

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA**  
**MENCIÓN GESTIÓN AMBIENTAL**



**CAPACIDAD PRODUCTIVA DE *Pleurotus ostreatus* CULTIVADO EN SUSTRATOS  
A BASE DE RESIDUOS DE ORIGEN AGRÍCOLA Y FORESTAL EN TINGO  
MARÍA**

**TESIS**

**Para optar el grado de**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA**  
**MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:**

**MARJORY ABIGAIL RUIZ TELLO**

**TINGO MARÍA – PERÚ**

**2024**

*Handwritten notes and signatures:*  
C. el  
E. Ruiz Tello  
V.C.B.  
14/12/25  
15/12/25  
15/12/25  
15/12/2025  
WBO  
15/12/25



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**UNIDAD DE POSGRADO**



**DIRECCIÓN**

"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA  
CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

**ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS**  
**Nro. 017-2024-UPG-FRNR-UNAS**

En la ciudad universitaria, siendo las 04:00 p.m. del viernes 20 de diciembre de 2024, reunidos de manera presencial en la Sala de Sesiones de Grados y Títulos de la UNAS, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

**"CAPACIDAD PRODUCTIVA DE *Pleurotus ostreatus* CULTIVADO  
EN SUSTRATOS A BASE DE RESIDUOS DE ORIGEN AGRÍCOLA Y  
FORESTAL EN TINGO MARÍA"**

A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias en Agroecología, mención:  
Gestión Ambiental **RUIZ TELLO, MARJORY ABIGAIL**.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO** Acto seguido, a horas **5: 57 p.m.** el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

.....  
Ph. D. LUIS ALBERTO VALDIVIA ESPINOZA  
**Presidente del Jurado**

.....  
Ing. M.Sc. WARREN RIOS GARCIA  
**Miembro del Jurado**

.....  
Ing. M.Sc. EDILBERTO DIAZ QUINTANA  
**Miembro del Jurado**

.....  
Dr. LADISLAO RUIZ RENGIFO  
**Asesor**



*"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"*  
*"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"*

## **CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 009 - 2026 - CS-RIDUNAS**

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

### **CERTIFICA QUE:**

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% y contenido generado por Inteligencia Artificial menor o igual al 20%. Según establece el Art. 29° y 30° del Acuerdo Nro.017-2025-CIUNAS-VRI-UNAS.

### **Programa de Estudio:**

Maestría en Ciencias en Agroecología Mención: Gestión Ambiental

### **Tipo de documento:**

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
CAPACIDAD PRODUCTIVA DE pleurotus ostreatus CULTIVADO EN SUSTRATOS A BASE DE RESIDUOS DE ORIGEN AGRÍCOLA Y FORESTAL EN TINGO MARÍA	MARJORY ABIGAIL RUIZ TELLO	11 % Once	Menor a 20 %

Tingo María, 14 de enero de 2026.

 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO  
  
ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES  
JEFE

C.C. Archivo

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA**  
**MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL**



**CAPACIDAD PRODUCTIVA DE *Pleurotus ostreatus* CULTIVADO EN SUSTRATOS  
A BASE DE RESIDUOS DE ORIGEN AGRÍCOLA Y FORESTAL EN TINGO  
MARÍA**

<b>Autor</b>	: Marjory Abigail Ruiz Tello
<b>Asesor</b>	: Dr. Ladislao Ruiz Rengifo
<b>Programa de investigación</b>	: Ciencias Básicas Forestales
<b>Línea de investigación</b>	: Biotecnología forestal
<b>Eje temático</b>	: Biorremediación forestal
<b>Lugar de ejecución</b>	: Provincia de Leoncio Prado, región Huánuco
<b>Duración</b>	: 8 meses
<b>Financiamiento</b>	: S/ 4082.00
<b>FEDU</b>	: No
<b>Propio</b>	: Si
<b>Otros</b>	: No

**Tingo María – Perú**

**2024**

## DEDICATORIA

A Jehová Dios, quien en todo momento ha estado conmigo, guiando mi camino y bendiciendo cada día de mi vida.

A mis padres Ladislao Ruiz y María Tello por darme la fortaleza para superar los desafíos y la sabiduría para aprender de mis errores. Su amor incondicional ilumina mi destino.

A mi amada hija Valeria Abigail por ser mi compañía, luz de mi vida, fuente de alegría e inspiración, demostrándome su amor incondicional en todo momento.

A mis hermanas, por haber sido pilares fundamentales en mi formación como persona. Su comprensión, cariño y apoyo incondicional han sido esenciales en cada paso de mi vida.

## AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) que a través de la Escuela de Posgrado contribuyó de manera significativa en mi formación profesional y brindarme las herramientas necesarias para el desarrollo académico y científico.
- A Mi asesor el Dr. Ladislao Ruiz Rengifo, por su guía, apoyo incondicional y contribución científica durante el desarrollo del proyecto. Su orientación ha sido fundamental para la ejecución y culminación de este trabajo.
- Al presidente del jurado Ph.D. Luis A. Valdivia Espinoza por su orientación y contribución en el desarrollo y culminación de este trabajo de investigación.
- A los miembros del jurado de tesis: Ing. M.Sc. Warren Rios García e Ing. M.Sc. Edilberto Diaz Quintana por su valioso aporte y dedicación en la revisión académica y científica de este trabajo, contribuyendo con sus conocimientos a su mejora y fortalecimiento.
- A todas las personas que de una u otra manera han aportado en la realización de esta tesis, brindándome su conocimiento, tiempo y aliento en este proceso académico.

## ÍNDICE

	Página
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	3
2.1. Marco teórico.....	3
2.1.1. Aspectos generales del género <i>Pleurotus</i> .....	3
2.1.2. Taxonomía de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	7
2.1.3. Ciclo reproductivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	8
2.1.4. Morfología de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	9
2.1.5. Elementos funcionales de los <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	10
2.1.6. Residuos agrícolas y forestales.....	10
2.1.7. Biomasa lignocelulósica .....	11
2.1.8. Factores que influyen en el desarrollo y la fructificación de <i>Pleurotus</i> <i>ostreatus</i> .....	13
2.1.8.1. El sustrato.....	13
2.1.8.2. La temperatura .....	14
2.1.8.3. La humedad relativa.....	14
2.1.8.4. Tamaño de las partículas del sustrato y su contenido de humedad.....	15
2.1.8.5. Concentración de oxígeno y de dióxido de carbono en el aire	15
2.1.8.6. El pH .....	15
2.1.8.7. Luz .....	16
2.1.8.8. Aireación.....	16
2.1.8.9. Calidad de la semilla .....	17
2.2. Estado del arte.....	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	23
3.1. Lugar de ejecución.....	23
3.1.1. Ubicación geográfica.....	23
3.1.2. Ubicación política.....	23
3.1.3. Ecología y clima .....	23
3.2. Materiales y métodos .....	24
3.2.1. Materiales, reactivos e insumo y equipos de Laboratorio .....	24

3.2.2.	Condiciones ambientales en el proceso de producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	24
3.3.	Metodología.....	26
3.3.1.	Fase de laboratorio .....	26
3.3.2.	Fase de campo .....	28
3.3.2.1.	Sustratos elaborados a base de aserrín y residuos agrícolas ...	28
3.3.2.2.	Fermentado del sustrato .....	29
3.3.2.3.	Embolsado o soporte para la producción de los cuerpos fructíferos .....	29
3.3.2.4.	Pasteurizado de los sustratos.....	30
3.3.2.5.	Inoculación del micelio en los sustratos .....	30
3.3.2.6.	Incubación.....	30
3.3.2.7.	Inducción a la fructificación .....	30
3.3.2.8.	Fructificación .....	30
3.3.2.9.	Cosecha y evaluación.....	31
3.4.	Unidad experimental y enfoque del estudio .....	32
3.4.1.	Tipos y nivel de investigación.....	32
3.4.2.	Tratamientos .....	32
3.4.3.	Diseño experimental .....	32
3.5.	Recolección y evaluación de datos/variables a evaluar .....	33
3.5.1.	Tiempo de corrida del micelio.....	33
3.5.2.	Peso fresco de la producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	33
3.5.3.	Porcentaje de eficiencia biológica del sustrato, rendimiento y tasa de producción .....	33
3.6.	Variables evaluadas .....	34
3.6.1.	Variables independientes.....	34
3.6.2.	Variables dependientes .....	34
3.6.3.	Variables intervinientes .....	34
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1.	Producción en estado fresco de <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivado sobre sustratos de origen agrícola y forestal .....	35
4.2.	Tiempo de corrida del micelio y fructificación a días después de la siembra de <i>Pleurotus ostreatus</i> en los sustratos de origen agrícola y forestal.....	39

4.3. Eficiencia biológica, tasa de producción y rendimiento de <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivado sobre los sustratos de origen agrícola y forestal .....	42
4.3.1. Eficiencia biológica .....	42
4.3.2. Tasa de producción.....	45
4.3.3. Rendimiento .....	48
V. CONCLUSIONES .....	51
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	52
VII. REFERENCIAS.....	53

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Composición de los componentes de la lignocelulosa en diferentes materiales residuales .....	5
2. Valor nutricional de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	7
3. Indicadores ideales para el cultivo de las orellanas .....	16
4. Diagnóstico de los problemas más frecuentes encontrados en la etapa de fructificación del cultivo de hongos comestibles y medicinales.....	17
5. Composición de residuos de caña de azúcar fermentados con <i>Pleurotus ostreatus-pulmonarius</i> . .....	21
6. Tratamientos estudiados .....	32
7. Descriptivos del peso fresco (g) de la producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> en sustratos de origen agrícola y forestal.....	35
8. Análisis de varianza ( $\alpha = 0,05$ ) del peso fresco de la producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> en sustratos de origen agrícola y forestal. ....	36
9. Prueba de Tukey del peso fresco de la producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> en sustratos de origen agrícola y forestal.....	37
10. Estadísticos descriptivos para el inicio de fructificación de <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivado sobre los sustratos de origen agrícola y forestal .....	40
11. Análisis de varianza de la fructificación días después de la siembra de <i>Pleurotuss ostreatus</i> cultivado sobre los sustratos de origen agrícola y forestal .....	41
12. Prueba de Tukey de la fructificación a días después de la siembra de <i>Pleurotuss ostreatus</i> cultivado sobre los sustratos de origen agrícola y forestal.....	41
13. Estadísticos descriptivos de la eficiencia biológica de los sustratos estudiados en la producción de <i>Pleurotuss ostreatus</i> .....	43
14. El análisis de varianza ( $\alpha = 0,05$ ) de la eficiencia biológica en la producción de <i>Pleurotuss ostreatus</i> sobre los sustratos de origen agrícola y forestal .....	44
15. Prueba de Tukey de la eficiencia biológica en la producción de <i>Pleurotuss ostreatus</i> con respecto a los sustratos de origen agrícola y forestal. ....	45
16. Descriptivos de la tasa de producción de los sustratos estudiados en la producción de <i>Pleurotuss ostreatus</i> .....	46
17. Análisis de varianza ( $\alpha = 0,05$ ) de la Tasa de Producción de <i>Pleurotuss ostreatus</i> sobre los sustratos de origen agrícola y forestal. ....	47

18.	Prueba de Tukey de la tasa de producción de los sustratos estudiados en la producción de <i>Pleurotuss ostreatus</i> .....	47
19.	Descriptivos del rendimiento de los sustratos estudiados en la producción de <i>Pleurotuss ostreatus</i> .....	48
20.	Análisis de varianza de rendimiento de los sustratos estudiados en la producción de <i>Pleurotuss ostreatus</i> .....	49
21.	Prueba Tukey del rendimiento de los sustratos estudiados en la producción de <i>Pleurotuss ostreatus</i> .....	49
22.	Datos de evaluación en la producción del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> del tratamiento T1 (Aserrín granulado de bolaina) .....	60
23.	Datos de evaluación en la producción del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> del tratamiento T2 (Talo de arroz) .....	60
24.	Datos de evaluación en la producción del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> del tratamiento T3 (Bagazo de caña de azúcar) .....	61
25.	Datos de evaluación en la producción del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> del tratamiento T4 (Aserrín de cajones) .....	61
26.	Datos de evaluación en la producción del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> del tratamiento T5 (Cáscara de arroz) .....	62
27.	Producción en peso fresco de <i>Pleurotus ostreatus</i> , en sustrato tallo de arroz. ....	62
28.	Evaluación de la producción en peso fresco (g) de <i>Pleurotus ostreatus</i> , en sustrato a base de aserrín de bolaina blanca. ....	63
29.	Evaluación de la producción en peso fresco (g) de <i>Pleurotus ostreatus</i> , en sustrato a base de bagazo de caña de azúcar. ....	63
30.	Evaluación de la producción en peso fresco (g) de <i>Pleurotus ostreatus</i> , en sustrato a base de aserrín de aserrín de cajonería .....	64
31.	Evaluación de la producción en peso fresco (g) de <i>Pleurotus ostreatus</i> , en sustrato a base de cascarilla de arroz. ....	64
32.	Descriptivos de las variables evaluadas. ....	65
33.	Registro de la temperatura y humedad relativa en la etapa de producción del hongo, tomados con un termómetro en el interior del ambiente de producción. ....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Partes del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> (figura extraída de internet) .....	8
2. Ciclo de vida de <i>Pleurotus ostreatus</i> . A) basidiosporas haploides (n), B) micelio primario haploide (n), C) micelio secundario dicariótico (n+n=2n), D) basidiomas, E) basidios.....	9
3. Grafía de la celulosa, hemicelulosa y lignina en células de la planta .....	12
4. Mapa de ubicación del lugar de estudio.....	23
5. Promedio de temperatura y humedad relativa evaluados en el periodo de producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> . .....	25
6. Esquema básico para obtener la semilla del <i>Pleurotus ostreatus</i> “Spawn”, granos de trigo invadidos de micelio.....	27
7. Esquema básico del proceso de producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> : <b>1)</b> Fermentación del sustrato, <b>2)</b> llenado del sustrato en saco de malla de nylon, <b>3)</b> el saco de malla con el sustrato puesto en el cilindro, <b>4)</b> pasteurizado del sustrato a temperatura de entre 80 a 90 °C, <b>5)</b> embolsado, siembra de micelio en las bolsas y codificado según tratamiento, <b>6)</b> bolsas en incubación en cuarto oscuro, <b>7)</b> inicio de fructificación, <b>8)</b> frutos listos para la cosecha, <b>9)</b> cosecha y pesado de los carpóforos. ....	31
8. Histograma de la producción en peso fresco de <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivado sobre sustratos de origen agrícola y forestal.....	35
9. Fructificación de <i>Pleurotus ostreatus</i> días después de la siembra sobre los sustratos de origen agrícola y forestal.....	40
10. Histograma de la eficiencia biológica de los sustratos estudiados en la producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	43
11. Histograma de la tasa de producción de los sustratos estudiados en la producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	46
12. Histograma del rendimiento de la producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> en los sustratos estudiados.....	48
13. Residuos utilizados en las pruebas de producción del <i>Pleurotus ostreatus</i> . a. Cascarrilla de arroz, b. Aserrín de bolaina blanca, c. Aserrín de cajonería, d. Tallo o paja de arroz y e. Bagazo e caña de azúcar.....	66

