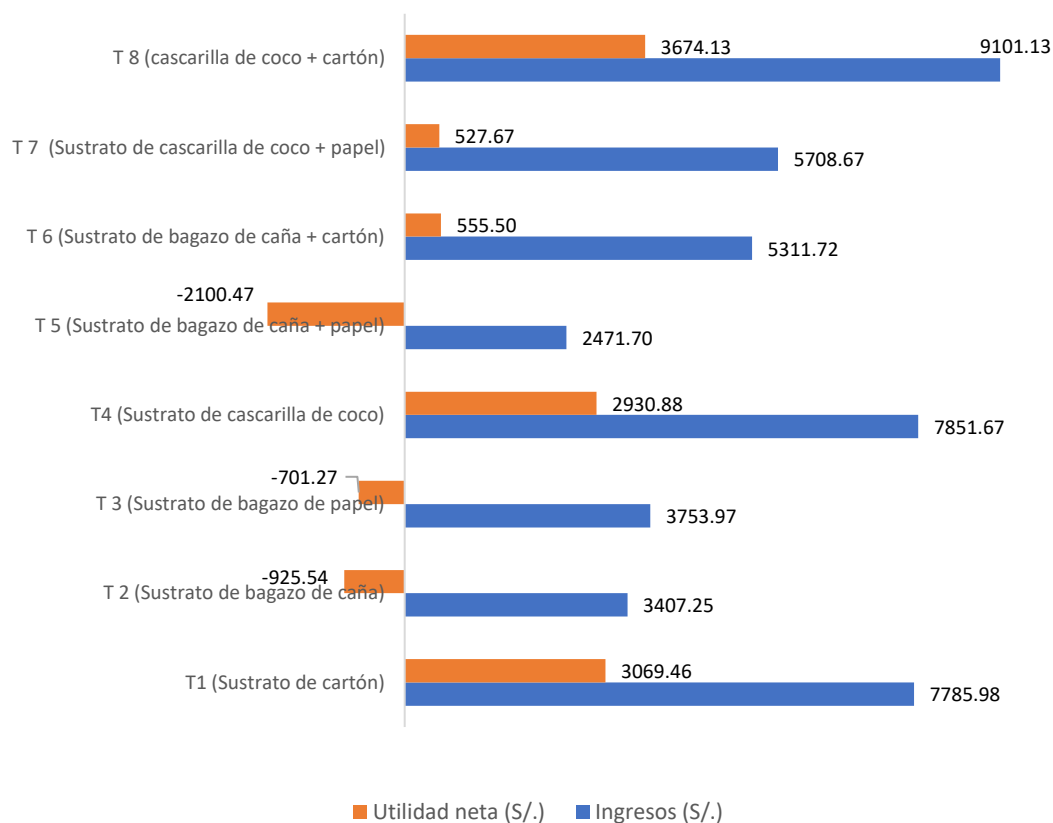
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Ingresos (S/.)	7785.98	3407.25	3753.97	7851.67	2471.70	5311.72	5708.67	9101.13
Utilidad neta (S/.)	3069.46	-925.54	-701.27	2930.88	2100.47	555.50	527.67	3674.13
Relación (B/C)	1.65	0.79	0.84	1.60	0.54	1.12	1.10	1.68
Rentabilidad porcentual (%)	65.08	-21.36	-15.74	59.56	-45.94	11.68	10.18	67.70
Costo Unitario por kg	15.14	31.79	29.67	15.67	46.25	22.39	22.69	14.91
Costo venta por kg	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Margen de utilidad por Kg	9.86	-6.79	-4.67	9.33	-21.25	2.61	2.31	10.09

La tabla 31 presenta los indicadores de evaluación económica de los ocho tratamientos de *Pleurotus ostreatus*. Los ingresos obtenidos variaron entre S/ 2 471.70 y S/ 9 101.13, correspondiendo el mayor ingreso al T8, mientras que el menor se registró en T5. En cuanto a la utilidad neta, T1, T4, T6, T7 y T8 presentaron valores positivos, destacando T8 con S/ 3 674.13; en contraste, T2, T3 y T5 registraron pérdidas económicas.

La relación beneficio/costo fue superior a 1 en T1, T4, T6, T7 y T8, destacando T8 con 1.68, lo que indica que por cada sol invertido se obtuvo S/ 1.68 de retorno. Por el contrario, T2, T3 y T5 presentaron valores inferiores a 1, evidenciando resultados económicos desfavorables. Respecto a la rentabilidad, T8 presentó el mayor valor (67.70 %), seguido de T1 (65.08 %) y T4 (59.56 %). Asimismo, el costo unitario fue inferior al precio de venta de S/ 25.00 en T1, T4, T6, T7 y T8, generando márgenes de utilidad positivos. El mayor margen correspondió a T8, con S/ 10.09, seguido de T1 con S/ 9.86 y T4 con S/ 9.33; mientras que T2, T3 y T5 presentaron márgenes negativos.

Figura 9

Evaluación comparativa de la rentabilidad económica en la producción y operación (S/.) de champiñones ostra cultivados en ocho tratamientos.

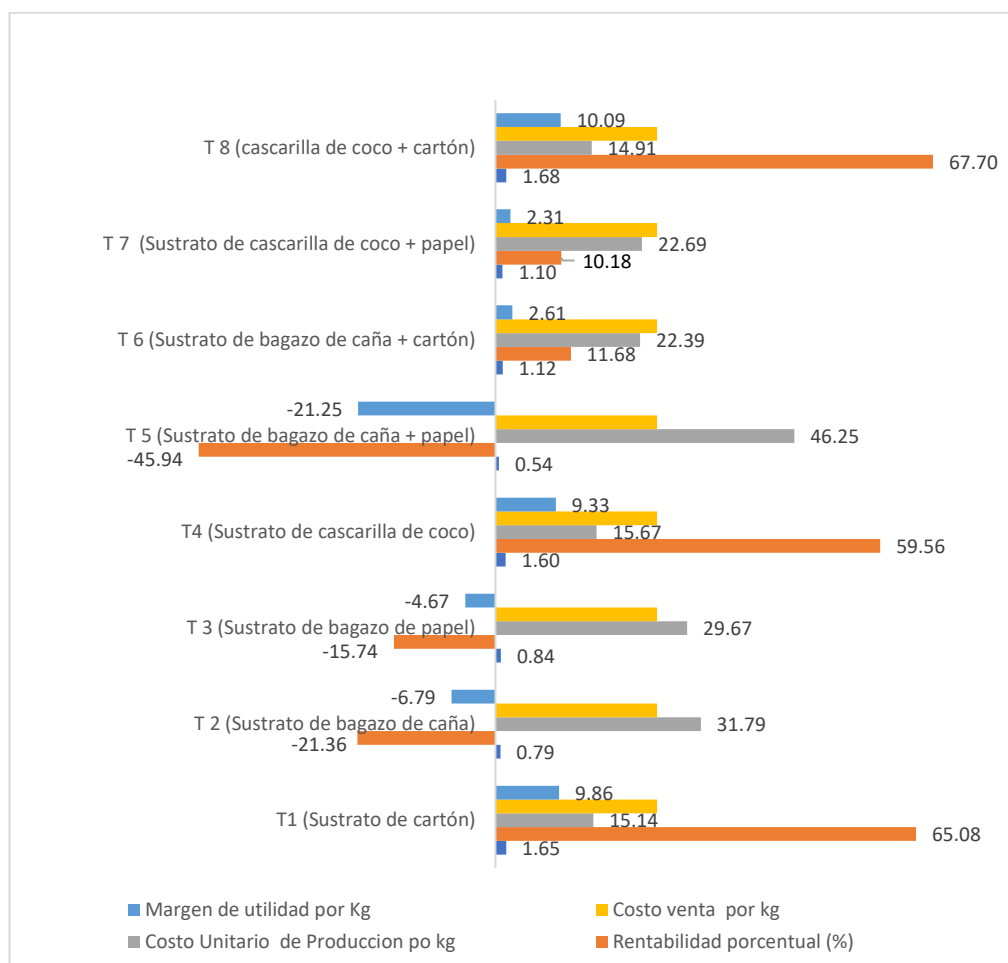


La figura 9 muestra los ingresos y la utilidad neta obtenidos en los ocho tratamientos evaluados. Se observa que el T8 presentó el mayor ingreso, con S/ 9 101.13, y la mayor utilidad neta, con S/ 3 674.13, seguido del T4, con una utilidad neta de S/ 2 930.88, y T1, con S/ 3 069.46. Asimismo, los ingresos de T4 y T1 fueron de S/ 7 851.67 y S/ 7 785.98, respectivamente.

Los tratamientos T6 y T7 presentaron utilidades netas positivas de S/ 555.50 y S/ 527.67, respectivamente, aunque fueron menores en comparación con T1, T4 y T8. En contraste, T2, T3 y T5 registraron utilidades netas negativas de S/ -925.54, S/ -701.27 y S/ -2 100.47, respectivamente, siendo T5 el tratamiento con la mayor pérdida económica. En términos generales, los resultados muestran que T8 presentó el mejor desempeño económico, al combinar el mayor nivel de ingresos con la mayor utilidad neta, mientras que T5 mostró el comportamiento menos favorable.

Figura 10

Análisis comparativo de los indicadores económicos de la producción y operación (S/.) de champiñones ostra en ocho tratamientos experimentales.



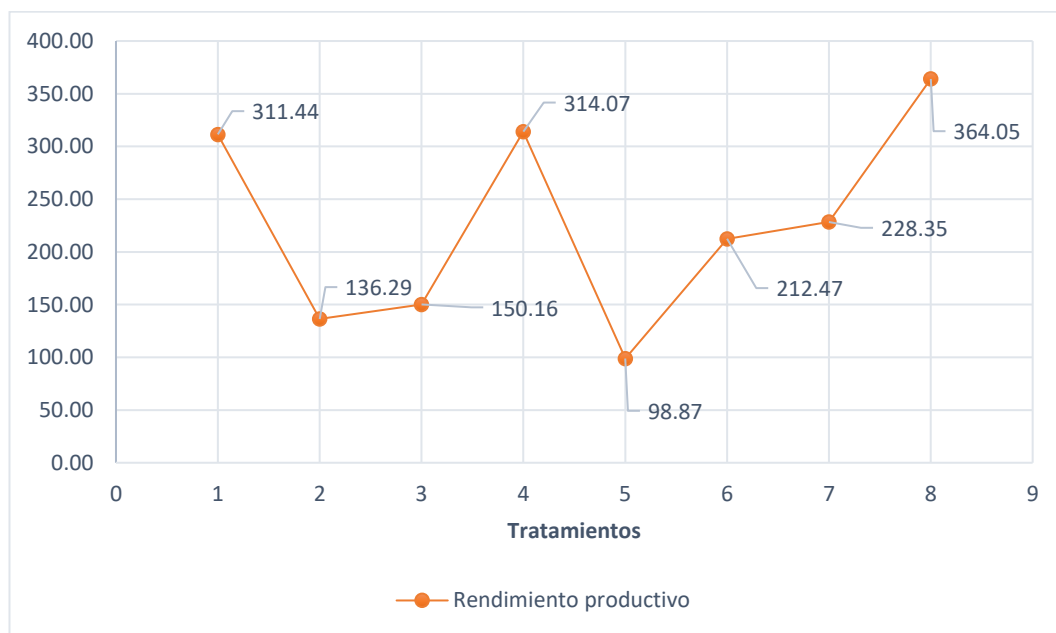
La figura 10 presenta los principales indicadores económicos de los ocho tratamientos evaluados. Los tratamientos T8, T1 y T4 registraron los menores costos unitarios, con S/ 14.91, S/ 15.14 y S/ 15.67 por kg, respectivamente, generando márgenes de utilidad de S/ 10.09, S/ 9.86 y S/ 9.33 por kg.

El T8 presentó el mejor comportamiento económico, al alcanzar el mayor margen de utilidad por kilogramo (S/ 10.09), la mayor relación beneficio/costo (1.68) y la mayor rentabilidad (67.70 %). Asimismo, T1 y T4 mostraron resultados favorables, con rentabilidades de 65.08 % y 59.56 %, respectivamente. Por otro lado, T6 y T7 presentaron resultados económicos positivos, aunque con márgenes de utilidad reducidos de S/ 2.61 y S/ 2.31 por kg, y rentabilidades de 11.68 % y 10.18 %, respectivamente. En contraste, T2, T3 y T5 presentaron costos unitarios superiores al precio de venta de S/ 25.00, generando márgenes negativos de S/ -

6.79, S/ -4.67 y S/ -21.25 por kg, respectivamente. Asimismo, sus rentabilidades fueron negativas, con -21.36 %, -15.74 % y -45.94 %, respectivamente. Esto evidencia que dichos tratamientos no resultaron económicamente favorables bajo las condiciones de la investigación.

Figura 11

Comparación del rendimiento productivo en la producción de champiñones ostra bajo ocho tratamientos



La figura 11 muestra el rendimiento productivo proyectado a 500 bolsas de *Pleurotus ostreatus* para los ocho tratamientos evaluados. Se observa una variación en el rendimiento entre tratamientos, destacando el T8, que alcanzó el mayor rendimiento proyectado con 364.05 kg, seguido del T4 con 314.07 kg y T1 con 311.44 kg. En contraste, el menor rendimiento correspondió al T5, con 98.87 kg. Los tratamientos T6 y T7 presentaron rendimientos de 212.47 y 228.35 kg, respectivamente, mientras que T2 y T3 alcanzaron 136.29 y 150.16 kg. Estos resultados evidencian que el tipo de sustrato utilizado influyó en el rendimiento productivo proyectado, destacando el T8 como el tratamiento con mayor producción estimada para una escala de 500 bolsas.