14. Fructificaciones de <i>Pleurotus ostreatus</i> en los distintos sustratos a base de residuos agrícolas e industriales: a. Aserrín de bolaina blanca, b. Bagazo de caña de azúcar, c. Cascarilla de arroz, d. Tallo de arroz y e. Aserrín de cajonería.....	67
15. Maderas de especies blandas mayormente utilizadas en la elaboración de cajones para embalaje de frutas, Tingo María. ....	69
16. Siembra de semillas de <i>P. ostreatus</i> en los sustratos embolsados.....	69
17. Peso en gramos de la producción de <i>Pleurtous ostreatus</i> evaluado por tratamiento y repetición. ....	70
18. Siembra de semilla de <i>Pleurtous ostreatus</i> y codificado según tratamiento .....	70
19. Frutos de gran tamaño de <i>Pleurotus ostreatus</i> producido en aserrín de bolaina blanca.....	71
20. Aserrín de bolaina blanca invadido de micelio luego de la incubación a la etapa de inducción.....	71
21. Frutos suculentos de <i>Pleurotus ostreatus</i> en aserrín de bolaina, observe el estípite bastante robusto. ....	72
22. Bagazo de caña de azúcar secando al sol luego de su lavado, para después ser picado en secciones de 2 a 3 cm. ....	72
23. <i>Pleurotus ostreatus</i> produciendo en cascarilla de arroz (una de las dos bolsas que solo fructificaron). ....	73
24. <i>Pleurotus ostreatus</i> luego de incubado las bolsas en estante oscuro cubierto de plástico negro.....	73
25. En la cámara de flujo laminar, proceso de producción de semilla de <i>Pleurotus ostreatus</i> a base de granos de trigo resbalado (trigo sin pelar). ....	74
26. Sustrato en bolsas colocadas en el fondo del cilindro para iniciar el proceso de pasteurización. ....	74
27. Ambiente de producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> , con techo de hoja de palma y protegido de malla a los alrededores.....	75
28. Bolsa contaminada con <i>Trichoderma sp</i> característico por su color verde, con frutos de poco tamaño.....	75

# **CAPACIDAD PRODUCTIVA DE *Pleurotus ostreatus* CULTIVADO EN SUSTRATOS A BASE DE RESIDUOS DE ORIGEN AGRÍCOLA Y FORESTAL EN TINGO MARÍA**

## **RESUMEN**

En la región del Alto Huallaga, la actividad agrícola y forestal genera un alto volumen de residuos orgánicos que, en su mayoría, son desechados de manera inadecuada o incinerados, lo que provoca impactos ambientales negativos. Ante esta problemática, el aprovechamiento sostenible de estos residuos para la producción de hongos comestibles representa una alternativa viable para su reutilización. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* en sustratos elaborados a partir de residuos agrícolas y forestales. La investigación, de tipo experimental, se desarrolló en dos etapas: la activación y producción de semilla en el Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, y la producción del hongo en un ambiente protegido con mallas y techo. Se evaluaron cinco tipos de sustratos con alto contenido de celulosa y lignina: T1 (aserrín de bolaina), T2 (tallo de arroz), T3 (bagazo de caña de azúcar), T4 (aserrín de cajonería) y T5 (cáscara de arroz). Los resultados indicaron que el bagazo de caña de azúcar y el tallo de arroz fueron los sustratos más eficientes, con rendimientos de 785,20 g y 608,30 g de peso fresco, respectivamente. Además, estos sustratos permitieron una fructificación temprana, con tiempos de incubación de 25,80 y 28,10 días. En contraste, la cáscara de arroz presentó el menor rendimiento (15,70 g) y la menor eficiencia biológica (1,91 %). Se concluye que el bagazo de caña de azúcar y el tallo de arroz son los sustratos más adecuados para la producción de *P. ostreatus*, al proporcionar un ambiente óptimo para su crecimiento y desarrollo.

**Palabras clave:** Pleurotus, residuos forestales, residuos agrícolas, productividad

## **The Productive Capacity of *Pleurotus ostreatus* when Cultivated in Substrata based from Waste of an Agricultural and Forest Origin in Tingo Maria**

### **ABSTRACT**

In the upper Huallaga region [of Peru], agricultural and forest activity generate a high volume of organic waste that mostly is thrown out in an inadequate manner or burned, which provokes negative environmental impacts. In the face of this problem, the sustainable use of this waste for producing edible fungi represents a viable alternative for their reuse. The objective of the present study was to evaluate the productive capacity of *Pleurotus ostreatus* in substrata elaborated from agricultural and forest waste. The research was of an experimental type [and] was carried out in two stages: the activation and the seed production in the mycology and technology laboratory for propagation at the Universidad Nacional Agraria de la Selva and the production of the fungus in an environment protected with screens and a roof. Five types of substrata were evaluated with a high cellulose and lignin content: T1 (bolaina sawdust), T2 (rice shafts), T3 (sugarcane chaff), T4 (woodshop sawdust), and T5 (rice hulls). The results indicated that the sugarcane chaff and the rice stalks were the most efficient substrata with yields of 785.20 g and 608.30 g of dry weight, respectively. Moreover, these substrata allowed for early fruiting, with incubation times of 25.80 and 28.10 days. In contrast, the rice hulls presented the lowest yield (15.70 g) and the lowest biological efficiency (1.91 %). It was concluded that the sugarcane chaff and the rice stalks were the most adequate substrata for the production of *P. ostreatus*, since they provide an optimal environment for its growth and development.

**Keywords:** Pleurotus, forest waste, agricultural waste, productivity

## I. INTRODUCCIÓN

El reino Fungi, un grupo especial de la biodiversidad, considerada como una de las más abundantes en la naturaleza después de los insectos; son organismos que tienen mucha importancia desde el punto de vista ecológico, socioeconómica y nutricional. En base a la biodiversidad vegetal mundial, se reporta la presencia de 2,2 a 3,8 millones de especies de hongos que se sustentan en nuevas evidencias que proviene de extrapolaciones de proporciones planta-hongo, además, ahora se está generando información de estudios de secuencia medio ambiental incluidas comparaciones de datos moleculares y de trabajos de campo de los mismos lugares (Hawksworth y Lücking, 2017). Los hongos son los organismos más pobremente estudiados, actualmente, es una ciencia que va tomando mucho interés por la comunidad científica y es un potencial que muy bien podría orientarse su estudio a mejorar el bienestar de la humanidad. Los hongos comestibles funcionan como alimentos al no tener solo la capacidad de convertir la gran biomasa, compuesta primordialmente por lignina y celulosa, en suministros sanos, sino que eventualmente pueden generar derivados llamados nutracéuticos y/o micomedicinas con múltiples elementos que mejoran la salud, principalmente cardiovascular. Su producción, que está en crecimiento debido a la demanda actual hacia el consumismo de productos naturales, es valorada no solo por su aporte nutricional sino también por su capacidad para estimular el sistema inmune (Boa, 2005).

De manera general, a nivel del mundo y especialmente en nuestro país son temas desconocidos e incomprensibles por la mayoría de la gente y, en consecuencia, es más difícil aprovechar lo que se desconoce. Al presente, el Perú posee poca cultura micológica, no obstante, de acuerdo con Tructmann (2012), existen evidencias del uso de macro hongos en la época prehispánica en condición extensible, como son las variedades de cerámicas, minerales con metal y en telares culturales como: Pukará (1 200 A.C.- 400DC), Cupisnique (1 200- 200 A.C.), Wari (700 - 1100 D.C.), Paracas (800 - 100 A.C.), Moche (100 A.C. - 800 D.C.), Chimú (900 -1470), e Inca (1 200 - 1532); así mismo, a 100 primeros años de colonización se reconocen los hongos dentro de la dieta Incaica. Ahora, muchas etnias de la amazonia incluyendo colonos que viven en el campo conocen y consumen varias especies de hongos que comúnmente los denominan “callampa” y entre ellas tenemos a: *Pleurotus afin ostreatus*, *Pleurotus djamor*, *Polyporus craterellus*, *Polyporus tenuiculus*, *Auricularia delicata*, *Auricularia aurícula*, *Lentinus concavus*, *Auricularia politricha*, *Oudemansiella canarii*, entre otras (Ruiz et al., 2022).

Los hongos comestibles pueden transformar la biomasa lignocelulósica en alimentos aptos para el consumo humano. Además, de aportar gran porcentaje de nutrientes entre

proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales, y también contienen compuestos medicinales con importantes beneficios para la salud, lo que les otorga un valor nutracéutico.

Actualmente el mundo enfrenta el gran problema de la falta de alimentos especialmente en las familias más pobres, por lo que, es necesario investigar nuevas alternativas tecnológicas y viables para contribuir con la seguridad alimentaria, además, se adapta al modelo de producción a través de la economía circular, porque, es posible aquí reutilizar los desechos agrícolas y forestales que pudieran general problemas de tipo ambiental en generar nuevos productos alimenticios, por cuanto, se planteó la siguiente interrogante ¿en qué medida es posible lograr una producción del hongo comestible *P. ostreatus* en residuos agrícolas y forestales?; donde se plantea la hipótesis: utilizando residuos de origen agrícola y forestales se logran diferencias significativas en la obtención del hongo comestible *P. ostreatus*.

Por otra parte, al producir hongos comestibles se utilizan una variedad de residuos porque los hongos degradan material con mayores porcentajes de celulosa y lignina. La zona de Tingo María, caracterizada por ser una región agrícola de cultivos anuales y permanentes generan continuamente un gran volumen de residuos, tales como: restos del cultivo de maíz, café, arroz, cacao, caña de azúcar, plátano, cereales, etc. Asimismo, residuos generados de la transformación primaria de especies maderables y del proceso de producción de cajones para empaquetaduras frutales, al utilizar por lo general una serie de maderas blandas provenientes de bosques secundarios. Estos residuos, generan costos adicionales para su manejo y disposición final, translocándose en muchos casos en un problema ambiental debido a que, un importante volumen es quemado de manera indiscriminada, contrariamente a esto, estos recursos deben ser revalorados para lograr nuevos productos, tales como el cultivo de hongos digeribles.

### **Objetivo general**

Conocer la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* sobre sustratos a base a residuos de origen agrícola y forestal

### **Objetivos específicos**

1. Determinar el peso fresco de la producción de *Pleurotus ostreatus* cultivado sobre sustratos de origen agrícola y forestal.
2. Determinar el tiempo de corrida del micelio de *P. ostreatus* cultivado sobre sustratos de origen agrícola y forestal.
3. Determinar la eficiencia biológica, rendimiento y tasa de producción de *P. ostreatus* cultivado sobre sustratos de origen agrícola y forestal.

## II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

### 2.1. Marco teórico

#### 2.1.1. Aspectos generales del género *Pleurotus*

De aproximadamente 70 especies del hongo del género *Pleurotus* que fueron registradas en el mundo, *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kummel es la especie más importante, de los cuales numerosas cepas comerciales vienen siendo cultivadas (Gaitán-Hernández, 2005). *Pleurotus*, se compone de una variedad de especies comestibles producidas experimentalmente y de manera comercial en diferentes regiones a nivel mundial; los hongos que se consumen, semejantes al champiñón, son conocidas con sobrenombre de “setas”; para éstas el soporte que les mantiene es más lateral que céntrico (excéntricos), por lo que su reproducción presenta características como oreja u ostra (Gaitán et al., 2002).

La taxonomía de las especies y la determinación del nombramiento otorgados es un argumento, gran debate, ha sido tratado de una perspectiva morfológica, genética y molecularmente, sin alcanzar aún terminaciones de valor consensuadas. De aproximadamente 50 especies que son válidas taxonómicamente para determinar el género, particularmente solo 12 se han cultivado (Royse y Sánchez, 2017; Salmones y Mata, 2017).

México lidera la producción de setas (60 por ciento de la producción total), lo que significa 4 mil toneladas de setas anualmente. Los hongos se desarrollan naturalmente en restos vegetales (generalmente troncos) en estado de descomposición bajo distintos subproductos aportados de actividades agroindustriales y forestales, razón por la cual se posibilita cultivarlas en desechos agroindustriales y forestales (Gaitán-Hernández et al., 2006).

La producción mundial de *Pleurotus spp.* viene incrementándose marcadamente en las últimas décadas, son muy escasos los alimentos que pueden crear en periodos limitados de tiempo; si mismo, Asia lidera en la mayor producción. También, Iberoamérica, países más destacados como España, Brasil y México, seguidamente en otros países como el Perú se viene iniciando su cultivo hace algunos años (Royse y Sánchez, 2017).

*Pleurotus ostreatus*, es un hongo principal que más se consumen, así mismo, son estudiados y reproducidos con mayor demanda en los últimos años debido a la aptitud al cultivarlo, a su gran potencial económico y su calidad nutricional. En la naturaleza principalmente se reproducen en restos de residuos leñoso, cagados en fibra como son tallos gruesos, ramas y rastrojos (Oei, 2003). De igual manera, como sustratos de producción comúnmente emplean residuos, entre ellos *Glycine max* (soya), tallo de *Zea mayz* (Maiz), paja

de *Oriza sativa* (Arroz), bagazo de *Saccharum officinarum* (caña de azúcar), *Medicago sativa* (alfalfa) (Rivera et al., 2013; Quintana et al., 2018; Ruiz et al., 2022).

La empresa “Solís” y “Sori” en el año 1990 introdujeron la reproducción de *P. ostreatus* (Setas), posteriormente en 2008, “Mundo Fungi” cultivo en estado fresco *Lentinula edodes* y Shitake (Pavlich, 2001). De acuerdo a la entidad del Ministerio de Agricultura (MINAGRI) ha mencionado que Perú acompañado de Brasil y Argentina están acrecentando la propagación en reproducción *Agaricus bisporus* (Hongo comúnmente conocido como champiñón) encaminados a la comercialización global. Por otro lado, relacionado a otras especies de índole micorrícico como los *Suillus sp* MINAGRI indica que los mayores reproductores son hallados principalmente en los departamentos de: Distribución y Exportación del Perú, Agroindustrias San Pedro, Granos y Especies del Perú, Graes Perú., y Especerías del Sur (Todas de Sociedad Anónima Cerrada-SAC).

Según Nieto et al. (2019), por lo general hay especies del género *Pleurotus* que ostentan el desenvolvimiento de reducir la celulosa/hemicelulosas presentes en tallos gruesos de las plantas, ramas, restos de árboles e incluso raíces, todas en estado de descomposición, al utilizar exoenzimas que a su vez genera energía y orígenes de carbono (C). El *P. ostreatus* tiene gran capacidad permite desarrollarse sobre diversos materiales, subproductos o restos derivados de las actividades antropogénicas tanto agrícolas como agroindustriales, entre ellos encontramos la paja, las pulpas, bagazos, rastrojos y restos de origen arbóreo. No obstante, persiste la controversia sobre los sustratos más adecuados debido a factores como la disponibilidad, la cantidad disponible a lo largo del año, el costo de adquisición, y la facilidad de transporte y manejo.

Otro aspecto importante es que, los grupos de *Pleurotus ssp.* son cuerpos de mayor importancia debido a tener un metabolismo de convertir los productos de sustancia compleja (orgánicos inconsumibles) en alimentos, con un poder de transformación de proteína por unidad/área y de unidad/tiempo que superan las fuentes de proteína de origen animal (Rodríguez y Zuluaga 1994).

El Perú tiene una gran diversidad de producción de hongos, encontramos a *P. ostreatus*, pero carece de evidencia consistente en el tema productivo y exportaciones, a pesar de tener una elevada concentración de nutrientes proteicos (Carrasco-Gonzales et al., 2017). Por otro lado, según Piña, Nieto y Robles (2016) indican y/o consideran a los sustratos como los principales bases de productividad de *P. ostreatus* entre ellos salvado de arroz/trigo, sin embargo, otros autores sugieren que durante todo el año estos hongos no son biodisponibles.

Los hongos del género *Pleurotus* se adecuan con relativa destreza en sustratos lignocelulósicos, y su facilidad para descomponerlos está en función de la variedad de enzimas que originan, así mismo, son competentes de acometer la celulosa, la hemicelulosa y lignina. Dicha peculiaridad asume que el hongo degrada polímeros del mismo tipo en mezclados con limitante peso molecular y de posible absorción para cumplir sus cargos simples de desarrollo y además de la fructificación. Este género está incluido al grupo de hongos de pudrimiento blanca que se considera degradadores de selección de lignina (Mata et al., 2017).

Los hongos de pudrimiento blanca de la madera, se caracterizan por su particularidad en la degradación y mineralización de lignina mediante un método enzimático extracelular formado principalmente por 3 enzimas ligninoperoxidasa (LiP), manganeso peroxidasa (MnP) y lacasa (Díaz, 2011).

Hongos del género *Pleurotus* tienen una capacidad en su desarrollo en un extenso rango de temperaturas y su destreza al utilizar como sustrato múltiples fuentes cargados en lignina y celulosa, por estas razones también se han visto mayor incremento en populismo a nivel global en los últimos tiempos (Melo de Carvalho et al., 2010).

Mayormente la parte de los desperdicios aprovechables agrícolas están determinados por 10 - 25 % de lignina, 20 - 30 % de hemicelulosa, y 40 - 50 % de celulosa (Mata et al., 2017).

**Tabla 1.** Composición de los componentes de la lignocelulosa en diferentes materiales residuales

<b>Residuos</b>	<b>Celulosa (%)</b>	<b>Hemicelulosa (%)</b>	<b>Lignina (%)</b>
Bagazo de caña	27-42	19-30	19-23
Rastrojo de maíz	36-40	25-29	13-21
Olote de maíz	28-45	35-43	11-17
Paja de arroz	23-38	18-29	6-18
Paja de trigo	35,8	26,8	16,7
Cascarilla de arroz	28-43	18-21	22-23
Pulpa de café	23-29	15-17	13-26
Maderas blandas	38-50	11-35	25-35
Maderas duras	40-55	22-40	18-26

Fuente: Mata et al., 2017; Gonzales-Rentería et al., 2011.

*Pleurotusn ostreatus* tiene un alto valor nutritivo y a su vez se consideran suministros fundamentales con valor nutricional y medicinal elevados. De igual manera, tienen proteínas cargados de aminoácidos y son de más alto valor nutricional, en comparación a la de

las plantas, y de muy cercana calidad proteica de la proteína animal. Su disposición nutricional es a consecuencia de la especie, tipo de residuo lignocelulósico y de la técnica de cultivo (Nieto-Juárez et al., 2020; Barba et al., 2019). Su composición nutricional en macronutrientes en material seca consta de actividad proteica (17 a 42 %) con buena distribución de aminoácidos principales y no principales, menudo concentraciones de carbohidratos (37 a 48 %), grasas (0.5 a 5 %) y una formidable presencia de fibra (24 a 31 %), además de las vitaminas. En cuanto a la composición de micronutrientes (minerales) la seta *P. ostreatus* tiene como elemento mayoritario el potasio (K), fósforo (P), magnesio (Mg), sodio (Na), calcio (Ca), hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn), cobre (Cu), respectivamente (Carrasco-Gonzales et al., 2017; Deepalakshmi y Mirunalini, 2014).

Las especies de *Pleurotus spp* al ser cultivadas, generalmente se consideran como un proceso de tecnología biológica sobresaliente para la contracción y/o beneficencia de residuos, en consecuencia, son usados para producción de valor añadido por ende colabora crecimiento económico circular (Bermúdez-Savón, et al., 2023).

La gran mayoría de hongos tropicales descomponen a la madera generando la pudrimiento blanco, basado de tipo de pudrimiento que ocasionan, contiene cientos de especies de Basidiomicetos con capacidad de descomponer la lignina, celulosa y hemicelulosa del resto maderal, pero la rapidez y ramificación de la desintegración de cada mecanismo de la pared celular varía de manera considerable en función a la especie, circunstancias de fermentación/maduración y variabilidad de material lignocelulósico (Singh, 2019).

Las enzimas que mayormente actúan de manera directa o indirecta sobre la lignina, es de tipo lignina peroxidasas (LiP), Mg peroxidasas (MnP), así como también, lacasas (Young y Aktar, 1998). Los hongos de pudrimiento blanca pueden producir de uno, dos, de tres enzimas multicelulares que se oxidan esenciales en la mineralización de lignina (Pèrez et al., 2002).

La celulosa y la hemicelulosa son degradados por múltiples microorganismos y ser utilizarlos como principio de carbono y energía. No obstante, los hongos son populares por ser pudrimiento blanco, dentro del cual se hallan los del género *Pleurotus* que son insuperables al tener capacidad de deteriorar/mineralizar de modo eficaz la lignina a CO<sub>2</sub> y agua (Bermúdez-Savón, et. al, 2023).

El consumo de *Pleurotus ostreatus* es un complemento alimenticio por su valor nutricional, porque contiene 57 – 61 % de carbohidratos, proteína 26 %, fibra 11,9 % y de grasas 0,9 - 1,8 % teniendo el peso seco como soporte. Sustentan un extenso rango en vitaminas y son exclusivamente con carga alta en tiamina (B1), riboflavina (B2), además de ácido pantoténico

(B3), ácido ascórbico (C), biotina (H), y con fibra cruda muy rica, así como minerales, tales como potasio, fósforo y calcio (Guillamón et al., 2010, Monterroso, 2009; Barros et al., 2008).

**Tabla 2.** Valor nutricional de *Pleurotus ostreatus*

Valor	Cuantía
Proteína cruda	10 – 30 %
Vitamina C	30 – 144. /100 g
Niacina	109 mg./10g
Ácido fólico	65 mg./100g
Potasio	306 mg./100g

Fuente: Monterroso, 2009

### 2.1.2. Taxonomía de *Pleurotus ostreatus*

La taxonomía de *P. ostreatus* generalmente es compleja ya que presentan mayor grado de variables de morfológicamente en cuerpos fructíferos, que se atribuye especialmente a diversos componentes del ambiente. A consecuencia de ello, una misma especie suele identificarse en diferentes nomenclaturas, lo que dificulta utilizar la tecnología en mejora genética y del proceso al cultivar tales especies. Alrededor de mil especies de *Pleurotus* fueron definidas al nivel del mundo, no obstante, se reconoce como *Pleurotus* a 50 especies aproximadamente (Guzmán, 2000). De acuerdo con Fungipedia la clasificación es:

- Reino : Fungi
- Subreino : Fungi Superior
- División : Basidiomycota
- Subdivisión : Basidiomycotina
- Clase : Homobasidiomycetes
- Subclase : Agaricomycetidae
- Orden : Tricholomatales
- Familia : Pleurotaceae
- Género : *Pleurotus*
- Especie : *ostreatus*

Nombramiento común: orellana, gírgola, ostra champiñones, orejita de trocos, callampa, ostión (Gaitán-Hernández et al. 2006).

El vocablo “*Pleurotus*” proviene del griego “pleuro”, cuyo significado es “desarrollado lateralmente”, dirigiéndose a la perspectiva del estípite respecto al píleo. Y el

vocablo “ostreatus” surge del latín, que significa “forma de ostra” esto se refiere a la aspecto y color del cuerpo fructífero (Mora, 2009).



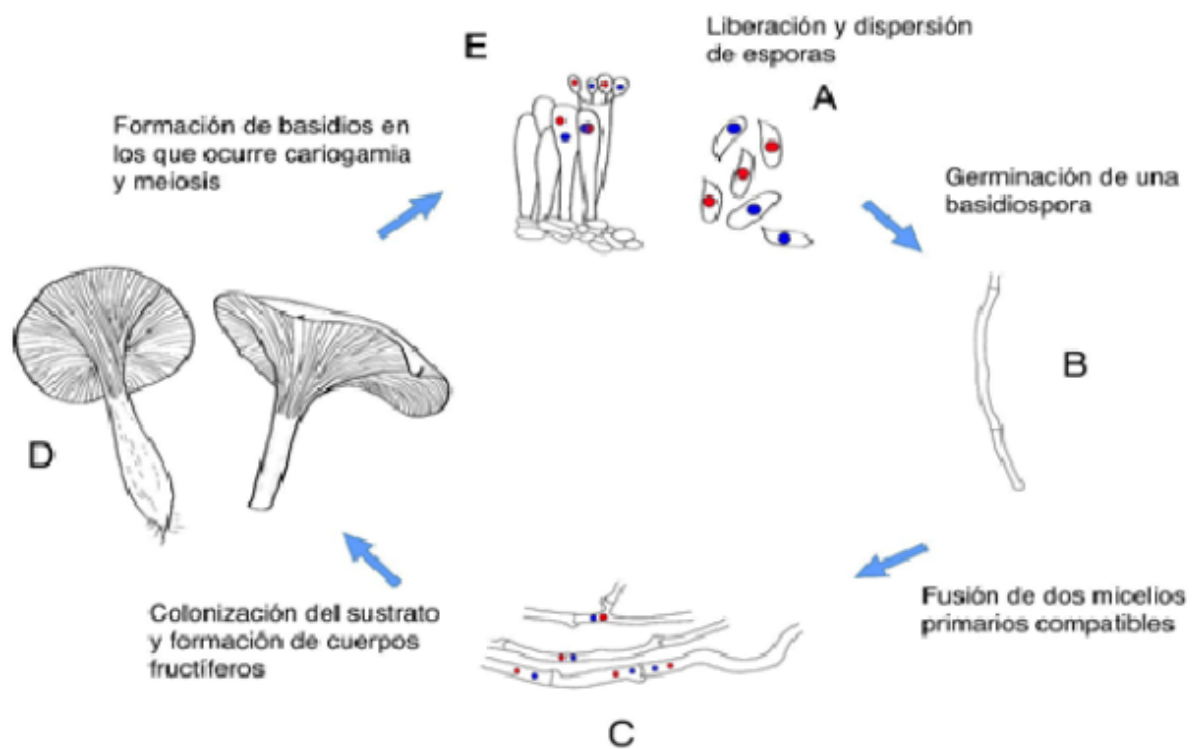
**Figura 1.** Partes del hongo *Pleurotus ostreatus* (figura extraída de internet)

En cuanto se refiere a las características morfológicas de *Pleurotus ostreatus*, el cuerpo del hongo se formó mediante: sombrero/píleo, un pie/estípite minúsculo/chico y por láminas/himenio que es la parte fértil del hongo, es decir, es donde se alojan las esporas o basidiosporas, que constituyen en buena forma las semillas del hongo. El color suele variar de gris claro, gris oscuro, gris pardo, blanco u otras tonalidades dependiendo del tipo de sustrato y de la incidencia de la luz (Figura 1). *P. ostreatus* es potencialmente farmacológico, por tener metabolitos, especialmente los polisacáridos.