4.2. Discusión

La comparación de los resultados se realizó con investigaciones nacionales e internacionales que abordaron la producción de *Pleurotus ostreatus* en residuos

lignocelulósicos. Mediante el contraste, se pudieron observar coincidencias y discrepancias respecto al efecto de los sustratos sobre el rendimiento productivo, los costos de producción y la viabilidad económica.

4.2.1. Diámetro del sombrero del champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*).

En la primera cosecha, el tratamiento T1 (cascarilla de coco + cartón) produjo sombreros significativamente más grandes que T3 (papel), con medianas de 12.08 cm y 5.98 cm, respectivamente. Este resultado concuerda con lo reportado por Lavenia et al. (2021) quienes encontraron que el cartón usado, especialmente en proporciones altas (80–100%), favorece el crecimiento micelial y la productividad de *Pleurotus ostreatus*, atribuyéndolo a su contenido de celulosa y hemicelulosa, así como a su estructura porosa que facilita la ventilación y retención de humedad. De manera similar, Andr et al. (2025) observaron que la paja de cebada, cuando se combina con una fragmentación adecuada del sustrato, alcanza diámetros de sombrero de hasta 9.56 cm, lo que sugiere que los residuos con alta relación C/N y estructura física favorable promueven un mayor desarrollo del píleo. Este patrón es similar al descrito por Gebru et al. (2024)), quienes observan que los sustratos mixtos mantienen un diámetro de sombrero más estable y mayor en comparación con sustratos individuales. A sí mismo, De La Cruz-Marcos et al. (2023) encontraron que el rastrojo de quinua, con mayor contenido de nutrientes, alcanzó los mayores diámetros de píleo (74.85 mm), equivalente a 7.48 cm de sombrero que contrasta con el T1(cartón) y T8 que se obtuvo entre 7,08 cm y 7,30 cm, respectivamente en la segunda cosecha que se tuvo en la investigación. Aunque los valores absolutos difieren entre investigaciones debido a las características de los sustratos, las condiciones de cultivo y la escala experimental, todas coinciden en que la composición del sustrato constituye un factor determinante en el rendimiento del cultivo.

4.2.2. Número de cuerpo fructífero del champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*).

En la presente investigación, el número de cuerpos fructíferos no presentó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, lo que indica que las diferentes combinaciones de sustratos no modificaron de manera estadísticamente significativa esta variable productiva. De forma descriptiva, el tratamiento T8 mostró mayores valores durante la primera y segunda cosecha, mientras que T1 y T4 destacaron en la tercera; sin embargo, estas diferencias no fueron suficientes

para establecer significancia estadística. Estos resultados son consistentes con lo informado por Gebru et al. (2024), quienes encontraron que un sustrato mixto (mezcla de varios residuos agrícolas) produjo significativamente más cuerpos fructíferos (67.33 cuerpos fructíferos por bolsa de 1 kg de sustrato) que sustratos individuales como el aserrín (31 cuerpos fructíferos), concluyendo que la diversidad de residuos en la mezcla genera condiciones más favorables para la fructificación. De manera similar, Valera López et al. (2023) observaron que mezclas de orujos de uva con coronta de maíz o con orujos de aceituna alcanzaron los mayores números de cuerpos fructíferos (51 y 50, respectivamente), superando a tratamientos más simples. Esta discrepancia se dio por las diferencias en la composición de los sustratos, las condiciones de cultivo, el tamaño de la unidad experimental, la cantidad de sustrato por bolsa y el manejo agronómico, factores que influyen en la formación de primordios y en el desarrollo de los cuerpos fructíferos. En consecuencia, bajo las condiciones de la presente investigación, la composición del sustrato no tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre esta variable, aunque sí se observaron variaciones descriptivas entre tratamientos.

4.2.3. Número de sombreros del champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*)

Los resultados obtenidos en el presente estudio fueron inferiores a los reportados por algunos antecedentes. En particular, T8 alcanzó 28 sombreros en la primera cosecha, 20 en la segunda y 9 en la tercera, mientras que T1 registró 23, 18 y 18 sombreros, respectivamente. Estos valores se comparan con los obtenidos por Córdova (2021), quien reportó 50.67 unidades de sombreros en el tratamiento de mejor desempeño; por Gebru et al. (2024), quienes lograron 67.33 cuerpos fructíferos por bolsa en el sustrato mixto más eficiente; y por López et al. (2023) quienes registraron hasta 51 hongos en uno de sus tratamientos. En ese sentido, al sumar el número de sombreros obtenidos en las tres cosechas, los tratamientos de mejor desempeño alcanzan valores comparables a los descritos en dichos antecedentes.

4.2.4. Rendimiento en (gr) por bolsa del champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*)

Los resultados del presente estudio evidenciaron que el rendimiento por bolsa de *Pleurotus ostreatus* fue influenciado por el tipo de sustrato utilizado. El tratamiento T8 (cascarilla de coco + cartón) presentó el mayor rendimiento en la

primera (210,32 g) y segunda cosecha (159,40 g) llegando a producir en 51 días mientras que en la tercera cosecha el mayor rendimiento correspondió al tratamiento T1 (cartón) con 165,21 g, produciéndose en 44 días. Por otro lado la producción de Maccapa (2024) tuvo variabilidad entre 105,88 y 74 días cada uno correspondiente a un sustrato diferente.

Estos resultados coinciden con Lavenia et al. (2021), quienes reportaron que el sustrato compuesto por 90 % de cartón y 10 % de residuos vegetales obtuvo el mayor rendimiento (97,28 g) y que el cartón favoreció el crecimiento micelial de *Pleurotus ostreatus*. Asimismo, encontró que la mezcla de cascarilla y paja de trigo con cáscara de arveja alcanzó un rendimiento de 352,03 g, mientras que Pan et al. (2024), reportaron un rendimiento de 1 478,96 g por bolsa utilizando residuos de cera de abeja. Aunque los valores obtenidos fueron diferentes, todos los estudios coinciden en que la composición del sustrato influye directamente en el rendimiento del cultivo.

La superioridad de los tratamientos T8, T4 y T1 puede atribuirse a que la cascarilla de coco y el cartón poseen un elevado contenido de compuestos lignocelulósicos, principalmente celulosa y hemicelulosa, que favorecen la colonización del micelio y el desarrollo de los cuerpos fructíferos.

4.2.5. Costos de producción de champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*)

Los resultados del presente estudio mostraron que el costo de producción varió según el tratamiento empleado. El T7 (cascarilla de coco + papel) presentó el mayor costo de producción, con S/ 4 412.00, seguido de T8 (cascarilla de coco + cartón), con S/ 4 377.00; mientras que el menor costo correspondió al T2 (bagazo de caña), con S/ 3 712.00. Estas diferencias se relacionan principalmente con los costos directos asociados a los insumos requeridos en cada tratamiento, mientras que los costos indirectos de producción presentaron una variación reducida. Asimismo, al incorporar los gastos de venta, el costo total de operación fue mayor en T8, con S/ 5 427.00, y menor en T2, con S/ 4 332.79. En el caso de T8, el mayor costo de operación estuvo relacionado principalmente con los requerimientos de empaque y comercialización derivados de su mayor producción.

Estos resultados difieren parcialmente de los reportados por Maccapa et al. (2024), quienes encontraron que el sustrato de heno de totora (S2) presentó el mayor costo total de producción (S/ 8 924.95), seguido de la broza de quinua (S3), con S/ 8 609.95, y la paja de avena (S1), con S/ 8 504.95. Esta diferencia se atribuye a la escala y estructura de costos empleadas, ya que en la presente investigación se realizó una proyección para 500 bolsas, considerando costos directos, costos indirectos y gastos de venta, mientras que Maccapa et al. (2024) proyectaron sus costos para una tonelada de sustrato, empleando una estructura de producción diferente y otros residuos lignocelulósicos.

4.2.6. Evaluación económica de champiñón ostra *Pleurotus ostreatus*

La evaluación económica evidenció diferencias entre los tratamientos, relacionadas con el rendimiento obtenido y los costos de producción. El T8 (cascarilla de coco + cartón) presentó el mejor desempeño económico, con una relación beneficio/costo de 1.68 y una rentabilidad de 67.70 %, además de un ingreso de S/ 9 101.13 y una utilidad neta de S/ 3 674.13. Este comportamiento estuvo asociado a su mayor producción proyectada (339.78 kg) y a su bajo costo unitario de producción (S/ 14.91/kg), lo que permitió obtener un margen de utilidad de S/ 10.09/kg. Estos resultados coinciden parcialmente con Maccapa et al. (2024), quienes determinaron que el tratamiento con mejor comportamiento económico alcanzó una relación beneficio/costo de 1.70 y una rentabilidad de 65.33 %, evidenciando la viabilidad económica del aprovechamiento de residuos lignocelulósicos en la producción de *Pleurotus ostreatus*. Farfán (2025) reportó una rentabilidad de 25.85 % y una relación beneficio/costo de 1.26, resultados inferiores a los obtenidos en T8. Esta diferencia podría estar relacionada con el rendimiento, los costos considerados y las condiciones de producción de cada investigación.

Los T1 (cartón) y T4 (cascarilla de coco) también presentaron resultados económicos favorables, con relaciones beneficio/costo de 1.65 y 1.60 y rentabilidades de 65.08 % y 59.56 %, respectivamente. En contraste, T2, T3 y T5 presentaron relaciones beneficio/costos inferiores a 1 y rentabilidades negativas, destacando T5 como el tratamiento menos favorable, con una rentabilidad de -45.94 % y un margen de utilidad de S/ -21.25/kg. Estos resultados evidencian que un menor costo de producción no necesariamente garantiza una mayor rentabilidad,

debido a que el desempeño económico depende de la relación entre los costos, el rendimiento y los ingresos obtenidos.

Por otro lado, T6 y T7 presentaron resultados económicamente favorables, aunque con menores márgenes de utilidad, de S/ 2.61 y S/ 2.31, respectivamente. En este sentido, Castillo y Campos (2021) demostraron que el aprovechamiento de residuos orgánicos para la producción de *Pleurotus ostreatus* puede alcanzar una relación beneficio/costo de 2.94 a escala comercial. Aunque dicho valor fue superior al obtenido en la presente investigación, ambos estudios respaldan el potencial económico del aprovechamiento de residuos como sustratos para la producción del hongo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- El T8 (cascarilla de coco + cartón) presentó el mejor desempeño económico integral, con ingresos de S/ 9 101.13, utilidad neta de S/ 3 674.13 siendo el tratamiento de mayor rendimiento. Asimismo, los tratamientos T4 (cascarilla de coco) y T1 (cartón) destacaron por sus niveles de producción e ingresos, evidenciando que la formulación del sustrato influyó en el desempeño productivo y económico de *Pleurotus ostreatus*.
- El T8 (cascarilla de coco + cartón) presentó la mejor respuesta productiva, alcanzando los mayores rendimientos en la primera y segunda cosecha (210,32 y 159,40 g/bolsa), además del mayor número de sombreros (28 unidades). Asimismo, el tratamiento T1 (cartón) destacó en la tercera cosecha con 165,21 g/bolsa y alcanzando un diámetro de sombrero (12,08 cm). Por lo que la combinación de residuos lignocelulósicos favoreció el desarrollo y fructificación de *Pleurotus ostreatus*,
- En relación con los costos, el T2 (bagazo de caña) presentó el menor costo de producción, con S/ 3 712.00, mientras que el T7 (cascarilla de coco + papel) registró el mayor, con S/ 4 412.00. Al considerar los gastos de venta, el menor costo total de operación correspondió al T2, con S/ 4 332.79, y el mayor al T8, con S/ 5 427.00. Estas diferencias estuvieron relacionadas con los sustratos empleados.
- El T8 (cascarilla de coco + cartón) alcanzó la mayor rentabilidad (67.70 %), relación beneficio/costo (1.68) y margen de utilidad (S/ 10.09), evidenciando la mayor viabilidad económica bajo las condiciones de la investigación.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

- A la Municipalidad Provincial de Huanta, promover iniciativas de investigación, difusión y capacitación sobre el aprovechamiento de residuos orgánicos mediante el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, considerando los resultados obtenidos en la presente investigación como una alternativa potencial para la valorización de residuos y el desarrollo de nuevos emprendimientos productivos en la provincia.
- A los futuros investigadores, continuar desarrollando estudios relacionados con el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, evaluando diferentes formulaciones de sustratos elaborados con residuos disponibles en la zona, como cascarilla de coco, cartón y otros materiales lignocelulósicos, con la finalidad de ampliar la información sobre su productividad, costos y rentabilidad, y contribuir al desarrollo de alternativas sostenibles de producción.
- A los futuros productores o emprendedores interesados en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, considerar el tratamiento T8 (cascarilla de coco + cartón) como una alternativa de sustrato, debido a que presentó el mejor comportamiento productivo y económico en la presente investigación, alcanzando una relación beneficio/costo de 1,68 y una rentabilidad de 67.70 %, bajo las condiciones evaluadas.
- A futuros investigadores, realizar evaluaciones a escala comercial que incluyan mayor número de unidades productivas, análisis de mercado, comportamiento de la demanda y variación de costos, con el propósito de validar la factibilidad económica del cultivo de *Pleurotus ostreatus* como una nueva alternativa productiva en Huanta.