En cuanto a su cultivo, Boa (2005) manifiesta que la cantidad de especies saprótrofas plantadas se encuentra en crecimiento constantemente y la generación de información y recomendaciones prácticas son necesarios en todas las especies que se planea desarrollar a ser cultivados.

### 2.1.3. Ciclo reproductivo de *Pleurotus ostreatus*

Al reproducir hongos mediante esporas, superiores como *P. ostreatus*, tienen en el himenio células madre encargadas responsablemente de generar las esporas. De igual manera, el ciclo reproductivo de este espécimen se ensancha en torno de 7 u 8 semanas, cuando el hongo se halle en su fase adulta comienza el ciclo, de esta forma liberan las esporas/semillas, luego estas semillas germinan cuando encuentran las condiciones apropiadas y dan inicio al micelio, el final del ciclo es cuando el *P. ostreatus* empieza a degradarse y muere.



Fuente: (García-Sandoval, 2022)

**Figura 2.** Ciclo de vida de *Pleurotus ostreatus*. A) basidiosporas haploides ( $n$ ), B) micelio primario haploide ( $n$ ), C) micelio secundario dicariótico ( $n+n=2n$ ), D) basidiomas, E) basidios.

Asimismo, el ciclo del *P. ostreatus* comienza con la liberación de las basidiosporas, germinan y originan el micelio monocariótico (conocido como primario o homocariótico), y ese nombre haploide. Cuando dos micelios compatibles entran en contacto, sucede la plasmogamia, es decir, cuando 2 micelios se fusionan monocarióticos relacionados, lo que da lugar al micelio dicariótico (también nombrado secundario/heterocariótico), dando lugar a un par núcleos haploides compatibles de manera sexual. En circunstancias adecuadas del medio, el micelio dicariótico forma el primordio, que luego se desenvuelve en el cuerpo fructífero, formando píleo, estípites e himenio, que su vez este compuesto de láminas. El desarrollo del himenio es llevado a cabo la cariogamia y la meiosis para el desarrollo de basidios y basidiosporas, cuando las basidiosporas están libres y en condiciones óptimas de germinación, el ciclo pasa a reiniciarse, tal como se aprecia en la figura 2 (García-Sandoval, 2022)

#### 2.1.4. Morfología de *Pleurotus ostreatus*

El sombrero, denominado también basidiocarpo, es de forma de abanico o espátula y de estructura fina, abultada y convexa en estado semiadulto y aplanada cuando llega a la madurez, tiene un diámetro que varía de 5 a 15cm, pero esto cambia según la edad de la

especie. En la zona interna de la cofia presentan laminas decurrentes ubicadas radialmente que comienza del pie hacia el borde. Su color es blanco a crema, en algunos casos bifurcadas, en la parte inferior de las láminas se producen las esporas que son microscópicas y en masa se notan como polvillo blanco (esporada) y son los responsables de la reproducción de la especie. Presenta pie lateral angosto o atrofiado y hay casos que son excéntricos, ligeramente duro y de color blanco. Crecen en forma gregaria sobre palos caídos y/o varios residuos vegetales. Presenta carne con seta blanquecina, olor ligeramente suave a hongo, sensible al comienzo posteriormente correosa y corchosa (Cruz et al., 2010).

#### **2.1.5. Elementos funcionales de los *Pleurotus ostreatus***

En general, las propiedades de los sustratos utilizados para el cultivo de hongos digeribles *Pleurotus* están vinculadas con sus efectos funcionales, así como con sus propiedades organolépticas y químicas. (Beltran, *et al.*, 2020).

Varios agregados bioactivos de *Pleurotus* se obtuvieron de mezclas crudas, micelios y basidioma, con fines de investigación, y apariencias de productos biológicos de estas setas logren utilizarse como agentes terapéuticos y prevenir mediante tratamientos enfermedades (cáncer, diabetes, exceso de peso, cardiovasculares, neurodegenerativas, y más) (Gomes-Correa, et al., 2016). Los hongos digeribles generan polisacáridos y son reconocidos por sus potentes propiedades antitumorales e inmunomoduladoras. Dentro de los principales tipos de polisacáridos se incluyen la quitina, la celulosa, los glucanos  $\alpha$  y  $\beta$ , las hemicelulosas (como mananos, xilanos y galactanos), así como los complejos de polisacáridos y proteínas. Estos compuestos biológicamente activos se encuentran tanto en los organismos fructíferos como en el micelio plantado de los hongos (Mizuno y Nishitani, 2013; Zhang et al., 2007). En la actualidad, las investigaciones llevadas a cabo a base de setas de *Pleurotus* revelan su diversidad micoquímica, lo cual puede ser empleado en la producción de productos biológicos de inmenso uso en sectores industriales medicina y farmacia (Beltran-Delgado, et al., 2020).

#### **2.1.6. Residuos agrícolas y forestales**

Ciliana y Andrés (2018), investigaron el beneficio alto de restos de la industria agrícola caldense según su estructura formada. Vol. 14 (2) 2018, 1-10. Ha realizado la identificación y la caracterización estructural de los primordiales restos de la industria agrícola en la zona de Caldas, con la finalidad de sugerir un potencial benéfico. Las características estructurales se han llevado a cabo a través de la determinación de los mecanismos de estructura (celulosa, hemicelulosa y lignina) y no estructurales (extractivos y cenizas) en cada una de los restos de la industria agrícola.

Según Sztern y Pravía (1996), residuos son aquellos materiales generados por actividades de producción y consumo que no tienen ningún valor económico o utilidad, pero que pueden ser aprovechadas en otros procesos de producción donde puede involucrar la modificación de sus características fisicoquímicas y estructurales iniciales para obtener otros productos tales como los hongos comestibles. Pero también afirma que los residuos son materiales que por falta de tecnología no son aprovechadas. Solo por mencionar en este caso a México con respecto al cultivo de setas, Piña-Guzmán et al., (2016) indican que es un movimiento de economía y ecológica de gran importancia, generan actividades laborales, además permite aproximadamente más de 500,000 toneladas anuales en reciclaje de restos agrícolas, industrias agronómicas y agroforestales, reduciendo de ese modo el impacto al ambiente.

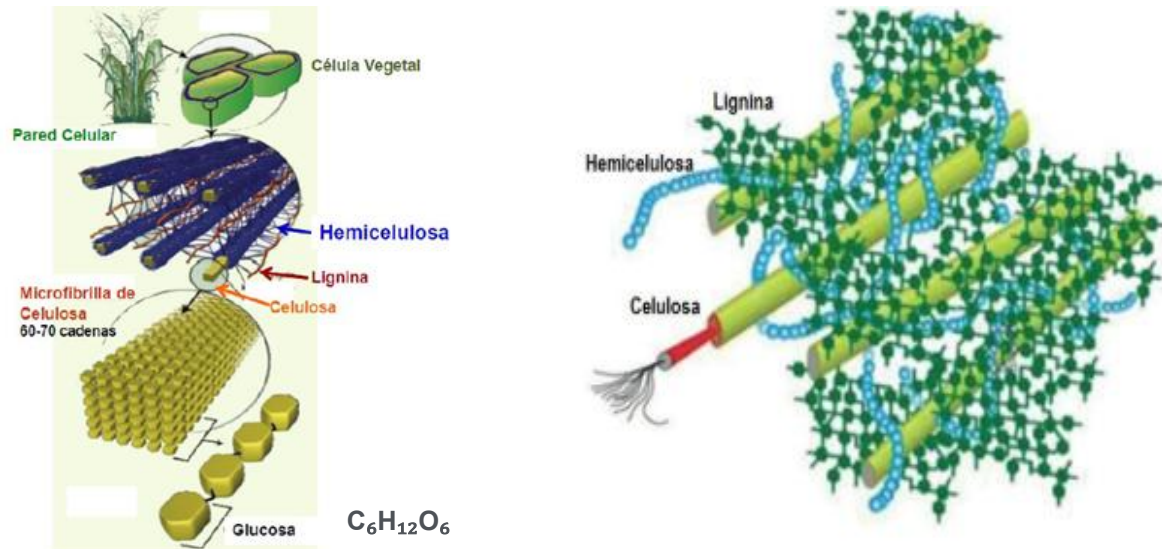
Aproximadamente existen 200 residuos diferentes que se pueden emplear como base al cultivar *Pleurotus*, estos restos son generados de empresas agroindustriales y madereras (Poople, 1995). Los preparados/bases idóneos al cultivar hongos son si sujetan todas las exigencias nutritivas en número adecuado para que sintetice metabolitos y obtenga de energía requeridas (Sánchez, 2001). Solo por mencionar en este caso a México, la producción de setas genera sustento económico y ecológica significativo, aumenta la actividad laboral y permite el reciclaje de aproximadamente 500 000 t/año de restos agrícolas, industrias agronómicas y agroforestales, contrarrestando de esta manera el impacto ambiental con la disposición definitiva de estos restos (Piña-Guzmán et al., 2016).

La producción en el cultivo de *Pleurotus*, se puede utilizar materiales residuales muy variados. En muchos países, se han visto incrementos de estudios para el manejo de diferentes restos de la agricultura y agroindustriales, por unidad o en mezcla, con la finalidad de encontrar el material idóneo que genere en lo posible mayor producción, alta calidad de hongos producidos, el cual permite obtener ventajas desde el punto de vista social, económico y ambiental. Los datos resultantes de eficacia biológica (EB) pueden variar considerablemente por sustratos, no obstante, los sustratos que más se recomienda son aquellos que conservan valor de EB de 100 o superiores, generalmente se logran utilizando algunas mezclas de varios residuos o bueno mediante la realización de algún tipo de pretratamiento del material como la maduración, compost o una simple pasteurización (Piña-Guzmán et al., 2016).

#### **2.1.7. Biomasa lignocelulósica**

Según Afanasjeva et al (2017), la biomasa lignocelulósica comprende de compuestos de mecanismos estructurales (celulosa, hemicelulosa y lignina) y no estructurales

(extractivos y cenizas), incluye cualquier material diferente de los combustibles fósiles y representa el material renovable más abundante en el mundo y, por lo tanto, es la alternativa más prometedora para la generación de energía térmica.



Fuente: Wang et al. 2017.

**Figura 3.** Grafía de la celulosa, hemicelulosa y lignina en células de la planta

La lignocelulosa viene a ser el compuesto primordial y abundante de biomasa vegetal como recurso natural renovable. Compone de tres polímeros: celulosa (más importante), seguido de hemicelulosa y lignina, que tienen un enlace fuerte además de estar químicamente unidos (Pérez et al., 2002), constituyendo marca física en la pared celular de las plantas y funciona como capa impenetrable. La celulosa y la hemicelulosa son moléculas grandes formadas por diferentes azúcares. La lignina es un heteropolímero amorfo, insoluble en agua y ópticamente inactivo que se encuentra en las paredes celulares y proporciona soporte estructural, impermeabilidad y resistencia al ataque microbiano y al estrés oxidativo. La textura y la distribución de tales compuestos varía por tipo de planta (Sánchez 2009). Incontables microorganismos tienen la destreza de descomponer la celulosa y la hemicelulosa para utilizarlas como fuente de carbono y energía. No obstante, un grupo pequeño de hongos han avanzado en su capacidad para desguarnecer la lignina, siendo este el mecanismo más pertinaz de la pared celular de los vegetales. Estos hongos son conocidos como pudrición blanca (PB), entre ellos se hallan el *Pleurotus*, y que tienen una única peculiaridad de desintegrar de manera eficaz la lignina a  $\text{CO}_2$  y agua.

### 2.1.8. Factores que influyen en el desarrollo y la fructificación de *Pleurotus ostreatus*

El desarrollo de los hongos, en especial de *P. ostreatus*, suelen afectarse por diversos indicadores físicos (% humedad, luz, temperatura, aireación, gravedad y dimensión de la textura del sustrato). Pero, asimismo, son afectados por otras condiciones que cambian el crecimiento, estas son: nutrición, rasgos genéticos de la cepa del hongo, y la fase de incremento del micelio (Miles y Chang, 1999).

Para el cultivo de hongos, se requieren conocer y manejar un mayor número de factores determinantes para lograr un idóneo crecimiento y producción. Indican también como indicadores físicos a la temperatura, humedad en porcentaje y tamaño de textura del cual está compuesto los sustratos que influyen en la etapa de desarrollo del inoculo; en lo que corresponde al parámetro químicos son de azúcar, de lignina, celulosa y hemicelulosa; y entre los elementos biológicos se reflexiona la aptitud y vigor de la cepa cultivado, así también la contagio por otros organismos. En la fase de fructificación, los factores trascendentes son la temperatura, la humedad relativa, la reunión de oxígeno, presencia de luz, tales factores son los que intervienen más en el rendimiento productivo, calidad de setas, al ser más difíciles de controlar; en cuanto al factor químico las mezclas de sustratos; biológicos, la profanación por bacterias, hongos y el virus (Rajarathnam y Bano, 1987; Castro, 1997).

#### 2.1.8.1. El sustrato

En cada región existen una serie de residuos que son generados por las actividades agropecuarias, forestales e industriales; tal es así que Piña-Guzmán et al., (2016), clasifican a los materiales que pueden ser utilizados como sustratos para el cultivo de hongos comestibles en seis categorías: pajas, rastrojos, pulpas, bagazos, restos vegetales entre otros. Desde el punto de vista del desarrollo sustentable, la utilización de residuos o desechos que son residuos inservibles de ciertos procesos, pueden ser utilizados para nuevos procesos de producción, tal como lo es para la producción de setas comestibles. Finalmente, esto contribuye a la economía circular y reduciendo la disposición de residuos que trae consecuencias ambientales. El hongo *Pleurotus ostreatus* crece en tallos y ramas de árboles, en materiales vegetales que se encuentra en estado de descomposición. En este caso, lo que deseamos conocer es que tan valiosos son nuestros residuos para lograr nuevas técnicas de producción de setas comestibles en la zona del alto Huallaga.

El tipo de sustrato y su proceso es fundamental para la producción de los hongos, en otras palabras es la responsable de la variación de la eficiencia biológica (EB) porque cada sustrato tiene sus propias particularidades, no obstante, los sustratos

sugeribles generalmente son los que tienen un valor de 100 o alrededores de EB, lo cual se logra combinando materiales de restos o también al realizar un tratamiento antes del comienzo del cultivo, ejemplo la maduración, composteo y la pasteurización. De este modo, los desechos generados en la zona se pueden utilizar para producir alimentos ricos en proteínas, mientras que el sustrato agotado aún se puede utilizar para replantar hongos comestibles y rehabilitar suelos contaminados, proporcionando así una alternativa a la seguridad alimentaria y la contaminación. plan de reducción. (Piña-Guzmán et al., 2016). Por ejemplo, el bagazo de *S. officinarum* es un sustrato utilizado para la producción de hongos y está compuesto por 50 % de celulosa, 25 % de lignina y 25 % de hemicelulosa (Ferreira et al., 2018).

Por las áreas de Tingo María, los sustratos apreciados como los principales para la producción de *P. ostreatus* son la paja de *O. sativa* y rastrojos de *Z. mays* que tiene alta disponibilidad por ser una zona productora de arroz y de maíz.

#### **2.1.8.2. La temperatura**

La temperatura es un indicador de mucha importancia en el asunto de cultivo de Pleurotus, pero la mayoría de estos hongos son cultivadas en un intervalo 20 a 30°C, siendo el óptimo a 25 °C, esta condición influye fuertemente en la eficacia biológica de la productividad (Jaramillo y Albertó, 2019). La sensibilidad a la temperatura varía no sólo entre cepas sino también dentro de la misma cepa dependiendo de su fase de crecimiento. Por ejemplo, se puede encontrar hongos de óptima temperatura de germinación, también estas sean distintas a su temperatura ideal de crecimiento micelial o de su temperatura ideal de fructificación, siendo la norma general, temperaturas óptimas para la fructificación de las especies de Pleurotus son levemente menores a las pedidas para el crecimiento micelial (Sánchez, 1994). Uno de los factores más estudiados es el efecto de la temperatura sobre el crecimiento de hongos. Esto no sólo se debe a que es importante para el crecimiento y el desarrollo, sino también a que es relativamente fácil de estudiar en el laboratorio (Miles y Chang, 1999).

#### **2.1.8.3. La humedad relativa**

Aquí lo fundamental es impedir falta de agua en el sustrato, en los cuerpos fructíferos. Las categorías en los cuales se obtienen mejor desarrollo están entre un 70 a 90%. Pero, la humedad no es un indicador para definir el incremento de la productividad, más bien esta la combinación entre la humedad del ambiente y la temperatura óptima para aumentar la productividad (Sánchez y Royse, 2002).

Los hongos en su gran mayoría, requiere elevados niveles de humedad. Cuando se consideran las condiciones de humedad en el cultivo de hongos comestibles se debe tener en cuenta el contenido de humedad del sustancia y humedad relativa del medio en el lugar de producción de los hongos. Estos dos factores incluidos la temperatura son sumamente importante en todo manejo de producción. Entre las especies, existen diferencias en los valores óptimos de humedad, pero gran parte de setas, una humedad relativa del ambiente de 95 a 100% consiente un desarrollo óptimo en la etapa de producción. En cambio, un porcentaje de humedad del sustrato entre 50-75%, por lo general consiente el desarrollo óptimo del micelio (Miles y Chang, 1999; Rodríguez, et al., 2006).

#### **2.1.8.4. Tamaño de las partículas del sustrato y su contenido de humedad**

Las dimensiones de textura tienen una relación continua con el porcentaje de humedad del sustrato, humedad en el sustrato es un elemento sustancial para un buen desarrollo de los hongos, esta humedad debe estar entre el 50 y el 80%.

#### **2.1.8.5. Concentración de oxígeno y de dióxido de carbono en el aire**

Los hongos son cuerpos aerobios que solicitan oxígeno ( $O_2$ ) para su respiración donde el viento es un ambiente conveniente para su suministro a la fructificación, y esto generalmente se dan en situaciones estándar cuando se tiene un 20% de  $O_2$  y mayor carga de  $CO_2$  no mayor de 800 ppm en medio ambiente que circunda al hongo (Sánchez y Royse, 2002). Las proporciones relativas de  $O_2$  y  $CO_2$  en el aire son muy importantes para el desarrollo del micelio y la formación de los cuerpos fructíferos. Al igual que otros hongos, *Pleuroclepus* demanda niveles mínimos de  $O_2$  para crecer.

#### **2.1.8.6. El pH**

La concentración del ion de hidrogeno (pH) es un factor importante para el desarrollo de *Pleurotus*, existen categorías de incremento de 4 a 7 de pH, se dice que un ideal se encuentra en 5 y 6, no obstante, estas varían por cepas y tipo de especies. Los preparados ácidos (pH 4) inhabilitan en el crecimiento de *P. ostreatus* y *P. eryngii* siendo su pH ideal que varía de 5.5 a 6.5 (Sánchez, 1994).

La mayoría de los hongos crecen mejor en el lado ácido del punto neutro (p. ej., pH de 6,5 a 6,8), pero existen diferencias comunes, incluidas diferentes cepas y especies. (Miles y Chang, 1999).

### 2.1.8.7. Luz

La luz no es un factor examinador que afecte el desarrollo, producción del cuerpo fructífero. Pero algunos investigadores creen que el cultivo de este hongo necesita luz para la formación de primordios y un mayor crecimiento. Sin embargo, es un hecho que en su entorno natural suele crecer en la oscuridad. Algunas especies brillantes tienden a oscurecerse cuando se exponen a una luz intensa. La luz puede promover el origen de los primordios en algunas especies y es necesaria para el desarrollo de otras etapas del órgano esporulado (Miles y Chang, 1999).

### 2.1.8.8. Aireación

En referencia a la aireación, los elementos de gran categoría en la biología de las setas es el O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. Por el mismo hecho de que los hongos son organismos aeróbicos, es importante se tenga en cuenta el nivel de oxígeno adecuado sobre todo en la producción de los hongos (Miles y Chang, 1999; Rodríguez, et al., 2006).

**Tabla 3.** Indicadores ideales para el cultivo de las orellanas

Condiciones de proceso	Incubación (todas las cepas)	Fructificación		
		<i>P. ostreatus</i>	<i>P. pulmonaris</i>	<i>P. djamor</i>
Temperatura	25°C	15 – 21 °C	18 – 24°C	18 – 25°C
Humedad relativa	95 – 100%	85 – 95%	85 – 95%	85 – 95%
Duración	15 – 25 días	3 – 5 días	4 – 8 días	3 – 5 días
CO <sub>2</sub>	Tolera 1%	<0.1 %	<0.08 %	<0.08 %
Cambios de aire fresco	Entre 0 y 1/día	Como sea requerido para mantener el nivel de CO <sub>2</sub>		
Requerimiento de luz	No requiere	12 horas a 100-200 lux		
Relación C/N del sustrato	50 - 500	50 – 500	50 - 500	50 – 500
Humedad del sustrato	65 – 75%	65 – 75%	65 – 75%	65 – 75%
Tamaño de partícula del sustrato	5 – 20 mm	5 – 20 mm	5 – 20 mm	5 – 20 mm

Fuente: Rodríguez, Araque, y Perdomo (2006)

La elección de los residuos para elaborar los sustratos está estrechamente relacionada con el requerimiento necesario y continua del área cultivable, conocimiento de sus particularidades físicas y químicas, seleccionar el grano o cereal de buena calidad para la producción de semillas, para el caso de *Pleurotus* spp, la caracterización fisicoquímica y en especial la correlación C/N se hallan de 30 y 500, siendo recomendable tener una categoría de 30 y 100 (Rodríguez, et al., 2006).

**Tabla 4** Diagnóstico de los problemas más frecuentes encontrados en la etapa de fructificación del cultivo de hongos comestibles y medicinales.

<b>Problemas</b>	<b>Causas</b>	<b>Soluciones</b>
Retardo en la formación de primordios.	Falta incubación al micelio	Revisar que la colonización de la torta esté completa.
	Temperatura alta o baja	Controlar la temperatura óptima de fructificación.
	Humedad faltante	Nebulizar con agua para mantener la humedad entre 90 – 95%
	Concentraciones elevadas de CO <sub>2</sub>	Mejorar el sistema de ventilación del área.
Cuerpos fructíferos muy pequeños o escasos.	Semilla débil	Usar semilla fresca y de buena calidad.
	Nutrientes bajos	Semilla fresca y de un laboratorio confiable.
Pudrición de los hongos antes de la cosecha.	desarrollo de gran cantidad de setas minúsculas.	Incrementar los suplementos en la formulación de sustratos-
	Presencia de enfermedades bacterianas o fúngicas.	No retirar la bolsa y abrirle algunos orificios para desarrollar racimos.
Setas con talos largos y delgados	Luces bajas	Prevenir la difusión de enfermedad retirando las tortas infectadas.
Infestación y daños por insectos	Incrementar la intensidad de la luz en el área de producción	Utilizar trampas para atrapar insectos y aplique insecticidas como ajo, ají.
	Sanidad insuficiente, ambiente muy expuesto	

Fuente: Rodríguez et al. (2006)

#### 2.1.8.9. Calidad de la semilla

La eficacia de la semilla para la siembra de cualquier especie hongo, es de mucha importancia para tener el éxito esperado en el cultivo, y se refiere a una actividad bastante delicada, porque se corre el riesgo de pérdida por contaminación de otros hongos o bacterias competidoras (Sánchez y Royse, 2017).

Existen dos maneras de adquirir las semillas para un proceso de producción, uno de ellos es comprarla a laboratorios comerciales certificados, y el otro medio es preparar sus propias semillas en casa, antes deben contar con un proceso de capacitación. Las semillas se pueden preparar en bolsas de polietileno o en frascos de vidrio, donde el fin es multiplicar el micelio en granos de cereal (trigo sin pelar, maíz porcor, millo, sorgo, cebada, o arroz). Las semillas deben ser microbianamente bien conservadas, frescas, vigorosas y no deben refrigerarse ni almacenarse durante el menor tiempo posible. Esto asegura que el micelio en la matriz se active inmediatamente para una invasión rápida, evitando así la propagación de otros organismos nocivos. A medida que las semillas decaen, la tasa de desarrollo micelial tiende a bajar y, por lo tanto, se vuelven más susceptibles a la contaminación por hongos competidores. (Rodríguez, et al., 2006; Sánchez y Royse, 2017).

## 2.2. Estado del arte

Los centros de origen del cultivo de hongos comestibles son considerados los continentes europeo y asiático, debido a su alcance tecnológico y calidad en la ciencia, por el contrario, las regiones de América Latina requieren mayores investigaciones en referencias a su cultivo y consumo sostenible, riqueza cultural, biológica y ecológica como virtud (Martínez et al., 2010).

Desde hace aproximadamente 20 años, en América Latina las especies de *Pleurotus ostreatus* se cultivan con mayor frecuencia y esto va en aumento, tal es así que, se ha convertido en un hongo que más se cultiva, y llega segundo lugar a escala mundial (Sánchez y Royse, 2017). De igual manera, en comparación al champiñón estos hongos contienen mayor valor, de bajo en precio económicamente hablando del mercado debido a que se requieren menos recursos para su producción (Ortiz et al., 2017).

Hoy en día, las comunidades andinas de las provincias de Puno y Cusco también conservan el uso y conocimiento de los hongos, además de algunos grupos, como los Ashaninka en las selvas del centro de Perú, que recolectan y comen hongos durante la temporada de lluvias. Implícitamente, se elogia una feria de hongos nombrada ‘Cconcha Raymi’ en el pueblo de Cconchacalla, provincia de Anta, departamento de Cusco (Holgado 2018). Asimismo, en la Amazonia peruana hoy en día muchas etnias incluyendo los colonos que viven en el campo conocen y consumen varias especies de hongos que comúnmente los denominan ‘callampa’ entre ellas: *Pleurotus afín ostreatus*, *Polyporus craterellus*, *Polyporus tenuiculus*, *Auricularia delicata*, *Auricularia aurícula*, *Auricularia politricha*, y otras más (Ruiz et al., 2022; Ríos y Ruiz, 1993).