REFERENCIAS

- Aditya, Neeraj, Jarial, R. S., Jarial, K., & Bhatia, J. N. (2024). Comprehensive review on oyster mushroom species (Agaricomycetes): Morphology, nutrition, cultivation and future aspects. *Heliyon*, 10(5), e26539. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26539>
- Alian, M., Dhoubhadel, S. P., Risal, S., Tiwari, P., Zhu, W., & Balan, V. (2026). Financial analysis of shipping container-based mushroom cultivation. *Sustainable Food Technology*, 4(April), 4140–4156. <https://doi.org/10.1039/d6fb00006a>
- Andr, S., Fern, C., Andr, S., Romero, J. W., & Andr, S. (2025). *Evaluación de la producción de hongos gourmet (Pleurotus ostreatus), con el aprovechamiento de tres residuos lignocelulósicos en el Centro Experimental Cota Cota* Evaluation of the production of gourmet mushrooms (Pleurotus estratos) using three types. 11(3), 2912–2920. <https://doi.org/10.53287/ovje8429ne99m>
- Banerjee, A., Gupta, N., Koley, A., Kumar, M. S., Saha, S., & Balachandran, S. (2026). Microbial contamination and microbiome composition of fresh edible mushrooms: a critical review. *Frontiers in Microbiology*, 17(April). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2026.1757755>
- Barh, A., Sharma, V. P., Annepu, S. K., Kamal, S., Sharma, S., & Bhatt, P. (2019). Genetic improvement in Pleurotus (oyster mushroom): a review. 3 *Biotech*, 9(9), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s13205-019-1854-x>
- Belisario, A. S. G. (2022). *Aplicación de micelio de hongo Pleurotus ostreatus en diferentes residuos lignocelulósicos para la obtención de biomateriales* (p. 127). Universidad Continental. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12394/12024>
- Bermúdez Pata, A. L., Cañar Mocha, J. M., & Cárdenar Carrión, J. A. (2026). Evaluación de cuatro sustratos para la producción de hongos ostra gris (Pleurotus ostreatus var. gris) en Santo Domingo de los Tsáchilas. *Código*

Científico Revista de Investigación, 7(E1), 2052–2064.
<https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v7/ne1/1406>

Bolaños, C. L. R., López, L. G. B., Loor, R. Y. V., & Ordoñez, F. G. R. (2024). Teoría general de sistemas, supuestos subyacentes y no subyacentes para el crecimiento económico empresarial. *Revista Científica Multidisciplinaria*, 5, 70–78. <https://doi.org/10.56124/ubm.v5i9.010>

Cajamarca, E. S., Dias, J. S. J., & Chalco, S. D. C. (2022). *Estudio de la cadena de suministro de papel y cartón reciclado en la ciudad de Cuenca-Ecuador*. 14. <https://doi.org/10.24215/23143738e106>

Casanova Villalba, C. I., Nuñez Liberio, R. V., & Navarrete Zambrano, C. M. (2021). *Gestión y costos de producción: Balances y perspectivas: Una Perspectiva Científica*. *Science Issn: 0036-8075*, 10, 1–12. <https://doi.org/10.31876/racs.v27i1.35315>

Castillo, P. Ó. N., & Campos, L. J. P. (2021). Universidad de Lima Facultad de Ingeniería Industrial Carrera de Ingeniería Industrial. *Universidad de Lima*, 1–209. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2026.n50>

Chaparro Tovar, L. C. (2023). *Procesos Agroindustriales*. 2, 21. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10389110>

Condori, P. (2020). Niveles de Investigación Niveles de investigación. En *Curso Taller*. <https://www.aacademica.org/cporfirio/17>

Córdova Alberca, M. (2021). *Productividad del hongo comestible Pleurotus ostreatus en sustrato de café y determinación del valor nutricional*. 1–52. <https://hdl.handle.net/20.500.12866/9066>

De La Cruz-Marcos, R. N., Areche, F. O., Segura, S. O. P., López, J. M. M., De La Cruz-Calderón, G., Solano, M. A. Q., Onofre, A. S., Camayo-Lapa, B. F., Otivo, J. M. M., Flores, D. D. C., Pairazaman, M. E. E., Domínguez, J. A. J., Aguilar, S. V., Aguirre, L. Á. F., & Paricanaza-Ticona, D. C. (2023). *Possible effects of different types of agricultural wastes on food security and mushroom*

(*Pleurotus ostreatus*) production. *Brazilian Journal of Biology*, 83, 1–7.
<https://doi.org/10.1590/1519-6984.273829>

Del Pozo Loayza, C., & Guzmán Pacheco, E. (2019). *Estimación de la Productividad Total Factorial a nivel de firmas en el Perú*. *Consortio de Investigación Económica y Social*, 1–48.
<https://EconPapers.repec.org/RePEc:bbj:invcie:646>

Dissasa, G. (2022). *Cultivation of Different Oyster Mushroom (Pleurotus species) on Coffee Waste and Determination of Their Relative Biological Efficiency and Pectinase Enzyme Production, Ethiopia*. *International Journal of Microbiology*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/5219939>

Duarte, T., Arias, R. E. J., & Tibaná, M. R. (2015). *Análisis económico de proyectos*. En *Editorial Tecnos*.
<https://doi.org/https://documents1.worldbank.org/curated/en/595511468017659118/pdf/SWP1940Spanish0Box341955B01PUBLIC1>

Farfan Lechuga, S. C., & Garcia Roca, M. R. (2025). *Evaluación de la producción de Pleurotus ostreatoroseus Singer usando residuos agroforestales en Tambopata - Madre de Dios*. En *Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios - UNAMAD*. <http://hdl.handle.net/20.500.14070/1280>

Feijóo-vivas, K., Hernán-rebolledo, S. A. B., Figueroa, J. M., Zamora, P., & Naranjo-briceño, L. (2021). *Bioproductos desarrollados a partir de micelio de hongos: Una nueva cultura material y su impacto en la transición hacia una economía sostenible Fungal mycelium-bioproducts development: A new material culture and its impact on the transition to a sust.* 6, 16.
<https://doi.org/10.21931/RB/2021.06.01.29>

Fernandez, L. (2022). *Producción de hongo (pleurotus ostreatus) en residuos vegetales de cosecha en acobamba, huancavelica* (pp. 1–118).
<https://hdl.handle.net/20.500.14597/5504>

Flores, A., & Oca, M. D. E. (2012). *Manual De Cultivo De Hongo Seta (Pleorotus ostreatus) de forma artesanal*. En *Geografo e instructor en cursos de jongo*

seta (Vol. 3, Número 3).
http://huertofenologico.filos.unam.mx/files/2017/05/Cultivo_de_hongo_seta

Francisco, J., & Jaramillo, M. (2025). *Producción ecológica de hongos ostra (pleurotus ostreatus) usando como sustrato residuos ricos en ecological production of oyster mushrooms (pleurotus ostreatus) using lignin-rich waste as substrate for commercial purposes produção ecológica de cogume*. 4, 11. <https://doi.org/10.63371/ic.v4.n3.a348>

Franco, A. G., Yépes, P. N. M., & Sánchez, H. A. V. (2009). *Pretratamientos de la celulosa y biomasa para la sacarificación*. *Scientia et Technica*, 2(42), 284–289. <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/2655>

Galarza, F. B., & Díaz, J. G. (2015). *Productividad total de factores en la agricultura peruana: estimación y determinantes*. *En Economía* (Vol. 38, Número 76, pp. 77–116). <https://doi.org/10.18800/economia.201502.003>

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>

Gómez-Jiménez, M. Á., Manzano-Gómez, L. A., Rincón-Molina, C. I., Gen-Jiménez, A., Salvador-Morales, P., Rincón-Molina, F. A., Acosta-Navarrete, M. S., Silos-Espino, H., Maldonado-Gómez, J. C., & Rincón-Rosales, R. (2026). *Agrobiotechnological Potential of Pleurotus ostreatus from an Ecological–Socioeconomic Perspective in Mexico*. *Sustainability* (Switzerland), 18(1), 1–25. <https://doi.org/10.3390/su18010006>

Grimm, A., Eilertsen, L., Chen, F., Huang, R., Atterhem, L., & Xiong, S. (2021). *Cultivation of Pleurotus ostreatus Mushroom on Substrates Made of Cellulose Fibre Rejects: Product Quality and Spent Substrate Fuel Properties*. *Waste and Biomass Valorization*, 12(8), 4331–4340. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01311-y>

- Gutiérrez Janampa, J. A., & Tapia Reyes, J. P. (2016). *Liquidez y rentabilidad. Una revisión conceptual y sus dimensiones*. *Revista Valor Contable*, 3(1), 9–32. <https://doi.org/10.17162/rivc.v3i1.1229>
- Hernandez, R., Pérez, R., & Mata, G. (2006). *Manual Práctico Del Cultivo Y Siembra*. En *Instituto de Ecología*. <http://www.biomicel.com/Interes/Tecnologia/28.pdf>
- Huanta, M. P. de. (2020). Plan vial provincial participativo de Huanta. *Municipalidad de Huanta*, 220. <https://munihuanta.gob.pe>
- Aniel Lucero Fragoso, Carolina Martínez Rodríguez, Gerardo Rafael Hernández Carbajal, D. F. C. (2010). *Evaluación del efecto de la iluminación en el crecimiento de pleurotus ostreatus durante el invierno en Santiago Papasquiario, Durango*. 21(2), 34600. <https://smbb.mx/congresos%20smbb/guadalajara15/PDF/XVI/trabajos/III/III-C-75.pdf>
- Jácome Lara, I., & Carvache Franco, O. (2017). *Análisis del Costo-Beneficio una Herramienta de Gestión*. *Revista Contribuciones a la Economía*, 1–14. <http://eumed.net/ce/2017/2/costo-beneficio.html>
- Jaramillo Noreña, K., Martínez Esquivel, A. P., Nazarit Márquez, L. D., & Pulido Gómez, J. S. (2023). *Investigación del Potencial de la Cáscara de Coco en la Fabricación de Esponjas Sostenibles*. *Ean Universidad*, 1, 12. <http://hdl.handle.net/10882/13295>
- José Ramón Aliaga-Reynaldo Entrenador de atletismo EIDE, L., & Batista Fonseca, P. (2016). *Uso del diseño completamente aleatorio para determinar la edad de comienzo de los mejores resultados en los lanzadores del martillo* (Vol. 13, Número 41). <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6210845.pdf>
- Lavenia, J., Prasetyaningsih, A., & Ariestanti, C. A. (2021). *Utilization of Used Cardboard and Vegetable Waste as Growth Media for White Oyster*

- Mushroom (Pleurotus ostreatus)*. *Biota : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 6(2), 129–137. <https://doi.org/10.24002/biota.v6i2.4278>
- Liu, R., Hu, Q., Ma, G., Pei, F., Zhao, L., Ma, N., Yang, F., Liu, X., & Su, A. (2024). *Pleurotus ostreatus is a promising candidate of an edible 3D printing ink: Investigation of printability and characterization*. *Current Research in Food Science*, 8(November 2023), 100688. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.100688>
- López Torres, G. A. (2021). Aplicación del método de costeo directo o variable para determinar el resultado económico: una revisión de la literatura científica. *Universidad Privada del Norte*, 1–55. <https://hdl.handle.net/11537/23381>
- Lourenco, E. C., Passarini, M. R. Z., Becker, M. R., & Toci, A. T. (2026). *Sustainable cultivation of Pleurotus ostreatus: coffee grounds and grass residues as substrates*. *International Journal of Food Science and Technology*, 61(1). <https://doi.org/10.1093/ijfood/vvag036>
- Lydia, C., Nazneen, H., & Reddy, Y. V. K. (2026). *Optimisation of Oyster Mushroom (Pleurotus ostreatus) Cultivation Using Locally Available Substrates*. *Asian Journal of Microbiology and Biotechnology*, 11(1), 155–167. <https://doi.org/10.56557/ajmab/2026/v11i110404>
- Maccapa Pocco, L., Palao Iturregui, L. A., & Chura Yupanqui, E. J. (2024). *Producción de hongo ostra (Pleurotus ostreatus (Jacq.) P. Kumm) sobre residuos lignocelulósicos en la provincia de puno*. *Revista de Ciencias Agrarias*, 9(1), 16–22. <https://doi.org/10.53719/rca.2024.868>
- Maceda, A., Soto-Hernández, M., Peña-Valdivia, C. B., Trejo, C., & Terrazas, T. (2021). *Lignin: composition, synthesis and evolution*. *Madera y Bosques*, 27(2). <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2722137>
- Magaña Amaya, J. A., & Shimizu, N. (2025). *Digital Analysis of Mycelium Growth and Mycelium Density In Vitro of Pleurotus ostreatus with Submerged Fermentation as Substrate Treatment*. *Mycobiology*, 53(2), 214–224. <https://doi.org/10.1080/12298093.2025.2460291>

- Maldonado Mina, D. O., & Garrido Chiluisa, J. C. (2025). *Viabilidad económica para la integración vertical en la asociación producción y comercialización Sarum Maky Yachay*. *Cisa*, 7(1), 1–19. <https://doi.org/10.58299/cisa.v7i1.88>
- Manuel, D., Torres, M., Calle, C., Vasquez, J., Panca, F., Canaza, J., Quispe, S., Soto, B., Melendez, D., Mamani, R., Durant, D., & Apaza, J. (2024). *Optimización de compost a base de materiales reciclados: cartón y aserrín optimizing compost based on recycled materials: ReseachGate*, 1–4. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i61.905>
- Martín, C., Zervakis, G. I., Xiong, S., Koutrotsios, G., & Strætkvern, K. O. (2023). *Spent substrate from mushroom cultivation: exploitation potential toward various applications and value-added products*. *Bioengineered*, 14(1), 2252138. <https://doi.org/10.1080/21655979.2023.2252138>
- Mena Suárez, E. K., Ramírez Schuldt, M. M., Plúas Farías, J. B., & Suárez Reyes, V. S. (2025). *El costo de producción y la rentabilidad en el sector agrícola*. *Identidad Bolivariana*, 9(3), 1–16. <https://doi.org/10.37611/IB9ol31-16>
- Mesa Jaramillo, M. (2016). *Aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar con el fin de generar nuevos usos*. *Institucion universitaria reacreditada en alta calidad*, 15(2), 1–23. <https://hdl.handle.net/20.500.12622/5666>
- MINAM. (2024). Implementación de un sistema integrado de manejo de residuos sólidos. *En Antamina (Adra-Peru)* (p. 11). https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/capacita/2024/26042024_PI_Compromiso_3_implementacion_SI_manejo_residuos_solidos_municipales.pdf
- MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERIA Y ALIMENTACION. (2024). *Hongo ostra. Requerimientos edáficos*. 4. https://guatemalanosedetiene.gt/wp-content/uploads/2024/06/Ficha_Hongo-Ostra.pdf
- Miśkiewicz, K., Gendaszewska, D., Sieczyńska, K., & Gutarowska, B. (2025). *Agri-food wastes as substrates for oyster mushroom (Pleurotus ostreatus)*

- cultivation and their agricultural potential. Scientific Reports*, 15(1), 1–16.
<https://doi.org/10.1038/s41598-025-26843-y>
- Munzón, M. (2019). *Respuesta agronómica del cultivo de pimiento (capsicum annuum L) a dos condiciones de riego - Universidad Agraria del Ecuador - Facultad de Ciencias Agrarias. Agroindustrial Science. Universidad Agraria Del Ecuador - Facultad de Ciencias Agraria*, 10(3), 235–239.
<https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2022.01.09>
- Mubasshira, M., Aminuzzaman, F. M., Sultana, N., & Tanni, J. F. (2020). *Impact of Different Substrates and Mother Cultures on Yield and Yield Attributes of Oyster Mushroom (Pleurotus ostreatus). Asian Food Science Journal*, 19(3), 25–38. <https://doi.org/10.9734/afsj/2020/v19i330241>
- Ñaupas, H., & Paitán, Marcelino Raúl Valdivia Dueñas, Jesús Josefa Palacios Vilela, H. E. R. D. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. En Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Número 9).
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Nieto, J., Cuzcano, Á., & Reyes, W. (2021). *Cultivation of the edible mushrooms Pleurotus Ostreatus and its nutritional composition on spent coffee. Revista TECNIA*, 31(2), 27–32. <https://doi.org/10.21754/tecnia.v21i2.1026>
- Núñez, W. S. D., & Mori, F. A. (2019). *Efecto de la temperatura y la concentración de la semilla (Pleurotus ostreatus) sobre el rendimiento en la producción de hongos comestibles utilizando cascarilla de arroz como sustrato. Functional Food Science and Technology Journal*, 1(1), 49–61.
<http://revistas.unprg.edu.pe/openjournal/index.php/cytaf>
- Ojo, A. O. (2023). *An Overview of Lignocellulose and Its Biotechnological Importance in High-Value Product Production. Fermentation*, 9(11).
<https://doi.org/10.3390/fermentation9110990>
- Osias, E. (2026). *Oyster Mushroom (Pleurotus ostreatus) Cultivation Using Different Combinations of Agricultural By-Products as Substrates.*

International Journal of Sustainability and Advanced Integrated Research, 2(1), 1014–1020. <https://doi.org/10.65339/ijairs.v2.i1.126>

Pan, C., Sheng, C., Wang, K., Zhang, Y., Liu, C., Zhang, Z., Tao, L., Lv, Y., & Gao, F. (2024). *Beeswax waste improves the mycelial growth, fruiting body yield, and quality of oyster mushrooms (Pleurotus ostreatus)*. *PeerJ*, 12(2), e18726. <https://doi.org/10.7717/peerj.18726>

Pan, Z., Li, X., Zhao, R., Nie, J., Fang, Y., Zhang, X., He, X., & Wang, Z. (2026). *Advances in postharvest storage of edible fungi: mechanisms, technologies, and future perspectives*. *Agricultural Products Processing and Storage*, 2(1), 1–22. <https://doi.org/10.1007/s44462-025-00045-1>

Palomino Castro, E. (2024). *Producción del hongo comestible Pleurotus ostreatus, utilizando diferentes residuos de cosecha agrícola e industrial, Ayacucho - 2750 msnm* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/20.500.14612/6807>

Parajua, N. (2022). *Transformations in agriculture, stockbreeding, forestry and fishing within the Spanish agri-food system (1980-2016)*. *Historia Agraria*, (88), 253–283. <https://doi.org/10.26882/histagrar.088e04p>

Persing Oscco-Laura, Enmanuel Dionisio-Melo, Nilton A. Hermoza-Ayme, R. (2025). *Guía para el cultivo del hongo comestible Pleurotus spp. utilizando ichu (Jarava ichu) como sustrato* (I. N. de I. A. (INIA), E. T. de E. y Publicaciones, L.-P. Av. La Molina 1981, T. (511) 2402100- 2402350, & Wwww.gob.pe/inia, Eds.). <http://hdl.handle.net/20.500.12955/2767>

Pesce, G., De Batista, M., & Matute, R. G. (2015). *Análisis económico y financiero de la producción de hongos A. brasiliensis. Custos e Agronegocio*, 11(1), 281–310. http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero1v11/OK_18_coco_a.pdf

- Pineda-insuasti, J. A., Ramos-sánchez, L. B., Soto-arroyave, C. P., Freitas-fragata, A., & Pereira-cruz, L. (2016). *Growth of Pleurotus ostreatus on non-supplemented agro-industrial wastes*. *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia.*, 39, 414–421. <https://doi.org/10.21311/001.39.1.49>
- Resano, D., Guillen, O. W., Ubillús, F. D. R., & Barranzuela, J. L. (2022). *Caracterización fisicoquímica del bagazo de caña de azúcar industrial y artesanal como material de construcción*. *Información tecnológica*, 33(2), 247–258. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642022000200247>
- Rodríguez-Valencia, N., & Gómez-Cruz, F. A. (2001). (2001). *Cultive hongos comestibles en pulpa de café*. *Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.*, 8. <https://doi.org/10.38141/10779/0285>
- Royse, D. J., Baars, J., & Tan, Q. (2017). *Current Overview of Mushroom Production in the World*. En D. C. Zied & A. Pardo-Giménez (Eds.), *Edible and Medicinal Mushrooms: Technology and Applications* (pp. 5–13). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119149446.ch2>
- Sánchez, C. (2010). *Cultivation of Pleurotus ostreatus and other edible mushrooms*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(5), 1321–1337. <https://doi.org/10.1007/s00253-009-2343-7>
- Sandoval, G., Álvarez, M., Paredes, M., & Lascano, A. (2012). *Estudio reológico de harinas mixtas: trigo (Triticum vulgare), cebada (Hordeum vulgare) y patata (Solanum tuberosum) para su uso en la elaboración de pan*. *Scientia Agropecuaria*, 2(1), 123–131. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2012.02.03>
- Silva, M., Ramos, A. C., Lidon, F. J., Reboredo, F. H., & Gonçalves, E. M. (2024). *Pre- and Postharvest Strategies for Pleurotus ostreatus Mushroom in a Circular Economy Approach*. *Foods*, 13(10), 27. <https://doi.org/10.3390/foods13101464>
- Soares, C. T. de M., Ek, M., Östmark, E., Gällstedt, M., & Karlsson, S. (2022). *Recycling of multi-material multilayer plastic packaging: Current trends and*

future scenarios. Resources, Conservation and Recycling, 176(April 2021), 9.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105905>

Sriwedari, T., Manurung, H. G., Sidabutar, C. D., & Surya, A. R. (2026). *Analisis Perencanaan Laba dengan Metode Break Even Point pada PT. Ultrajaya Milk Industry & Trading Tbk perusahaan yang bertujuan untuk mengarahkan kegiatan operasional perusahaan agar Even Point (BEP), yaitu titik di mana total pendapatan sama dengan. Unidad de Investigación Contable (Revista Aru)*, 7(April), 58–67. <https://doi.org/10.30598/arujournalvol7iss1pp58-67>

Tesfay, T., Godifey, T., Mesfin, R., & Kalayu, G. (2020). *Evaluation of waste paper for cultivation of oyster mushroom (Pleurotus ostreatus) with some added supplementary materials. AMB Express*, 10(1).
<https://doi.org/10.1186/s13568-020-0945-8>

Tome Ramos, C. O. (2022). *Fructificación del hongo comestible Pleurotus afín ostreatus sobre un sustrato según su balance de relación C/N a base del césped residual de jardines. Universidad Nacional Federico Villarreal*, 115.
<https://hdl.handle.net/20.500.13084/6135>

Valera López, A., Castillo Cotrina, D., & Tito Vargas, C. (2023). *Rendimiento del hongo comestible Pleurotus ostreatus cultivado en diferentes sustratos a base de residuos agroindustriales de la ciudad de Tacna. Revista Ciencias Biológicas y Ambientales*, 2(1), 3–9.
<https://doi.org/10.33326/29585309.2023.1.2006>

Vallejo, M. (2002). *El diseño de investigacion: una breve revision metodologica. Archivos de Cardiologia de Mexico*, 72(1), 8–12.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-99402002000100002&lng=es&tlng=es.

Vázquez Rivas, E., & García Urióstegui, L. (2024). *Hemicelulosas: transformando fibras vegetales a polímeros biomédicamente versátiles. BIOCYT Biología Ciencia y Tecnología*, 17(Figura 1), 1255–1258.
<https://doi.org/10.22201/fesi.20072082e.2024.17.90407>

- Vera Prieto, W. S. (2024). *Ventajas de usar el método de costos fijos y variables para presupuestos empresariales*. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(2), 1206–1238. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i2.1946>
- Villani, A., Fanelli, F., Mulè, G., Moretti, A., & Loi, M. (2025). *Shedding light on Pleurotus: An update on taxonomy, properties, and photobiology*. *Microbiological Research*, 295(January). <https://doi.org/10.1016/j.micres.2025.128110>
- Willian, K., & Rivera, D. (2022). *Costos de producción y rentabilidad production costs and profitability*. *Ciencia latina*, 15. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6
- Yohannes, B., Abraham, M., Bikila, G., Robel, D., Getahun, T., Jale, M., Malesu, A., Tsehaynesh, F., & Lalise, D. (2020). *Selection of appropriate substrate for production of oyster mushroom (Pleurotus ostreatus)*. *Journal of Yeast and Fungal Research*, 11(1), 15–25. <https://doi.org/10.5897/jyfr2019.0187>
- Zegarra, E. (2024). *La agricultura familiar en el Perú: Retos y posibilidades para su transformación en el contexto de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS)*. En *Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)*. (p. 82). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12855.33441>
- Zhu, Z., Li, H., Qi, Z., Cen, Q., Zeng, X., & Sun, Y. (2026). *Innovative research of xian-Ling-Gu-bao herbal residue in regulating soluble carbon-to-nitrogen ratio to promote the growth and nutritional quality of Pleurotus ostreatus: A metabolomics and gut microbiota perspective*. *Food Chemistry: X*, 33(August 2025), 103467. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.103467>
- Zotti, M., Cecchi, G., Canonica, L., & Di Piazza, S. (2025). *A Review of Nature-Based Solutions for Valorizing Aromatic Plants' Lignocellulosic Waste Through Oyster Mushroom Cultivation*. *Sustainability (Switzerland)*, 17(10), 1–20. <https://doi.org/10.3390/su17104410>