En lo que refiere a rendimientos en la producción de *Pleurotus ostreatus*, existen muchas investigaciones al respecto, así por ejemplo (Jaramillo y Albertó, 2020) al utilizar tres residuos como sustratos, reportan a 70 días contados después de la inducción una eficiencia biológica (EB) con una media de 189,2 % con el despunte de *Saccharum officinarum*, con bagazo (EB) llega 95,85 %, pero al experimentar con pura cachaza concluye ser un sustrato inadecuado para el cultivo teniendo un pobre desarrollo del micelio. El experimento lo realizó con contenido de 1 kg de sustrato por bolsa (kilaje en húmedo), posterior a ello se esterilizó (autoclave a 121 °C, repitiendo 10 tratamientos por 2 horas). Usaron 5 % de inóculo para la siembra e incubaron a 25 °C en oscuridad durante 21 días, luego realizaron 6 cortes verticalmente en cada bolsa e indujeron la fructificación y expusieron a un fotoperiodo de 9h de luz/15 de oscuridad a 15-18 grados centígrados, con porcentaje de humedad superior a 70 %.

Córdova (2021) al investigar la productividad del hongo (*P. ostreatus*) con material de restos de *Coffea arabica*, reporta una eficiencia biológica del 8,39 %, una tasa de producción de 13,10 %, rendimiento 5,16 donde concluye que la producción de *P. ostreatus* cultivado con material de *C. arabica*, tiende a ser menor al utilizar proporción de inóculo del 0,83% sustrato húmedo.

Apaza (2018) empleó material de restos de paja de *Oryza sativa*, tuza de *Zea mayz*, bagazo de *Saccharum officinarum* + tuza de *Z. mayz* y bagazo de *S. officinarum*, en la producción de *P. djamor*, reporta para material de “*O. sativa*”, el más bajo tiempo de corrida del micelio (trece días) contados desde el sembrío del micelio hasta la producción de los basidiocarpos, asimismo, una media en la eficiencia biológica de 79.09 %.

Así mismo, Ríos y Ruiz (1993) en la ciudad de Tingo Maria, realizó el cultivo de *P. ostreatus* (hongo digerible), observaron un número elevado de primordios y basidiocarpos a la mitad del cultivo a base de trigo autoclavado. En cuanto a su desarrollo micelial reporta mayor bajo circunstancias oscurecidas, notando una conducta parecida al de situación natural, donde el *P. ostreatus* coloniza en primer lugar con ambiente con mínima iluminación. A diferencia de los primordios y basidiomas que requiere procedimientos netamente con iluminación, concluyendo que la luz es un factor influyente en período reproductiva del *P. ostreatus*.

Las circunstancias que benefician la expansión vegetativa en cultivos de hongos son contrarias a la que atenúan las variaciones en la fase de reproducción (fructificación). *Pleurotus spp* cultivado en diferentes sustratos lignocelulósicos suelen presentar valores diferentes de eficiencias biológicas (EB), debido al tipo de especie y la adaptabilidad que cada uno desarrolle (Sobal et al., 1996).

Los hongos lignocelulósicos logran un crecimiento óptimo ya que tienen la capacidad de secretar una serie de enzimas que deterioran madera y restos vegetales. Entre ellos tenemos el género *Pleurotus* con una extensa variedad de especies digeribles que se ajustan a distintos sustratos y circunstancias del medio ambiente al ser cultivados, lo que posibilita su cultivo con costos más reducidos en varias geos regiones del Planeta, ya que generalmente se emplean cepas que impliquen convenientes bajo distintos cambios de temperatura. Los *Pleurotus* por ser xilófagos, se cultivan en gran variedad de sustratos (aserrín de aserrados de tronco sin resinos o variedad de paja derivados de cultivos) residuos y/o restos de empresas industriales como la agricultura y maderera (Arias-Carbajal, et al., 2005).

El rendimiento de la producción de hongos se reduce cosecha tras cosecha, lo que significa que la capacidad de producción del sistema disminuye al transcurrir el tiempo y el

sustrato se agota. Las primeras cosechas de carpóforos del hongo presentan mayor rendimiento y eficiencia biológica, asimismo, resulta importante hacer resaltar que el contenido de agua en las áreas fructíferas va en aumento cosecha tras cosecha, por lo que, una variación en las condiciones ambientales tiende a causar cambios en el sustrato y en primordios y áreas fructíferas, logrando desarrollarse de diferente apariencia y deformaciones, por lo que se recomienda tener un control en ambas condiciones. Además, la degradación biológica de elementos lignocelulósicos al cultivar hongos *Pleurotus* organiza un principio permisible de sustratos que mejora la empleabilidad como forrajes en la alimentación animal y reproducción de carpóforos (Arias-Carbajal, *et al.*, 2005; Jaramillo y albertò, 2019).

Entre algunos aspectos importantes de reproducción de *P. ostreatus*, se puede indicar: referente al preparativo del sustrato, éste pasa en humedecerlos, curarlos y desinfectarlos; con el fin de dar de baja los macro y microorganismos que compiten en el desarrollo del hongo, brindando ambientes óptimos de humedad que benefician en el crecimiento de las setas (Ardón, 2007). Referente a la Inoculación de la semilla en el sustrato, cuanto menor sea la tasa de inoculación, más pequeño tiende el precio de compra del inóculo, pero mayor el tiempo requerido para que el hongo colonice el sustrato. Igualmente, a más tiempo que tarda al colonizarse en el sustrato subirá el riesgo de contaminación. La tasa de inoculación va desde 2,5 a 10 % (Sánchez y Royse, 2002). Asimismo, algunos factores para el tiempo deseado de incubación son: mezclas de sustrato, número de semilla y temperatura (Zarate, 2015), como también afectan en el crecimiento del micelio, vigor de cepa, acomodo de cepa y número de inóculo (Ardón, 2007).

Se ha venido investigando en los últimos años a muchos microorganismos con capacidad para desintegrar los elementos de las maderas, que se consideran como agentes desintegradores de lignina en el medio. Muchos hongos, entre ellos los basidiomicetos y los del grupo de *Phanerochaete chrysosporium*, los cuales suelen ser cultivadas de una manera comercial, como el *Agaricus bisporus* y también del género *Pleurotus* que son digeribles, debido a que metabolizan con segura selectividad las partes de lignina del complejo lignocelulósico dejando residuos de pudrición blanquecina. La degradación biológica de residuos lignocelulósicos a través del cultivo de hongos *Pleurotus* compone fuente potencialmente fuerte y mejorado de sustratos para posteriormente ser empleado como forraje de nutrición animal y reproducción de carpóforos (Arias-Carbajal, *et al.* 2005).

En Cuba, al utilizar residuos de la cosecha de caña en la reproducción de hongos digeribles *P. ostreatus* mediante un procedimiento de biotransformación, donde al final el sustrato es utilizado como alimento animal. Realizaron la caracterización de residuos de caña

de azúcar, utilizando como sustratos en la maduración/cocción en fase sólida con hongos *Pleurotus*, así como estos en cuanto son convertidos, se valoraron la obtención de carpóforos. En restos fermentados se detectaron menores bajas de pH del preparado en comparación a restos que no se transformaron, como producto en el desarrollo del hongo y una continua relación al microorganismo en actividad de degradación, además se observó un aumento de cenizas; proteína; en el valor de disolución y la degradación biológica de las enzimática. Luego de 60 días de cultivo, la máxima degradación de la matriz resultó en hemicelulosa (77 %) y lignina (75 %), correspondientes a 53 % y 47 % de celulosa. Balance global de biotransformación del proceso. Recolectaron tres cosechas de frutales entre los 30 y 60 días de la siembra, y los primeros frutos dieron el mayor rendimiento (7 %, representando el 41 % del peso total de los hongos cosechados y con mayor bioeficiencia (34 %)). (Arias-Carbajal, et al., 2005).

La degradación biológica enzimática al igualarlos con el resto del comienzo está aventajada, en lo que muestra una mejora en el proceso de digestión de restos que está interconectado con el mayor grado de remoción de la lignina, sobrellevando un aumento de disponibilidad de celulosa que reacciona con la celulasa. Asimismo, se observa un aumento del contenido de la proteína bruta en 60 días de ser cultivadas. Esto coincide con resultados en paja de *Triticum durum* maduraodos con *Trametes versicolor* más *P. ostreatus* (Arias-Carbajal, et al., 2005).

**Tabla 5.** Composición de residuos de caña de azúcar fermentados con *Pleurotus ostreatus-pulmonarius*.

Composición (%)	Residuo (inicio)	Residuo (60 días)
pH	6,95	5,30
Cenizas	8,93	10,27
Solubilidad	6,91	15,06
Proteína bruta	2,75	5,56
Biodegradabilidad enzimática	4,94	15,18
Fibra bruta	37,95	31,58
Pérdida de peso	-	47,00

De acuerdo con el estudio y/o evaluación físicos y químicos en el cultivo de *P. ostreatus*, producidos en sustratos a base de restos lignocelulósicos. Los ciclos de producción fueron días cortos de 65 y 84 relativamente, donde los carpóforos alcanzan dimensiones excelentes para ser comercializados (3-12cm), eficacia biológica de 94 y 60 porciento, datos que se consideran admisibles que sugieren un negocio muy productivo. Por otra parte, se observó proteína en base seca de 31.58 %, resultado que deduce un alimento nutraceúutico,

obteniendo asemejar económicamente de este como elección agroecológica en las zonas rurales de Huayllay, distrito de Ccorca - Cusco (Holgado, 2018).

Garzón y Cuervo (2008), al realizar estudios productivos de *P. ostreatus* en sustratos, a partir de restos sólidos, que son: bagazo de *S. officinarum*, aserrín, tallo de *Z. mays* y sobras de *C. arabica* consumibles. Posteriormente, estudiaron de manera independiente el efecto de estos preparados con indicadores de eficacia biológica, cantidad de días en incubación, ganancia, periodicidad, peso (%) de cuerpos frutíferos, así mismo, número de días para de aparición de primordios y de producción. Y por último concluye una mezcla de mezcla de *C. arabica* y bagazo de *S. officinarum*/tallo de *Z. mays* logra una mejor eficacia biológica llegando de 40 y 48 %, y producción de hongos frescos en el sustrato cada 100kg/día llega hasta 715 - 905 Kg; por el contrario, el resto de los sustratos obtuvieron menor eficiencia biológica (0,5 y 36 %) y de producción (324 y 494 Kg).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

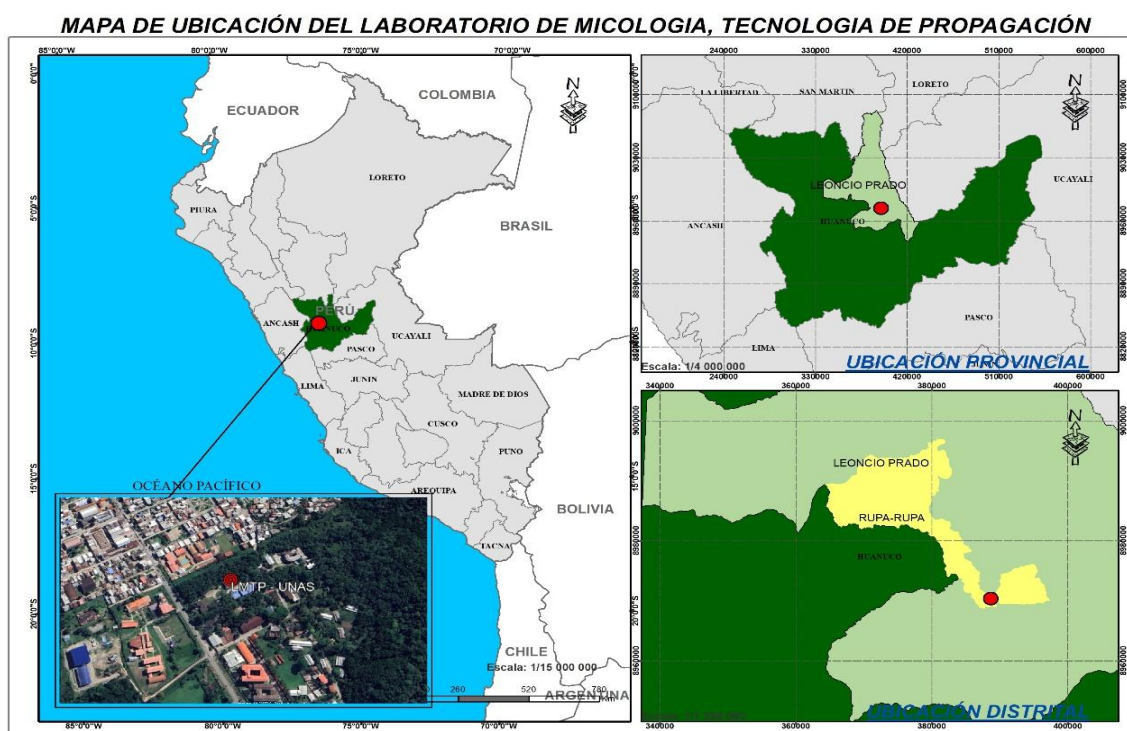
#### 3.1. Lugar de ejecución

##### 3.1.1. Ubicación geográfica

La investigación se desarrolló en dos momentos, una fase de activación de la cepa y producción de semilla, que fue realizada en el Laboratorio de Micología y Tecnología de Propagación de la facultad de Recursos Naturales Renovables (FRNR), Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS). Su altitud aproximada es de 660 m.s.n.m, y sus coordenadas UTM son 390259 m E y 8970854 m N.

##### 3.1.2. Ubicación política

La zona se encuentra en el distrito de Rupa Rupa, también conocido como Selva Alta (Pulgar, 1941), en la provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco.



**Figura 4.** Mapa de ubicación del lugar de estudio

##### 3.1.3. Ecología y clima

La categorización de áreas de vida, el área de estudio se sitúa en la alineación vegetativa de bosque muy húmedo Pre-montano Sub Tropical (bmh-PST) (Holdridge, 1982). Conforme con información proporcionada por la Estación Meteorológica José Abelardo Quiñones de la UNAS, el clima de la zona de estudio revela una temperatura máxima y mínima de 30,5 °C y 20,7 °C respectivamente, una precipitación anual media de 3758.1 mm, con humedad relativa del 84 %.

## 3.2. Materiales y métodos

### 3.2.1. Materiales, reactivos e insumo y equipos de Laboratorio

**Materiales:** bolsas de polietileno, alambre de amarre, clavos, mallas Raschel, mesa para embolsado de sustrato, andamios de madera, atomizador de agua, bolsas simples de plástico, papel aluminio, bisturí, guantes de goma. Materiales de vidrio: cajas Petri de 90 mm de diámetro, matraces, probetas de 500 ml, pipetas de 10 ml.

**Material orgánico como sustrato:** Aserrín de maderas blandas (cajonería), aserrín de bolaina (*Guazuma crinita*), tallo de arroz (*Oriza sativa*), cascarilla de arroz (*Oriza sativa*), bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

**Material biológico:** Cepa del hongo comercial *Pleurotus ostreatus* proporcionado por el cepario del Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación.

**Reactivos e insumos:** Agar papa dextrosa (PDA), hipoclorito de sodio, alcohol de 70° y de 90°, trigo sin pelar (trigo resbalado).

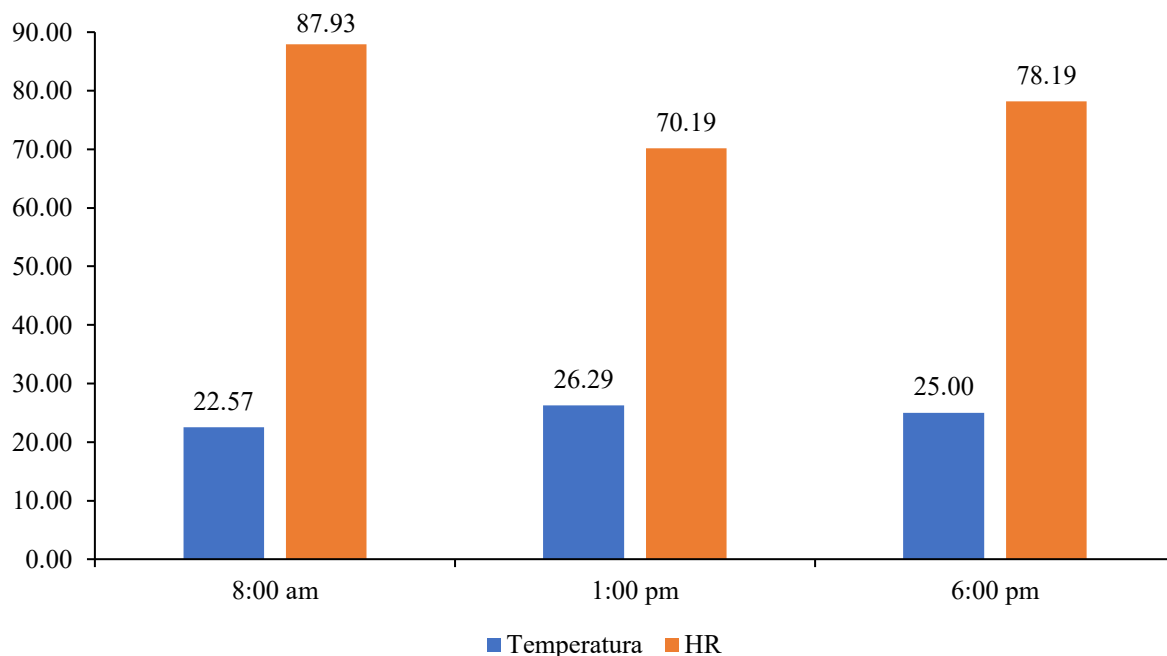
**Equipos:** Cabina de flujo laminar, Incubadora, balanza digital, refrigeradora, autoclave, estufa, termo hidrómetro, cámara digital.

### 3.2.2. Condiciones ambientales en el proceso de producción de *Pleurotus ostreatus*

#### a) Temperatura y humedad relativa del ambiente de producción

En la figura 5 se muestran los valores promedios de condiciones de temperatura y de humedad relativa registrados en el ambiente de producción, datos obtenidos sólo para el periodo de producción del hongo, con los cuales se obtuvieron los resultados de la producción del experimento. Los datos diarios registrados están en Anexo 6, tabla 29).

Se realizó mediciones de temperatura y humedad relativa solo en la etapa de fructificación del hongo *P. ostreatus*, donde se aprecia en la Figura 5 un rango mínimo de variación de la temperatura durante las 24 horas del día, mediciones realizadas a las ocho de la mañana registran temperaturas menores con respecto a las demás horas del día, al medio día (1pm) por lo general cuando los días son soleados la temperatura aumenta unos grados y presenta una baja o variación mínima a las 6pm. Sánchez y Royse (2017), manifiesta que, de manera general e ideal, los hongos tienen una temperatura óptima de germinación, una temperatura óptima de crecimiento micelial y una temperatura óptima de fructificación. Siendo la regla general, las temperaturas óptimas para la fructificación de las especies de *Pleurotus* son ligeramente inferiores a las requeridas para el crecimiento micelial (incubación). Bajo estas condiciones de temperatura la zona de Tingo María tiene las condiciones ideales para el cultivo de hongos digeribles y medicinales.



**Figura 5.** Promedio de temperatura y humedad relativa evaluados en el periodo de producción de *Pleurotus ostreatus*.

En cuanto a la humedad relativa, en promedio se registró en 87,90 %, pero al medio día baja grandemente la humedad relativa llegando en muchos casos hasta 50 %, el cual es letal para los primordios (etapa inicial de producción de los hongos) sufriendo quemaduras y en consecuencia la muerte de estos botones succulentos que son sensibles a la alta temperatura. A las 6 pm, la humedad se aprecia con poca variación. A pesar de la diferenciación en la humedad relativa los cuerpos fructíferos crecieron bastante bien.

### **b) Iluminación**

En la etapa de desarrollo del micelio (crecimiento vegetativo) luego de sembrados los granos de trigo invadidos de micelio en los sustratos en bolsas de polietileno, estos fueron sometidos a total oscuridad. Para tal efecto, se acondicionó un estante de madera cubierto totalmente con plástico negro donde en el interior se depositaron las bolsas sembradas de acuerdo con cada tratamiento para el desarrollo del micelio.

En la etapa de fructificación, los sustratos embolsados fueron trasladados hacia el ambiente de producción, adecuada éste de una iluminación indirecta obtenida mediante el techo de hojas de palmera y paredes protegidas de malla Raschel (Anexo 7, Figura 27).

Siendo los hongos organismos no fotosintéticos, es curioso que tengan influencia de la luz. Hay datos acerca de que el crecimiento micelial de *Pleurotus ostreatus* en condiciones de oscuridad en medio trigo sin pelar y autoclavado presentó excelentes condiciones de desarrollo micelial con respecto a los medios sometidos a luz (Ríos y Ruiz, 1993).

### **c) Aireación**

Como tal los hongos requieren de una alta aireación en la etapa de fructificación, el ambiente de producción ha sido diseñada para contar con esta condición, siendo protegida las paredes con malla Raschel para el ingreso libre del aire y de ese modo darle esas condiciones adecuada para este fin, tal como se muestra en el Anexo 7 (Figuras 22 y 27).

## **3.3. Metodología**

Se fraccionaron en dos fases: fase de laboratorio, donde se realizaron actividades relacionadas a la reproducción de micelio (semilla del hongo). Fase de producción, consistió en el cultivo propiamente del hongo donde se evaluaron la eficiencia biológica y las demás variables en los distintos sustratos determinados como tratamientos.

### **3.3.1. Fase de laboratorio**

#### **a. Preparación de medio de cultivo**

De acuerdo con las especificaciones técnicas del producto comercial, el medio agar papa dextrosa (PDA) fue preparado diluyendo 29 g en 1000 ml de agua destilada contenida en un vaso de precipitado, esto fue sometido a calentar hasta ebullición, luego fue depositada en matraces de 250 mL de capacidad debidamente taponeados con algodón y protegidos con papel para su esterilización por 15 minutos a 1.5 libras/cm<sup>2</sup> de presión y a una temperatura de 121 °C. Todo esto, en condiciones de asepsia (en cámara de cultivo), finalmente, se vertió cerca de 20 mL en cajas Petri de vidrio esterilizadas de 90 mm de diámetro.

#### **b. Obtención de cepas de *Pleurotus ostreatus***

Fueron tomadas del laboratorio perteneciente a la FRNR-UNAS.

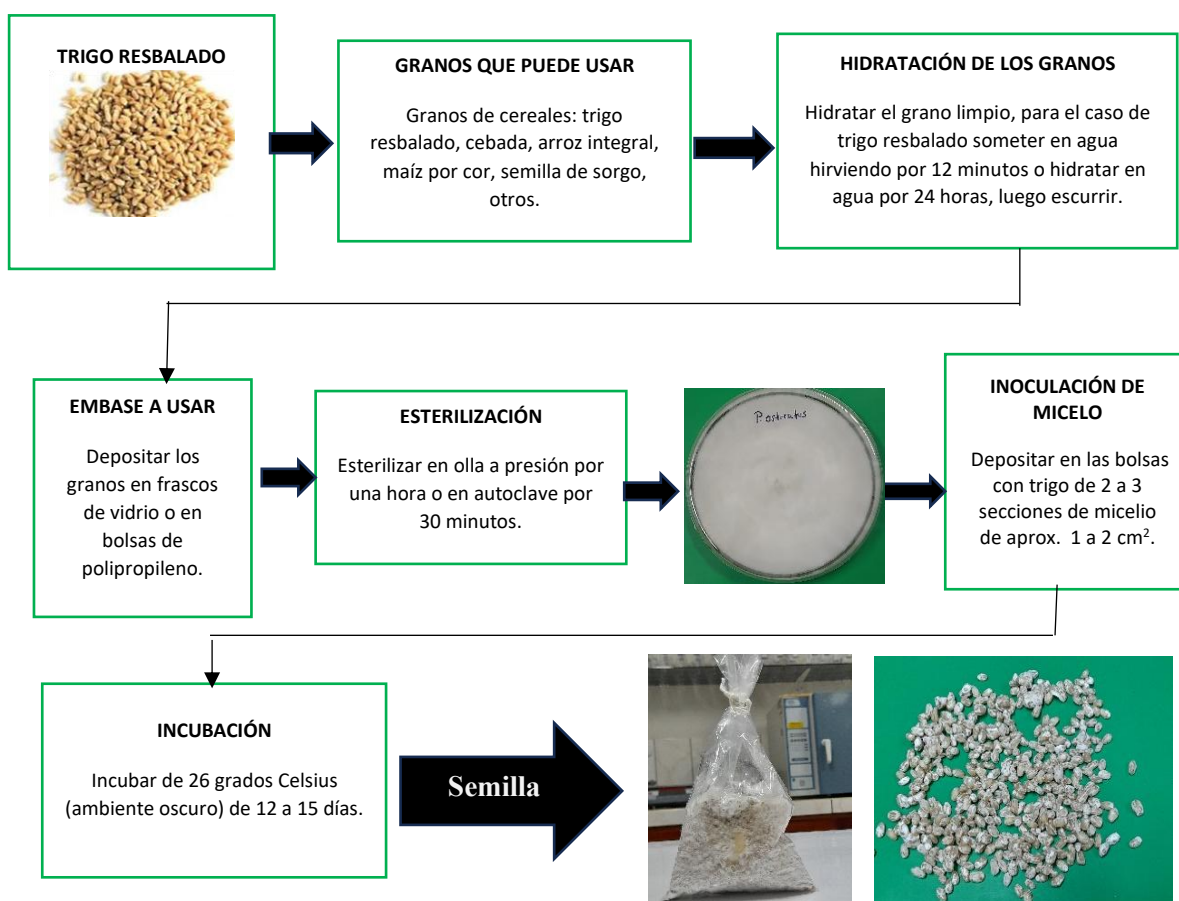
#### **c. Activación y obtención de micelio**

Consistió en extraer del refrigerador la cepa almacenada del hongo y dejarle a temperatura ambiente sobre una mesa limpia por 24 horas, pasado este tiempo, se procedió a repicar en medio agar papa dextrosa para obtener micelio activo. Posteriormente, un pedazo de micelio con el medio entre 0.5 a 0.7 mm<sup>2</sup> fue sembrado en el centro de cada placa Petri con el medio de cultivo. Tal maniobra fue ejecutada de manera cuidadosa en la

cámara de flujo para prevenir riesgo de contagio. Las placas sembradas previamente se codificaron y selladas con Parafilm e incubadas a 28 °C por 10 días (Ríos y Ruiz, 1993; Romero et al., 2018).