ANEXOS

Anexo 1

Matriz y planificación

Anexo 1.1

Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
Problema general: ¿Cuál es la viabilidad económica en la producción de champiñones ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>) cultivados en dos sustratos orgánicos y la inclusión de residuos de cartón y papel en Huanta?	Objetivo general: Determinar la viabilidad económica en la producción de champiñones ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>) cultivados en dos sustratos orgánicos y la inclusión de residuos de cartón y papel en Huanta.	Hipótesis general: La producción de champiñones ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>) cultivados en dos sustratos orgánicos con inclusión de residuos de cartón y papel presenta viabilidad económica en Huanta.	Variable independiente: Formulación del sustrato.	Composición del sustrato.	- Tipo de sustrato utilizado. - Tratamientos experimentales (T1–T8). - Proporción de materiales utilizados (%).	Enfoque: Cuantitativo. Tipo: Aplicada. Nivel: Explicativo. Diseño: Experimental (DCA). Tratamientos: 8. Repeticiones: 3. Unidades experimentales: 24 bolsas de cultivo. Técnicas: Observación directa y medición experimental. Instrumentos: Fichas de registro, balanza digital, vernier, termómetro e higrómetro. Análisis estadístico: Shapiro-Wilk, ANOVA/Welch, Games-Howell y Kruskal-Wallis según correspondencia. Software: SPSS y Excel.
PE. 1: ¿Cuál de los tratamientos presenta el mayor rendimiento productivo del champiñón ostra	O1: Evaluar el rendimiento productivo de los champiñones ostra (<i>Pleurotus</i>	H1: El rendimiento productivo de los champiñones ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>) cultivados en dos	Variable dependiente: Producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> .	Rendimiento productivo.	- Peso fresco por cosecha (g). - Número de cuerpos fructíferos.	Registro individual por tratamiento y repetición durante tres cosechas. Análisis descriptivo e

(<i>Pleurotus ostreatus</i>) cultivados en dos sustratos orgánicos y la inclusión de residuos de cartón y papel en Huanta? PE. 2: ¿Cuál de los tratamientos presenta los menores costos de producción del champiñón ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>) cultivados en dos sustratos orgánicos y la inclusión de residuos de cartón y papel en Huanta? PE. 3: ¿Cuál de los tratamientos presenta la mayor rentabilidad económica del champiñón ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>) cultivados con dos sustratos orgánicos y la inclusión de residuos de cartón y papel en Huanta?	<i>ostreatus</i>) cultivados en dos sustratos orgánicos y la inclusión de residuos de cartón y papel en Huanta O2: Determinar los costos de producción de champiñones ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>) cultivados en dos sustratos orgánicos y la inclusión de residuos de cartón y papel en Huanta. O3: Determinar la rentabilidad económica del cultivo de champiñones ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>) cultivados en dos sustratos y la inclusión de residuos de cartón y papel en Huanta.	sustratos orgánicos con inclusión de residuos de cartón y papel presenta diferencias entre los tratamientos. H2: Los costos de producción de los champiñones ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>) cultivados en dos sustratos orgánicos con inclusión de residuos de cartón y papel presentan diferencias entre los tratamientos en Huanta. H3: La rentabilidad económica del cultivo de champiñones ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i>) cultivados en dos sustratos orgánicos con inclusión de residuos de cartón y papel presenta diferencias entre los tratamientos en Huanta.			- Número de sombreros. - Diámetro del sombrero (cm). - Número de cosechas.	inferencial mediante pruebas estadísticas.
			Estructura de costos.	- Costos directos -Costos indirectos - Costo total de producción - Costo unitario	Registro de materiales, insumos, mano de obra, servicios y producción obtenida. Procesamiento mediante Microsoft Excel.	
			Rentabilidad económica.	- Ingreso total - Beneficio neto - Rentabilidad - Relación beneficio-costo	Evaluación económica comparativa entre tratamientos considerando costos, producción e ingresos generados.	

Anexo 1.2

Planificación cronológica de las actividades del experimento.

Actividades	2025						2026						%
	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	J u n	
FASE PRECAMPO													
Revisión y corrección del estado de arte	X												5
Presentación de proyecto de tesis a la FCI-UNAH	X												5
Medición del experimental campo experimental		X											5
Selección de sustratos		X	X	X									5
Adquisición de equipos y materiales				X	X								5
1er informe trimestral				X									25 %
FASE CAMPO													
Acondicionamiento de campo y siembra					X	X							5
Seguimiento y evaluación de los tratamientos						X	X						20
Recolección de información en campo							X	X					10
2do informe trimestral							X						35 %
FASE GABINETE													
Organización de información									X				10
Procesamiento de datos									X	X			5
Interpretación y discusión										X	X		5
Redacción del borrador de tesis											X	X	10
Presentación final de tesis												X	10
3er informe trimestral											X	X	40 %
Total, a nivel de ejecución													100 %

Nota. La tabla presenta la planificación temporal de las actividades del proyecto de investigación sobre la producción de *Pleurotus ostreatus*, distribuida en las fases de pre-campo, campo y gabinete durante el periodo 2025–2026. Los valores porcentuales indican el nivel de avance estimado por actividad en función del cronograma establecido.

Anexo 2

Instrumentos y registros de campo

Anexo 2.1

Registro del diámetro del sombrero de los tratamientos

Ficha de evaluación de champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*)

	T	R	Cosecha											
			DIÁMETRO DEL SOMBRERO (cm)											
			1				2				3			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Cartón	1	7.55	7.05	7.25	6.45	7.25	7.05	6.45	7.55	6.30	6.00	5.90	5.50
2	Cartón	2	10.56	11.33	8.40	7.3	9.80	9.40	8.10	6.90	8.30	7.90	7.10	6.20
3	Cartón	3	8.92	9.32	8.32	7.13	8.40	8.10	7.62	6.92	7.51	7.10	6.70	6.10
4	Bagazo de caña	1	7.40	4.80	2.30	10.90	8.70	8.30	7.90	7.40	7.60	4.00	6.80	6.40
5	Bagazo de caña	2	8.30	5.10	2.75	12.5	7.80	4.60	2.30	10.80	6.40	7.30	2.00	9.30
6	Bagazo de caña	3	6.23	4.12	6.20	2.00	8.80	8.30	7.90	7.30	7.70	4.90	6.90	6.50
7	Papel	1	6.30	5.22	6.33	6.2	5.90	5.10	5.82	5.62	5.30	5.30	5.30	5.00
8	Papel	2	5.30	5.10	6.35	5.3	5.90	5.10	5.30	4.54	5.20	5.00	5.20	5.50
9	Papel	3	6.30	5.12	6.23	6.00	5.91	5.32	4.50	5.00	4.82	5.18	4.90	6.00

Ficha de evaluación de champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*)

	T	R	Cosecha											
			DIAMETRO DEL SOMBRERO (cm)											
			1				2				3			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
10	Cascarilla de coco	1	9.52	9.32	8.83	7.45	8.90	8.60	8.20	7.00	8.10	7.80	7.42	6.66
11	Cascarilla de coco	2	9.10	9.80	8.40	7.40	7.60	7.30	7.00	6.50	8.40	7.30	7.00	7.20
12	Cascarilla de coco	3	9.30	8.40	8.50	8.00	8.60	8.20	7.90	7.82	7.40	7.12	7.10	6.70
13	Bagazo papel	1	7.52	8.62	8.92	10.1	6.91	7.90	8.22	9.30	6.20	7.10	7.40	7.90
14	Bagazo + papel	2	8.10	8.40	8.70	9.60	7.40	7.80	8.12	8.10	8.70	6.80	7.20	7.90
15	Bagazo papel	3	8.40	8.70	9.10	9.80	7.80	8.10	8.40	8.40	9.00	7.10	7.40	8.10
16	Bagazo cartón	9.20	8.70	8.30	7.90	8.51	8.10	7.70	8.10	7.20	7.80	7.40	7.18	6.70
17	Bagazo cartón	11.06	7.05	7.7	8.65	10.10	6.40	7.00	10.10	7.90	9.20	5.80	6.40	7.10
18	Bagazo + cartón	7.30	8.20	7.90	8.70	9.50	7.50	7.30	9.50	8.00	8.60	6.90	6.80	7.20
19	COCO + papel	8.90	8.40	8.10	8.10	8.10	7.70	7.40	7.00	6.73	7.32	7.00	6.70	6.30

Ficha de evaluación de champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*)

	T	R	Cosecha											
			DIAMETRO DEL SOMBRERO (cm)											
			1				2				3			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
20	Coco + papel	2	8.80	8.7	8.10	7.70	8.00	7.60	7.30	6.90	7.20	6.90	6.60	6.20
21	Coco + papel	3	9.10	8.7	8.40	7.90	7.90	7.5	7.7	7.72	7.40	7.10	6.80	6.40
22	Coco + cartón	1	11.8	10.6	10.3	9.3	10.7	9.80	9.40	9.80	9.80	8.9	8.40	7.70
23	Coco + cartón	2	11.10	10.20	9.8	9.10	9.50	9.00	8.40	9.40	9.40	8.70	8.20	7.60
24	Coco + cartón	3	11.4	10.40	9.70	9.20	10.50	9.60	9.10	8.50	9.60	8.80	8.30	7.70

Anexo 2.2

Registro de datos de rendimiento, cuerpo fructífero y número de sombreros

Ficha de evaluación de champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*)

	T	R	Cosecha			Rendimiento total (Gr)	N° cuerpo fructífero (u)			Total	N° de sombreros(u)			Total, de sombreros	Fecha de cosecha		
			RENDIMIENTO (Gr)				1	2	3		1	2	3		1	2	3
			1	2	3		1	2	3		1	2	3				
1	Cartón	1	202.03	141.46	234.56	436.59	3	3	2	8	27	18	24	69	26/10/2026	31/10/2026	03/12/2026
2	Cartón	2	161.04	146.48	139.14	446.66	3	2	2	7	30	21	18	69	16/10/2026	31/10/2026	03/12/2026
3	Cartón	3	175.76	160.8	121.93	461.49	4	2	1	6	23	16	15	54	15/10/2026	31/10/2026	02/12/2026
4	Bazaro de Caña	1	93.9	70.8	55	219.7	2	2	1	5	11	15	5	31	26/10/2026	31/10/2026	10/12/2026
5	Bazaro de Caña	2	73.9	52.9	53.1	179.9	1	2	1	4	10	9	7	26	26/10/2026	31/10/2026	10/12/2026
6	Bazaro de Caña	3	51.1	63.3	70.1	184.5	2	1	2	5	6	8	9	26	26/10/2026	02/12/2026	12/12/2026
7	Papel	1	95.33	85.04	84.85	265.22	1	2	1	4	12	7	7	26	15/10/2026	26/10/2026	01/12/2026

Ficha de evaluación de champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*)

	T	R	Cosecha			Rendimiento total (Gr)	Nº cuerpo fructífero (u)			Total	Nº de sombreros(u)			Total, de sombreros	Fecha de cosecha		
			1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3
8	papel	2	50.74	83.90	60.65	195.29	3	3	2	8	7	6	5	18	15/10/2026	11/10/2026	12/10/2026
9	papel	3	89	82.88	60.65	232.53	2	3	3	8	10	6	5	21	15/10/2026	10/10/2026	12/10/2026
10	Cascarilla de coco	1	180.33	792.46	136.59	499.89	1	2	1	4	17	20	15	52	20/10/2026	29/10/2026	12/10/2026
11	Cascarilla de coco	2	200	162	145.6	507.6	2	1	2	5	19	18	16	53	21/10/2026	11/10/2026	12/10/2026
12	Cascarilla de coco	3	178	80.4	80.79	339.19	1	1	1	3	18	10	10	38	20/10/2026	11/10/2026	12/10/2026
13	Bagaño + papel	1	63.46	51.56	42.2	157.22	1	1	1	3	8	5	4	17	26/10/2026	10/10/2026	05/10/2026
14	Bagaño + papel	2	31.92	30.36	38.24	100.52	2	2	1	5	6	6	5	17	26/10/2026	12/10/2026	12/10/2026

Ficha de evaluación de champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*)

	T	R	Cosecha			Rendimiento total (Gr)	Nº cuerpo fructífero (u)			Total	Nº de sombreros(u)			Total, de sombreros	Fecha de cosecha		
			1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3
15	Bogazo + papel	3	72.96	52.52	40.2	165.68	3	2	2	7	8	6	4	18	23/01/2026	23/01/2026	23/01/2026
16	Bogazo + cartón	1	124.7	115.07	26.4	266.47	3	2	2	7	15	13	5	33	23/01/2026	23/01/2026	23/01/2026
17	Bogazo + cartón	2	88.45	48.8	38.15	175.9	2	1	1	4	10	6	6	22	23/01/2026	23/01/2026	23/01/2026
18	Bogazo + cartón	3	174.1	110.47	22.95	307.52	3	1	1	5	20	18	5	41	23/01/2026	23/01/2026	23/01/2026
19	C. coco + papel	1	192.2	170	38.6	398.8	4	3	1	8	21	19	4	44	23/01/2026	23/01/2026	23/01/2026
20	C. coco + papel	2	84.2	27	20.6	131.8	3	2	1	6	13	6	4	23	23/01/2026	23/01/2026	23/01/2026
21	C. coco + papel	3	157.8	121.6	46.30	325.7	2	2	1	5	10	8	5	23	23/01/2026	23/01/2026	23/01/2026

Ficha de evaluación de champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*)

	T	R	Cosecha			Rendimiento total (Gr)	Nº cuerpo fructífero (u)			Total	Nº de sombreros(u)			Total, de sombreros	Fecha de cosecha		
			1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3
22	C. coco + cartón	1	196.55	170	87.33	453.88	3	2	1	6	28	26	12	67	23/01/2026	23/01/2026	23/01/2026
23	C. coco + cartón	2	180.51	161.33	146.55	489.02	3	2	2	7	23	20	25	68	23/01/2026	23/01/2026	23/01/2026
24	C. coco + cartón	3	253.61	146.55	113.34	513.83	4	3	2	9	41	22	15	78	23/01/2026	23/01/2026	23/01/2026

Anexo 2.8

Base de datos del experimento

	Repeticiones	diametro de sombreros (1° Cosecha)	diametro de sombreros (2° Cosecha)	diametro de sombreros (3° Cosecha)	N° cuerpo fructifero (1 cosecha)	N° cuerpo fructifero (2° cosecha)	N° cuerpo fructifero (3 cosecha)	N° sombreros (1° cosecha)	N° sombreros (2° cosecha)	N° sombreros (3° cosecha)	Rendimient o en gr (1° cosecha)	Rendimient o en gr (2° cosecha)	Rendimient o en gr (3° cosecha)
0													
T1: Sustrato de cartón	1	12.08	7.69	8.68	3	3	2	27	18	24	202.03	141.46	234.56
T1: Sustrato de cartón	1	10.02	7.08	7.38	3	2	2	30	21	18	161.04	146.48	139.14
T1: Sustrato de cartón	1	13.68	7.03	6.85	4	2	1	23	16	15	178.76	160.8	121.93
T2: Sustrato de bagazo de caña	2	6.35	6.23	6.20	2	2	1	11	15	5	93.9	70.8	55
T2: Sustrato de bagazo de caña	2	7.16	3.60	6.25	1	2	1	10	9	7	73.9	52.9	53.1
T2: Sustrato de bagazo de caña	2	4.64	6.25	6.38	2	1	2	6	8	9	51.1	63.3	70.1
T3: Sustrato de papel	3	6.01	4.20	5.20	1	2	1	12	7	7	95.33	85.04	84.85
T3: Sustrato de papel	3	5.93	3.93	6.10	1	1	1	7	6	5	50.74	83.9	60.65
T3: Sustrato de papel	3	5.98	4.48	5.58	3	3	2	10	6	5	89	82.88	66.67
T4: Sustrato de cascarrilla de coco	4	8.66	6.43	7.48	2	3	3	17	20	15	180.33	192.76	136.89
T4: Sustrato de cascarrilla de coco	4	8.55	5.48	7.48	1	2	1	19	18	16	200	162	145.6
T4: Sustrato de cascarrilla de coco	4	8.68	6.18	7.13	2	1	2	18	10	10	178	85.4	80.79
T5: Sustrato de bagazo de caña + papel	5	8.79	4.08	4.95	1	1	1	8	5	4	63.76	51.56	42.2
T5: Sustrato de bagazo de caña + papel	5	8.70	5.83	5.88	1	1	1	6	6	5	31.92	30.36	38.24
T5: Sustrato de bagazo de caña + papel	5	9.00	6.08	6.00	2	2	1	8	6	4	72.96	52.52	40.2
T6: Sustrato de bagazo de caña + cartón	6	8.53	6.08	7.27	2	1	1	15	13	5	124.7	115.07	26.7
T6: Sustrato de bagazo de caña + cartón	6	8.61	5.88	7.13	3	2	2	10	6	6	88.95	48.8	38.15
T6: Sustrato de bagazo de caña + cartón	6	8.03	6.08	7.38	3	2	2	20	18	4	174.1	110.47	22.95
T7: Sustrato de cascarrilla de coco + papel	7	8.18	5.53	6.83	2	1	1	21	19	4	192.2	170	36.6
T7: Sustrato de cascarrilla de coco + papel	7	8.25	5.73	6.75	3	1	1	13	6	4	84.2	27	20.6
T7: Sustrato de cascarrilla de coco + papel	7	9.50	5.93	6.93	4	3	1	10	8	5	157.8	121.6	46
T8: Sustrato de cascarrilla de coco + cartón	8	10.50	7.53	8.70	3	2	1	28	26	12	196.55	170	87.33
T8: Sustrato de cascarrilla de coco + cartón	8	10.06	7.20	8.48	3	2	2	23	20	25	180.81	161.33	146.88
T8: Sustrato de cascarrilla de coco + cartón	8	10.23	7.30	8.60	4	3	2	41	22	15	253.61	146.88	113.34

Nota. Base de datos de las variables productivas del cultivo de *Pleurotus ostreatus*, ingresada al software estadístico excel para su procesamiento y análisis.

Anexo 3

Supuestos estadísticos de las pruebas de normalidad de las variables

Pruebas de normalidad

			Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
Cosechas		Sustratos de cultivo	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
1ª Cosecha	Diámetro de sombreros (1ª Cosecha)	T1: Sustrato de cartón	,200	3	.	,995	3	,862
		T2: Sustrato de bagazo de caña	,259	3	.	,959	3	,612
		T3: Sustrato de papel	,232	3	.	,980	3	,726
		T4: Sustrato de cascarrilla de coco	,333	3	.	,862	3	,274
		T5: Sustrato de bagazo de caña + papel	,269	3	.	,949	3	,567
		T6: Sustrato de bagazo de caña + cartón	,339	3	.	,851	3	,244
		T7: Sustrato de cascarrilla de coco + papel	,368	3	.	,790	3	,090
		T8: Sustrato de cascarrilla de coco + cartón	,226	3	.	,983	3	,751
2ª Cosecha	Diámetro de sombreros (1ª Cosecha)	T1: Sustrato de cartón	,361	3	.	,806	3	,130
		T2: Sustrato de bagazo de caña	,383	3	.	,756	3	,013
		T3: Sustrato de papel	,176	3	.	1,000	3	,980
		T4: Sustrato de cascarrilla de coco	,286	3	.	,930	3	,490
		T5: Sustrato de bagazo de caña + papel	,343	3	.	,842	3	,220
		T6: Sustrato de bagazo de caña + cartón	,385	3	.	,750	3	,000
		T7: Sustrato de cascarrilla de coco + papel	,175	3	.	1,000	3	1,000
		T8: Sustrato de cascarrilla de coco + cartón	,268	3	.	,951	3	,573
3ª Cosecha	Diámetro de sombreros (1ª Cosecha)	T1: Sustrato de cartón	,274	3	.	,944	3	,545
		T2: Sustrato de bagazo de caña	,280	3	.	,938	3	,520
		T3: Sustrato de papel	,208	3	.	,992	3	,829
		T4: Sustrato de cascarrilla de coco	,385	3	.	,750	3	,000
		T5: Sustrato de bagazo de caña + papel	,347	3	.	,834	3	,200
		T6: Sustrato de bagazo de caña + cartón	,198	3	.	,995	3	,868
		T7: Sustrato de cascarrilla de coco + papel	,196	3	.	,996	3	,878
		T8: Sustrato de cascarrilla de coco + cartón	,191	3	.	,997	3	,900

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Pruebas de normalidad

Cosechas			Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
			Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
1ª Cosecha	Nº cuerpo fructífero	T1: Sustrato de cartón	,385	3	.	,750	3	,000
		T2: Sustrato de bagazo de caña	,385	3	.	,750	3	,000
		T3: Sustrato de papel	,385	3	.	,750	3	,000
		T4: Sustrato de cascarrilla de coco	,385	3	.	,750	3	,000
		T5: Sustrato de bagazo de caña + papel	,385	3	.	,750	3	,000
		T6: Sustrato de bagazo de caña + cartón	,385	3	.	,750	3	,000
		T7: Sustrato de cascarrilla de coco + papel	,175	3	.	1,000	3	1,000
		T8: Sustrato de cascarrilla de coco + cartón	,385	3	.	,750	3	,000
2ª Cosecha	Nº cuerpo fructífero	T1: Sustrato de cartón	,385	3	.	,750	3	,000
		T2: Sustrato de bagazo de caña	,385	3	.	,750	3	,000
		T3: Sustrato de papel	,175	3	.	1,000	3	1,000
		T4: Sustrato de cascarrilla de coco	,175	3	.	1,000	3	1,000
		T5: Sustrato de bagazo de caña + papel	,385	3	.	,750	3	,000
		T6: Sustrato de bagazo de caña + cartón	,385	3	.	,750	3	,000
		T7: Sustrato de cascarrilla de coco + papel	,385	3	.	,750	3	,000
		T8: Sustrato de cascarrilla de coco + cartón	,385	3	.	,750	3	,000
3ª Cosecha	Nº cuerpo fructífero	T1: Sustrato de cartón	,385	3	.	,750	3	,000
		T2: Sustrato de bagazo de caña	,385	3	.	,750	3	,000
		T3: Sustrato de papel	,385	3	.	,750	3	,000
		T4: Sustrato de cascarrilla de coco	,175	3	.	1,000	3	1,000
		T5: Sustrato de bagazo de caña + papel	,385	3	.	,750	3	,000
		T6: Sustrato de bagazo de caña + cartón	,385	3	.	,750	3	,000
		T7: Sustrato de cascarrilla de coco + papel	,385	3	.	,750	3	,000
		T8: Sustrato de cascarrilla de coco + cartón	,385	3	.	,750	3	,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Pruebas de normalidad

Cosechas		Sustratos de cultivo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
			Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
1ª Cosecha	Nº de sombreros	T1: Sustrato de cartón	,253	3	.	,964	3	,637
		T2: Sustrato de bagazo de caña	,314	3	.	,893	3	,363
		T3: Sustrato de papel	,292	3	.	,923	3	,463
		T4: Sustrato de cascarrilla de coco	,310	3	.	,900	3	,384
		T5: Sustrato de bagazo de caña + papel	,175	3	.	1,000	3	1,000
		T6: Sustrato de bagazo de caña + cartón	,175	3	.	1,000	3	1,000
		T7: Sustrato de cascarrilla de coco + papel	,282	3	.	,936	3	,510
		T8: Sustrato de cascarrilla de coco + cartón	,328	3	.	,871	3	,298
2ª Cosecha	Nº de sombreros	T1: Sustrato de cartón	,337	3	.	,855	3	,253
		T2: Sustrato de bagazo de caña	,337	3	.	,855	3	,253
		T3: Sustrato de papel	,385	3	.	,750	3	,000
		T4: Sustrato de cascarrilla de coco	,385	3	.	,750	3	,000
		T5: Sustrato de bagazo de caña + papel	,385	3	.	,750	3	,000
		T6: Sustrato de bagazo de caña + cartón	,211	3	.	,991	3	,817
		T7: Sustrato de cascarrilla de coco + papel	,333	3	.	,862	3	,274
		T8: Sustrato de cascarrilla de coco + cartón	,184	3	.	,999	3	,927
3ª Cosecha	Nº de sombreros	T1: Sustrato de cartón	,253	3	.	,964	3	,637
		T2: Sustrato de bagazo de caña	,276	3	.	,942	3	,537
		T3: Sustrato de papel	,385	3	.	,750	3	,000
		T4: Sustrato de cascarrilla de coco	,328	3	.	,871	3	,298
		T5: Sustrato de bagazo de caña + papel	,385	3	.	,750	3	,000
		T6: Sustrato de bagazo de caña + cartón	,253	3	.	,964	3	,637
		T7: Sustrato de cascarrilla de coco + papel	,385	3	.	,750	3	,000
		T8: Sustrato de cascarrilla de coco + cartón	,385	3	.	,750	3	,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Pruebas de normalidad

Cosechas			Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
			Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
1ª Cosecha	Rendimiento por bolsa (g)	T1: Sustrato de cartón	,203	3	.	,994	3	,851
		T2: Sustrato de bagazo de caña	,184	3	.	,999	3	,928
		T3: Sustrato de papel	,337	3	.	,854	3	,251
		T4: Sustrato de cascarrilla de coco	,350	3	.	,828	3	,184
		T5: Sustrato de bagazo de caña + papel	,304	3	.	,908	3	,411
		T6: Sustrato de bagazo de caña + cartón	,209	3	.	,992	3	,824
		T7: Sustrato de cascarrilla de coco + papel	,260	3	.	,958	3	,605
		T8: Sustrato de cascarrilla de coco + cartón	,307	3	.	,903	3	,395
2ª Cosecha	Rendimiento por bolsa (g)	T1: Sustrato de cartón	,288	3	.	,928	3	,483
		T2: Sustrato de bagazo de caña	,209	3	.	,991	3	,822
		T3: Sustrato de papel	,181	3	.	,999	3	,939
		T4: Sustrato de cascarrilla de coco	,276	3	.	,943	3	,538
		T5: Sustrato de bagazo de caña + papel	,372	3	.	,782	3	,073
		T6: Sustrato de bagazo de caña + cartón	,202	3	.	,994	3	,852
		T7: Sustrato de cascarrilla de coco + papel	,213	3	.	,990	3	,809
		T8: Sustrato de cascarrilla de coco + cartón	,232	3	.	,980	3	,726
3ª Cosecha	Rendimiento por bolsa (g)	T1: Sustrato de cartón	,333	3	.	,862	3	,272
		T2: Sustrato de bagazo de caña	,334	3	.	,860	3	,266
		T3: Sustrato de papel	,293	3	.	,922	3	,461
		T4: Sustrato de cascarrilla de coco	,340	3	.	,849	3	,237
		T5: Sustrato de bagazo de caña + papel	,300	3	.	,913	3	,429
		T6: Sustrato de bagazo de caña + cartón	,294	3	.	,921	3	,457
		T7: Sustrato de cascarrilla de coco + papel	,235	3	.	,978	3	,716
		T8: Sustrato de cascarrilla de coco + cartón	,200	3	.	,995	3	,861

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Anexo 4

Resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas de

Prueba de homogeneidad de varianzas

Diámetro de sombreros (1° Cosecha)

Cosechas	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1° Cosecha	3,769	7	16	,013
2° Cosecha	7,403	7	16	,000
3° Cosecha	4,686	7	16	,005

Prueba de homogeneidad de varianzas

N° cuerpo fructífero

Cosechas	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1° Cosecha	1,221	7	16	,347
2° Cosecha	,677	7	16	,689
3° Cosecha	,250	7	16	,965

Prueba de homogeneidad de varianzas

N° de sombreros

Cosechas	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1° Cosecha	2,852	7	16	,039
2° Cosecha	2,065	7	16	,109
3° Cosecha	6,521	7	16	,001

Prueba de homogeneidad de varianzas

Rendimiento por bolsa (g)

Cosechas	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1° Cosecha	1,527	7	16	,228
2° Cosecha	3,939	7	16	,011
3° Cosecha	4,863	7	16	,004

Anexo 5

Costos y rentabilidad productiva de los tratamientos evaluados

Nombre común: Orellana o champiñón ostra

Nombre Científico: *Pleurotus ostreatus*

Ciclo: Campaña de 44 días

Sistema: cultivo en bolsas (sustrato pasteurizado de cartón)

Tratamiento: T1

Producción: 311.43 kg/44 días

Numero de bolsas 500

	ITEMS	Unidad	Cantidad	P. unitario	P. Total
1	COSTOS DIRECTOS				3237,00
	Materia prima directa				2215
	Sustrato (cartón)	kg	1000	0,30	300
	Semilla (micelio)	kg	50	20,00	1000
	Bolsas	Paquete	9	15,00	135
	Materiales (filtros) tubo pvc	Global	15	12,00	180
	Estantes de madera	Unidad	12	50,00	600
	Leña	Atados	20	5,00	100
	Mano de obra directa				980,00
	Preparación del sustrato y llenado de bolsas	Jornal	2	50,00	100,00
	Pasteurización térmica	Jornal	2	50,00	100,00
	Inoculación (siembra)	Jornal	2	50,00	100,00
	Control del cultivo (riego, ventilación)	Jornal	29	20,00	580,00
	Cosecha	Jornal	5	20,00	100,00
	Insumos directos				162
	Alcohol etílico	Unidad	1	15,00	15
	Guantes de látex	Paquete	1	10	10
	Gorra quirúrgica	Paquete	1	17	17
2	Costos indirectos de producción (CIF)				755,00
	Consumo de agua	Día	37	5,00	185,00
	Pila (Higrómetro)	Par	10	2,00	20,00
	Cilindro	Unidad	1	100,00	100,00
	Adaptación de local / galpón 60 m²	Global	1	120,00	120,00
	Costos indirectos varios (bisturí, balanza, Higrómetro)	Global	1	150	150,00
3	COSTO DE PRODUCCIÓN				3812,00
4	GASTOS DE VENTA				904,52
	Transporte al mercado	Global	1	400,00	400,00
	Empaque final (Bandeja, rollo film y etiqueta)	Global	1	504,52	504,52
5	COSTO TOTAL DE OPERACIÓN (S/.)				4716,52

EVALUACIÓN ECONÓMICA	
Ingresos (S/.)	7785,98
Utilidad neta (S/.)	3069,46
Relación Beneficio / Costo (B/C)	1,65
Rentabilidad porcentual (%)	65,08
Costo Unitario de Producción	15,14
Costo venta por kg	25
Margen de utilidad por Kg	9,86

Nombre común: Orellana o champiñón ostra

Nombre Científico: *Pleurotus ostreatus*

Ciclo: Campaña de 48 días

Sistema: cultivo en bolsas (sustrato pasteurizado de bagazo de caña)

Tratamiento: T2

Producción: 136.29 kg/48 días

Número de bolsas 500

	ITEMS	Unidad	Cantidad	P. unitario	P. Total
1	COSTOS DIRECTOS				3137,00
	Materia prima directa				2115
	Sustrato (bagazo de caña)	kg	1000	0,20	200
	Semilla (micelio)	kg	50	20,00	1000,00
	Bolsas	Paquete	9	15,00	135
	Materiales (filtros) tuvo pvc	unidad	15	12,00	180
	Estantes de madera	Unidad	12	50,00	600
	Alquiler de kit de pasteurización	Atados	20	5,00	100,00
	Mano de obra directa				980,00
	Preparación del sustrato y llenado de bolsas	Jornal	2	50,00	100,00
	Pasteurización térmica	Jornal	2	50,00	100,00
	Inoculación (siembra)	Jornal	2	50,00	100,00
	Control del cultivo (riego, ventilación)	Jornal	29	20,00	580,00
	Cosecha	Jornal	5	20,00	100,00
	Insumos directos				42
	Alcohol etílico	Unidad	1	15,00	15
	Guantes de látex	Paquete	1	10	10
	Gorra quirúrgica	Paquete	1	17	17
2	Costos indirectos de producción (CIF)				575,00
	Consumo de agua	Día	37	5,00	185,00
	Pila (Higrómetro)	Unidad	10	2,00	20,00
	Cilindro	Unidad	1	100,00	100,00
	Adaptación de local/ galpón 60 m²	Global	1	120,00	120,00
	Costos indirectos varios (bisturí, balanza, Higrómetro)	Global	1	150	150,00
3	COSTO DE PRODUCCIÓN				3712,00
4	GASTOS DE VENTA				620,79
	Transporte al mercado	Global	1	400,00	400,00
	Empaque final (Bandeja, rollo film y etiqueta)	Global	1	220,79	220,79
5	COSTO TOTAL DE OPERACIÓN (S/.)				4332,79

EVALUACIÓN ECONÓMICA	
Ingresos (S/.)	3407,25
Utilidad neta (S/.)	-925,54
Relación Beneficio / Costo (B/C)	0,79
Rentabilidad porcentual (%)	-21,36
Costo Unitario de Producción por kg	31,79
Costo venta por kg	25
Margen de utilidad por Kg	-6,79

Nombre común: Orellana o champiñón ostra

Nombre Científico: *Pleurotus ostreatus*

Ciclo: Campaña de 39 días

Sistema: cultivo en bolsas (sustrato pasteurizado de papel)

Tratamiento: T3

Producción: 150.15 kg/39 días

Número de bolsas 500

	ITEMS	Unidad	Cantidad	P. unitario	P. Total
1	COSTOS DIRECTOS				3237,00
	Materia prima directa				3040
	Sustrato (papel)	Kg	1000	0,20	200
	Semilla (micelio)	Kg	50	20,00	1000,00
	Bolsas	Paquete	9	15,00	135
	Materiales (filtros) tuvo pvc	Global	15	12,00	180
	Estantes de madera	Unidad	12	50,00	600
	Alquiler de kit de pasteurización	Unidad	1	100,00	100,00
	Mano de obra directa				980,00
	Preparación del sustrato y llenado de bolsas	Jornal	2	50,00	100,00
	Pasteurización térmica	Jornal	2	50,00	100,00
	Inoculación (siembra)	Jornal	2	50,00	100,00
	Control del cultivo (riego, ventilación)	Jornal	29	20,00	580,00
	Cosecha	Jornal	5	20,00	120,00
	Insumos directos				42
	Alcohol etílico	Unidad	1	15,00	15
	Guantes de látex	Paquete	1	10	10
	Gorra quirúrgica	Paquete	1	17	17
2	Costos indirectos de producción (CIF)				575,00
	Consumo de agua	Día	37	5,00	185,00
	Pila (Higrómetro)	Unidad	10	2,00	20,00
	Cilindro	Unidad	1	100,00	100,00
	Adaptación de local/galpón 60 m²	Global	1	120,00	300,00
	Costos indirectos varios (bisturí, balanza, Higrómetro)	Global	1	150	150,00
3	COSTO DE PRODUCCIÓN				3812,00
4	GASTOS DE VENTA				643,24
	Transporte al mercado	Global	1	400,00	400,00
	Empaque final (Bandeja, rollo film y etiqueta)	Global	1	243,24	243,24
5	COSTO TOTAL DE OPERACIÓN (S/.)				4455,24

EVALUACIÓN ECONÓMICA	
Ingresos (S/.)	3753,97
Utilidad neta (S/.)	-701,27
Relación Beneficio / Costo (B/C)	0,84
Rentabilidad porcentual (%)	-15,74
Costo Unitario de Producción por kg	29,67
Costo venta por kg	25
Margen de utilidad por Kg	-4,67

Nombre común: Orellana o champiñón ostra

Nombre Científico: *Pleurotus ostreatus*

Ciclo: Campaña de 50 días

Sistema: cultivo en bolsas (sustrato pasteurizado de cascarilla de coco)

Tratamiento: T4

Producción: 314.07 kg/50 días

Número de bolsas 500

	ITEMS	Unidad	Cantidad	P. unitario	P. Total
1	COSTOS DIRECTOS				3437,00
	Materia prima directa				2415,00
	Sustrato (cascarilla de coco)	kg	1000	0,50	500
	Semilla (micelio)	kg	50	20,00	1000,00
	Bolsas	Paquete	9	15,00	315
	Materiales (filtros) tuvo pvc	Unidad	12	15,00	180
	Estantes de madera	Unidad	12	50,00	600
	Leña	Unidad	20	5,00	100,00
	Mano de obra directa				980,00
	Preparación del sustrato y llenado de bolsas	Jornal	1	50,00	100,00
	Pasteurización térmica	Jornal	1	50,00	100,00
	Inoculación (siembra)	Jornal	1	50,00	100,00
	Control del cultivo (riego, ventilación)	Jornal	29	20,00	580,00
	Cosecha	Jornal	5	20,00	100,00
	Insumos directos				42
	Alcohol etílico	Unidad	1	15,00	15,00
	Guantes de látex	Paquete	1	10	10,00
	Gorra quirúrgica	Paquete	1	17	17,00
2	Costos indirectos de producción (CIF)				575,00
	Consumo de agua	Día	37	5,00	185,00
	Consumo de energía	Global	10	2,00	20,00
	Cilindro	Unidad	1	100,00	100,00
	Adaptación de local/galpón 60 m ²	Global	1	120,00	120,00
	Costos indirectos varios (bisturí, balanza, Higrómetro)	Global	1	150	150,00
3	COSTO DE PRODUCCIÓN				4012,00
4	GASTOS DE VENTA				908,79
	Transporte al mercado	Global	1	400,00	400,00
	Empaque final (Bandeja, rollo film y etiqueta)	Global	1	508.79	508.79
5	COSTO TOTAL DE OPERACIÓN (S/.)				4920,79

EVALUACIÓN ECONÓMICA	
Ingresos (S/.)	7851,67
Utilidad neta (S/.)	2930,88
Relación Beneficio / Costo (B/C)	1,60
Rentabilidad porcentual (%)	59,67
Costo Unitario de Producción por kg	15,67
Costo venta por kg	25
Margen de utilidad por Kg	9,33

Nombre común: Orellana o champiñón ostra

Nombre Científico: *Pleurotus ostreatus*

Ciclo: Campaña de 52 días

Sistema: cultivo en bolsas (sustrato pasteurizado de cascarilla de coco)

Tratamiento: T5

Producción: 97.87 kg/52 días

Número de bolsas 500

	ITEMS	Unidad	Cantidad	P. unitario	P. Total
1	COSTOS DIRECTOS				3437,00
	Materia prima directa				2415,00
	Sustrato (85 % Bagazo + 15 % papel)	kg	1000	0,50	500
	Semilla (micelio)	kg	50	20,00	1000,00
	Bolsas	Paquete	9	15,00	135
	Materiales (filtros) tubo pvc	Unidad	15	12,00	180
	Estantes de madera	Unidad	12	50,00	600
	Leña	Atados	20	5,00	100,00
	Mano de obra directa				980,00
	Preparación del sustrato y llenado de bolsas	Jornal	1	50,00	100,00
	Pasteurización térmica	Jornal	1	50,00	100,00
	Inoculación (siembra)	Jornal	1	50,00	100,00
	Control del cultivo (riego, ventilación)	Jornal	29	20,00	580,00
	Cosecha	Jornal	5	20,00	100,00
	Insumos directos				42
	Alcohol etílico	Unidad	1	15,00	15
	Guantes de látex	Paquete	1	10	10
	Gorra quirúrgica	Paquete	1	17	17
2	COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCIÓN (CIF)				575,00
	Consumo de agua	Día	37	6,60	264,00
	Pilas (Higrómetro)	Unidad	10	2,00	20,00
	Cilindro	Unidad	1	100,00	100,00
	Adaptación de local/galpón 60 m ²	Global	1	120,00	120,00
	Costos indirectos varios (bisturí, balanza, Higrómetro)	Global	1	150	150,00
3	COSTO DE PRODUCCIÓN				4012,00
4	GASTOS DE VENTA				560,17
	Transporte al mercado	Global	1	400,00	400,00
	Empaque final (Bandeja, rollo film y etiqueta)	Global	1	160,17	160,17
5	COSTO TOTAL DE OPERACIÓN (S/.)				4572,17

EVALUACIÓN ECONÓMICA	
Ingresos (S/.)	2471,70
Utilidad neta (S/.)	-2100,47
Relación Beneficio / Costo (B/C)	0.54
Rentabilidad porcentual (%)	-45,94
Costo Unitario de Producción por kg	46,25
Costo venta por kg	25
Margen de utilidad por Kg	-21,25

Nombre común: Orellana o champiñón ostra

Nombre Científico: *Pleurotus ostreatus*

Ciclo: Campaña de 50 días

Sistema: cultivo en bolsas (sustrato pasteurizado de bagazo y cartón)

Tratamiento: T6

Producción: 212.47 kg/50 días

Número de bolsas 500

	ITEMS	Unidad	Cantidad	P. unitario	P. Total
1	COSTOS DIRECTOS				3437,00
	Materia prima directa				2415,00
	Sustrato (85% Bagazo + 15 % cartón)	kg	1000	0,50	500
	Semilla (micelio)	kg	50	20,00	1000,00
	Bolsas	Paquete	9	15,00	135
	Materiales (filtros) tubo pvc	Global	15	12,00	180
	Estantes de madera	Unidad	12	50,00	600
	Leña	Unidad	20	5,00	100,00
	Mano de obra directa				1540,00
	Preparación del sustrato y llenado de bolsas	Jornal	2	50,00	100,00
	Pasteurización térmica	Jornal	2	50,00	100,00
	Inoculación (siembra)	Jornal	2	50,00	100,00
	Control del cultivo (riego, ventilación)	Jornal	29	20,00	580,00
	Cosecha	Jornal	5	20,00	100,00
	Insumos directos				42
	Alcohol etílico	Unidad	1	15,00	15
	Guantes de látex	Paquete	1	10	10
	Gorra quirúrgica	Paquete	1	17	17
2	Costos indirectos de producción (CIF)				575,00
	Consumo de agua	Día	37	5,00	185,00
	Pila (Higrómetro)	Global	10	2,00	20,00
	Cilindro	Unidad	1	100,00	100,00
	Adaptación de local/galpón 60 m ²	Global	1	120,00	120,00
	Costos indirectos varios (bisturí, balanza, Higrómetro)	Global	1	150	150,00
3	COSTO DE PRODUCCIÓN				4012,00

4	GASTOS DE VENTA				744,22
	Transporte al mercado	Global	1	400,00	400,00
	Empaque final (Bandeja, rollo film y etiqueta)	Global	1	344,22	344,22

5	COSTO TOTAL DE OPERACIÓN (S/.)				4756,22
----------	---------------------------------------	--	--	--	----------------

EVALUACIÓN ECONÓMICA	
Ingresos (S/.)	5311,72
Utilidad neta (S/.)	555,50
Relación Beneficio / Costo (B/C)	1,12
Rentabilidad porcentual (%)	11,68
Costo Unitario de Producción por kg	22,39
Costo venta por kg	25
Margen de utilidad por Kg	2,61

Nombre común: Orellana

Nombre Científico: *Pleurotus ostreatus*

Ciclo: Campaña de 52 días

Sistema: cultivo en bolsas (sustrato pasteurizado de cascarilla de coco y papel)

Tratamiento: T7

Producción: 228.47 kg/52 días

Número de bolsas 500

	ITEMS	Unidad	Cantidad	P. unitario	P. Total
1	COSTOS DIRECTOS				3837,00
	Materia prima directa				2815,00
	Sustrato (85 % cascarilla de coco + 15 % papel)	kg	1000	0,80	380
	Semilla (micelio)	kg	50	20,00	1000,00
	Bolsas	Paquete	9	15,00	135
	Materiales (filtros)	Unidad	15	12,00	180
	Estantes de madera	Unidad	12	50,00	600
	Leña	Unidad	1	100,00	100,00
	Mano de obra directa				1580,00
	Preparación del sustrato y llenado de bolsas	Jornal	2	50,00	100,00
	Pasteurización térmica	Jornal	2	50,00	100,00
	Inoculación (siembra)	Jornal	2	50,00	100,00
	Control del cultivo (riego, ventilación)	Jornal	29	20,00	580,00
	Cosecha	Jornal	5	20,00	100,00
	Insumos directos				42
	Alcohol etílico	Unidad	1	15,00	15
	Guantes de látex	Paquete	1	10	10
	Gorra quirúrgica	Paquete	1	17	17
2	Costos indirectos de producción (CIF)				575,00
	Consumo de agua	Día	37	5,00	185,00
	Pila (Higrómetro)	Unidad	10	2,00	20,00
	Cilindro	Unidad	1	100,00	100,00
	Adaptación de local/galpón 60 m ²	Global	1	120,00	120,00
	Costos indirectos varios (bisturí, balanza, Higrómetro)	Global	1	150	150,00
3	COSTO DE PRODUCCIÓN				4412,00

4	GASTOS DE VENTA				769,00
	Transporte al mercado	Global	1	400,00	400,00
	Empaque final (Bandeja, rollo film y etiqueta)	Global	1	369,00	369,00

5	COSTO TOTAL DE OPERACIÓN (S/.)				5181,00
----------	---------------------------------------	--	--	--	----------------

EVALUACIÓN ECONÓMICA	
Ingresos (S/.)	5708,00
Utilidad neta (S/.)	527,67
Relación Beneficio / Costo (B/C)	1,10
Rentabilidad porcentual (%)	10,18
Costo Unitario de Producción por kg	22,69
Costo venta por kg	25,00
Margen de utilidad por Kg	2,31

Nombre común: Orellana o champiñón ostra

Nombre Científico: *Pleurotus ostreatus*

Ciclo: Campaña de 51 días

Sistema: cultivo en bolsas (sustrato pasteurizado de cascarilla de coco y cartón)

Tratamiento: T8

Producción: 364.05 kg/51 días

Número de bolsas 500

	ITEMS	Unidad	Cantidad	P. unitario	P. Total
1	COSTOS DIRECTOS				3837,00
	Materia prima directa				2815,00
	Sustrato (85% cascarilla de coco + 15% cartón)	kg	100	0,80	800
	Semilla (micelio)	kg	50	20,00	1000,00
	Bolsas	Paquete	9	15,00	135
	Materiales (filtros) tubo pvc	Global	15	12,00	180
	Estantes de madera	Unidad	12	50,00	600
	Leña	Atado	20	5,00	100,00
	Mano de obra directa				980,00
	Preparación del sustrato y llenado de bolsas	Jornal	2	50,00	100,00
	Pasteurización térmica	Jornal	2	50,00	100,00
	Inoculación (siembra)	Jornal	2	50,00	100,00
	Control del cultivo (riego, ventilación)	Jornal	29	20,00	580,00
	Cosecha	Jornal	5	20,00	100,00
	Insumos directos				42
	Alcohol etílico	Unidad	1	15,00	15
	Guantes de látex	Paquete	1	10	10
	Gorra quirúrgica	Paquete	1	17	17
2	COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCIÓN (CIF)				540,00
	Consumo de agua	Día	37	5,00	264,00
	Pila (Higrómetro)	Global	10	2,00	20,00
	Cilindro	Unidad	1	100,00	100,00
	Adaptación de local/galpón 60 m ²	Global	1	120,00	120,00
	Costos indirectos varios (bisturí, balanza, Higrómetro)	Global	1	150	150,00
3	COSTO DE PRODUCCIÓN				4377,00
4	GASTOS DE VENTA				1050,00
	Transporte al mercado	Global	1	400,00	400,00
	Empaque final (Bandeja, rollo film y etiqueta)	Global	1	650,00	650,00
5	COSTO TOTAL DE OPERACIÓN (S/.)				5427,00

EVALUACIÓN ECONÓMICA	
Ingresos (S/.)	9101,13
Utilidad neta (S/.)	3674,13
Relación Beneficio / Costo (B/C)	1,68
Rentabilidad porcentual (%)	67,70
Costo Unitario de Producción por kg	14,91
Costo venta por kg	25
Margen de utilidad por Kg	10,09

Anexo 6*Panel fotográfico***Anexo 6.1***Selección del cartón*

Nota. Se quitó las grapas selecciono cartones en buen estado, realizada el 29 de noviembre del 2025.

Anexo 6.2*Selección del bagazo caña*

Nota. Se seleccionó el bagazo de caña en buen estado Se seleccionó el bagazo de caña en buen estado, proceso realizado el 2 de diciembre del 2025.

Anexo 6.3*Medición del espacio experimental*

Nota. Medida del campo experimental realizada el 1 de diciembre del 2025.

Anexo 6.4*Triturado del bagazo de caña*

Nota. Corte de sustratos no mayor a 3cm , realizada el 12 de diciembre del 2025.

Anexo 6.5*Selección y triturado de la cascarilla de coco*

Nota. Secado de la cascarilla de coco y corte para hacerla manejable, realizada el 10 de diciembre del 2025.

Anexo 6.6*Acondicionamiento de la zona experimental*

Nota. Acondicionamiento del ambiente experimental con plástico negro y blanco, tanto la pared y el piso, proceso realizado el 13 de diciembre del 2025.

Anexo 6.7*Corte de tubos para la elaboración de filtros*

Nota. Se realizó 24 cortes de 3cm al tubo de 2 de PVC para el filtro, realizada el 14 de diciembre del 2025.

Anexo 6.8*Hidratación de los sustratos*

Nota. Mezcla de sustratos hidratados de cartón + bagazo y cascarilla de coco + papel, proceso realizado el 15 de diciembre del 2025.

Anexo 6.9*Embolsado de sustratos*

Nota. Embolsado de sustratos por tratamiento con pesaje de 2 kg , proceso realizada el 15 de diciembre del 2025.

Anexo 6.10*Reposo de los sustratos*

Nota. Reposo de los sustratos, proceso realizada el 15 de diciembre.

Anexo 6.11*Pasteurización de los sustratos*

Nota. Se procedió a pasteurizar los sustratos con 20 L de agua en el cilindro durante 3 horas a 80°C.

Anexo 6.12*Enfriamiento de los sustratos*

Nota. Se le dio un reposo de 24 horas para su enfriamiento en una habitación implementada y desinfectada, proceso realizado el 15 de diciembre del 2025.

Anexo 6.13*Siembra del micelio*

Nota. Se sembró el micelio en la parte superior del sustrato, realizada el 16 de diciembre del 2025.

Anexo 6.14*Colocación del filtro*

Nota. Se colocó un tubo circular para luego cubrirlo con un trapo y sujetar con un aligta, realizada el 16 de diciembre del 2025.

Anexo 6.15*Identificación de los tratamientos*

Nota. Se ubicó el nombre de los sustratos para diferenciarlos. Luego se ubicó en la zona de incubación, realizada el 16 de diciembre del 2025.

Anexo 6.16*Crecimiento del micelio*

Nota. Seguimiento del crecimiento del micelio hasta cubrir el sustrato a 15 días de la inoculación., el 1 de enero del 2026.

Anexo 6.17*Construcción del estante para la fructificación*

Nota. Se realizó un estante de 5 pisos para las 24 bolsas de sustrato, el proceso se realizó el 25 de diciembre del 2025.

Anexo 6.18*Corte de las bolsas para la fructificación*

Nota. Corte de 3 cm para ayudar a los carpóforos, realizada el 13 de enero del 2026.

Anexo 6.19

Riego y control de humedad



Nota. Riego 3 veces al día, manteniendo entre 80% y 90 % de humedad, traslado de las bolsas pobladas de micelio el 11 de enero del 2026.

Anexo 6.20

Fructificación de Pleurotus ostreatus



Nota. Se realizó el seguimiento hasta el punto de madures los primeros cuerpos fructíferos brotaron el 15 de enero del 2026.

Anexo 6.21*Cosecha y medición de variables de *Pleurotus ostreatus**

Nota. Cosecha y pesado de los hongos ostra se empezó el 22 de enero culminando el 5 de febrero, ya que hubo 3 cosechas.

Anexo 6.22

Boleta electrónica

PACHAKALLAMPA S.A.C

RUC: 20615327639
N/S:

BOLETA DE VENTA ELECTRONICA
BX01-000012



LOCAL:

Dirección: Ca. Leoncio Prado Mz B NRO.28 URB. 13 de octubre S.J.M - LIMA - LIMA

DEPARTAMENTO: LIMA

Código Despacho:	Tienda	Caja	TPK	Fecha	Hora
00201	1	1	95	2025-12-12	14:25:19

Tipo de documento: DOC. NACIONAL DE IDENTIDAD
Numero documento: 73985335

Cod. Cajero: ACCD
Cod. Vendedor: ACCD

Nombre Cliente: Sulma Marleny Quispe Janampa

Cod. Supervisor: No

Código	Descripción	Cantidad	Unid	Precio Unit	Importe
			med	/Kg	Total S/
PBX001	MICELIO SEMILLA DE PLEUROTUS OSTREATUS	3	KG	20,00	60,00
PTX013	TERMOMETRO	1	Und.	15,00	15,00
PHT015	HIDROTERMOMETRO	1	Und.	25,00	25,00
PPP001	BOLSAS DE POLIPROPILENO DE 2u 15"x20"	1	Paq.	15,00	15,00
OP. GRAVADA					115,0
IGV - 18%					18,0
IMPORTE TOTAL				S/	133,00
TOTAL S/					

FORMA DE PAGO

MONTO S/

QujifoXDnzYFpW+c3odoT+BhfpU=

Representación impresa de la Boleta de Venta electrónica, esta puede ser consultada en www.PACHAKALLAMPASAC.com.pe

Autorizado mediante resolución de intendencia 0180050001086/SUNAT

Nota. Boleta de compra de la semilla, higrómetro y bolsa de polipropileno.