#### d. Producción de semilla de *Pleurotus ostreatus*

Los granos de trigo fueron precocidos, logrados en este caso, hirviendo más o menos 12 minutos contados desde cuando es depositada el trigo en el agua hirviendo, con el cual los granos alcanzan una humedad aproximada de 50 %. Luego se dejó escurrir y orear. En seguida, se depositaron 400 g de granos de trigo en las bolsas de polipropileno de 22 x 12 cm de dimensiones, se ataron en su extremo con hilo pabilo y se esterilizaron por 40 minutos en la autoclave a 121°C y 15 lb de presión por cm<sup>2</sup>.



Fuente: elaboración propia.

**Figura 6.** Esquema básico para obtener la semilla del *Pleurotus ostreatus* “Spawn”, granos de trigo invadidos de micelio.

Una vez obtenida las bolsas con el trigo esterilizada y a T° ambiente, se procedió a sembrar 1 cm<sup>2</sup> de micelio extraídas de las placas Petri previamente colonizadas, luego se procedió a rotular indicando la fecha y el tipo de hongo. El proceso total se ejecutó en

la cámara de flujo laminar con el máximo cuidado y criterio de esterilidad, debido a la alta probabilidad de contagio durante la manipulación. Posteriormente las bolsas sembradas fueron colocadas en la incubadora a temperatura de 25°C.

Al cabo de 12 a 15 días el micelio del hongo ha invadido el total del trigo en las bolsas, teniendo un aspecto algodonoso y blanco, siendo esta colonización del micelio en los granos de trigo la semilla requerida para las pruebas de siembra en los sustratos en la fase campo, procesos tal mostrados en la Figura 6.

### **3.3.2. Fase de campo**

En esta etapa de producción de *Pleurotus ostreatus*, se adecuaron un ambiente techado de hojas de palmera de 6 m de largo x 3.5 m de ancho x 3 m de alto, todo circulado de malla fina. Dicho ambiente antes fue desinfectado con hipoclorito de sodio al 4%. (Anexo 7, Figura 27)

#### **3.3.2.1. Sustratos elaborados a base de aserrín y residuos agrícolas**

##### **1) Residuos “aserrín” de origen forestal**

Los residuos forestales como el aserrín de *Guazuma crinita* “bolaina” y el aserrín generado de la elaboración de cajones para embalaje de frutas, fueron transportados desde la localidad de Aucayacu.

Para el caso de aserrín de bolaina blanca son generados en el proceso de elaboración de tablillas para parihuelas y machihembrados, y para el caso del aserrín de cajonería son generados en el proceso de elaboración de cajones de madera para embalaje, donde se utilizan maderas blandas principalmente como: *Pouteria reticulata* “zapotillo”, *Cecropia sp* “cetico”, *Matisia malacocalyx* “sacha zapote”, *Inga sp.* “shimbillo”, *Ficus sp.* “ojé renaco”, *Ficus insipida* “ojé”, etc. otras especies (Anexo 4, Figura 13; Anexo 7, Figura 15). La preparación de los sustratos a base de residuos forestales (aserrín) y de residuos agrícolas, tuvieron distintos procesos de tratamientos, a continuación, se indican:

##### **2) Tallo de arroz (paja de arroz)**

El residuo de arroz fue adquirido del Fundo Agrícola UNAS, depositadas en costales grandes y transportaron al ambiente de producción, los tallos fueron seccionadas manualmente en partículas de 2 a 3 cm de longitud mediante el uso de un machete. Posteriormente se regaron con agua hasta humedecerlas y homogenizarlas, se formaron pilas con este sustrato y se cubrieron con plástico negro para generar mayor calor interno, fueron removidos diariamente por dos a tres días para disipar el calor y homogenizar la humedad (Anexo 4, Figura 13).

### **3) Bagazo de caña de azúcar**

Este subproducto fue adquirido de vendedores de jugo de caña de azúcar de nuestro medio, quienes luego de extraerlo el jugo de la caña son desechadas como residuos, en este caso, ha sido considerada como un tratamiento en la producción del hongo. Este residuo, es un material fácil de reciclar, amigable con el medio ambiente y biodegradable, y en general, todos los desechos o residuos agroindustriales deben ser tratados como un potencial para la obtención de nuevos productos (Anexo 7, Figura 22).

### **4) Cáscara de grano de arroz**

Este es un subproducto que fue adquirida y trasladada de la zona de Aucayacu, donde hay plantas piladoras o desgranado de arroz. Por los volúmenes que existen fue considerada como un sustrato para las pruebas de producción del hongo (Anexo 4, Figura 13).

#### **3.3.2.2. Fermentado del sustrato**

Es un proceso donde los residuos fueron humedecidos aproximadamente en un 50%, actividad que se logró regando lentamente y volteando el sustrato hasta homogenizar la humedad, para ello se realizó la medida artesanal del puño para lo cual se estruja con la mano el sustrato para corroborar que solo un hilo delgado de agua cayera de entre los dedos (Figuroa y Lozada, 2015). La pila de sustratos humedecidos fue cubierta con plástico negro para generar unos grados más de calor y de ese modo obtener una actuación primaria de los microorganismos (bacterias y hongos) quienes inician la degradación de los sustratos.

#### **3.3.2.3. Embolsado o soporte para la producción de los cuerpos fructíferos**

En esta etapa se ha procedido para el caso de los sustratos de origen agrícola de la siguiente manera: Después de 24 horas de haberse pasteurizado el sustrato, se procedió a depositar (embolsar) los sustratos en bolsas de polietileno transparente de 2 kg de capacidad, procediendo a colocar capas de sustratos y granos de trigo invadidos de micelio hasta llenar la bolsa, se ató en el extremo superior con hilo pabilo. Para finalizar, se codificaron las bolsas de acuerdo con los tratamientos establecidos y se realizaron perforaciones muy finas a las bolsas con una aguja desinfectada para facilitar el intercambio gaseoso (Anexo 7, Figura 16). Para el caso de los sustratos de origen forestal (aserrines), primero de depositaron el aserrín en bolsas transparente de polietileno, fueron atadas en el extremo y sometidas a pasteurizado.

#### **3.3.2.4. Pasteurizado de los sustratos**

La bolsa de malla llena del sustrato fue depositada en el interior del cilindro pasteurizador, esta acción se realizó para cada uno de los sustratos en estudio. La pasteurización fue realizada por medio de la generación de vapor caliente, obtenidos al hervir agua en un cilindro, donde contenía una parrilla de 35 cm de altura desde la base del cilindro, esto con la finalidad de fijar el sustrato contenido en un costal de malla, el nivel del agua fue desde la base del cilindro hasta 30 cm de altura, es decir, debajo de la parrilla de fierro de 1/4 de pulgada, el cilindro fue tapado herméticamente y echado a hervir para obtener el vapor caliente y una buena distribución del vapor por un tiempo de 7 horas. Después de pasteurizado se dejó enfriar por 24 horas, es decir, hasta que el sustrato obtenga la temperatura ambiente (Anexo 7, Figura 26).

#### **3.3.2.5. Inoculación del micelio en los sustratos**

Una vez que el sustrato haya obtenido la temperatura ambiente después del pasteurizado tanto para los sustratos de origen agrícola y de origen forestal, se procedieron a la inoculación de granos de cereales invadidos del micelio del hongo previamente preparada y obtenida en el laboratorio. Las bolsas fueron codificadas de acuerdo con los tratamientos del experimento. Anexo 7, Figura 16 y 18).

#### **3.3.2.6. Incubación**

Actividad que ha consistido en colocar las bolsas sembradas en un ambiente (andamios) oscuro debido a que el micelio crece más rápido en oscuridad, esto se ha logrado cubriendo los andamios con plástico negro, el cual ha permitido además el aumento de la temperatura a unos grados más con respecto a la temperatura del ambiente externo. Las bolsas permanecieron en esta etapa un total de 22 días, tiempo en el que el micelio debe haber invadido el total de sustrato. La etapa de incubación terminó cuando se observó una coloración blanca en todo el sustrato.

#### **3.3.2.7. Inducción a la fructificación**

Después de la etapa de incubación, la inducción a la fructificación ha consistido en colocar las bolsas con los sustratos invadidos de micelio en un ambiente con condiciones de luz indirecta con cierta aireación, humedad y temperatura del ambiente (Anexo 7, Figura 23)

#### **3.3.2.8. Fructificación**

Es una etapa de crecimiento de los primordios del hongo hasta que los basidiomas alcancen su madurez. Esta es una etapa que requiere el cuidado necesario y las

condiciones ambientales básicas de humedad, temperatura, luz indirecta, protección contra plagas, etc. (Anexo 5, Figura 13)

### 3.3.2.9. Cosecha y evaluación

La cosecha se realizó torciendo el hongo con la mano hasta que se desglose de la bolsa, vale decir, cuando el carpóforo o sombrero haya alcanzado hasta antes que se extiendan por completo hacia los bordes, es decir, más o menos a partir de 10 a 15 días de abierta las bolsas (de la inducción a la fructificación). Se pesaron los hongos frescos por cada tratamiento y repetición. Esta evaluación se realizó para conocer la capacidad productiva en los distintos sustratos. Se pesaron los carpóforos en una balanza digital para su registro por cada cosecha y por tratamiento (Anexo 7, Figura 17, 27).



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 7.** Esquema básico del proceso de producción de *Pleurotus ostreatus*: 1) Fermentación del sustrato, 2) llenado del sustrato en saco de malla de nylon, 3) el saco de malla con el sustrato puesto en el cilindro, 4) pasteurizado del sustrato a temperatura de entre 80 a 90 °C, 5) embolsado, siembra de micelio en las bolsas y codificado según tratamiento, 6) bolsas en incubación en cuarto oscuro, 7) inicio de fructificación, 8) frutos listos para la cosecha, 9) cosecha y pesado de los carpóforos.

### 3.4. Unidad experimental y enfoque del estudio

En este caso cada bolsa de polietileno lleno de sustrato e inoculado con el micelio del hongo, constituye una unidad experimental, donde se experimentaron la productividad del hongo frente a los distintos sustratos.

De acuerdo a Hernández et al. (2014), esta investigación tuvo un enfoque cuantitativo, porque se utilizaron métodos y técnicas cuantitativas, y por lo tanto, se realizaron mediciones en las unidades de experimentales.

#### 3.4.1. Tipos y nivel de investigación

Hernández et al. (2006) plantean que de acuerdo al tipo de investigación Aplicada pueden identificarse como “aquel tipo de investigación que tiene fines prácticos en el sentido de solucionar problemas detectados en un área del conocimiento.

De acuerdo con Arias, (2012) el Nivel de investigación es explicativa porque pueden ocuparse ya sea en la determinación de las causas, como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis.

#### 3.4.2. Tratamientos

El estudio evaluó el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en cinco sustratos orgánicos: aserrín de bolaina (T<sub>1</sub>), tallo o paja de arroz (T<sub>2</sub>), bagazo de caña de azúcar (T<sub>3</sub>), aserrín de cajonería (T<sub>4</sub>) y cascarilla de arroz (T<sub>5</sub>), utilizando 10 bolsas por tratamiento (Figura 6).

**Tabla 6.** Tratamientos estudiados

Hongo	Residuo	Descripción	Tratamientos
<i>Pleurotus ostreatus</i>	Aserrín de Bolaina	<i>P. ostreatus</i> + aserrín de bolaina	T <sub>1</sub>
	Tallo de arroz o paja de arroz	<i>P. ostreatus</i> + Tallo de arroz	T <sub>2</sub>
	Bagazo de caña de azúcar	<i>P. ostreatus</i> + bagazo de caña de azúcar.	T <sub>3</sub>
	Aserrín de cajonería (*)	<i>P. ostreatus</i> + aserrín de cajonería	T <sub>4</sub>
	Cascarilla de arroz	<i>P. ostreatus</i> + Cascarilla de arroz	T <sub>5</sub>

Para cada tratamiento se establecieron 10 bolsas de cada sustrato como repeticiones.

(\*) mezcla de aserrines de diferentes especies de maderas especialmente blandas para la elaboración de cajones para el transporte de frutas.

#### 3.4.3. Diseño experimental

Se utilizaron el Diseño experimental Completamente al Azar (DCA) con 5 tratamientos y 10 repeticiones, con un total de 50 unidades experimentales, interactuando con el hongo *Pleurotus ostreatus* y los sustratos respectivos.

### 3.5. Recolección y evaluación de datos/variables a evaluar

Se procesaron los datos en una hoja electrónica de Excel para calcular los promedios de cada método; así mismo las pruebas de significancia se obtuvieron en un 95 % de certeza, para la separación de promedios de los tratamientos se utilizaron la prueba de Tukey a un nivel de  $\alpha = 0,05$ . Se evaluaron el tiempo de corrida del micelio, el peso fresco, eficiencia biológica, el rendimiento y la tasa de producción.

#### 3.5.1. Tiempo de corrida del micelio

Se refiere al tiempo transcurrido en número de días contados desde la inoculación del micelio en los sustratos hasta el comienzo de la producción de los cuerpos fructíferos del hongo.

#### 3.5.2. Peso fresco de la producción de *Pleurotus ostreatus*

Para evaluar la producción de los hongos frescos, se procedió a cosechar torciendo con los dedos hasta que se desglose del sustrato, a aquellas setas que poseían ciertas características de una madurez plena, es decir, aquellas que ya estaban los bordes del píleo iniciando a inclinarse hacia la parte superior. Luego se procedió a pesar en una balanza digital el total producido en cada bolsa de acuerdo con el número correspondiente y el tratamiento respectivo. Todo esto ha sido registrado para su proceso posterior.

#### 3.5.3. Porcentaje de eficiencia biológica del sustrato, rendimiento y tasa de producción

- **Eficiencia biológica**

Determinada como la relación en porcentaje del peso de las setas frescas y el peso seco del sustrato multiplicado por 100 (Jaramillo y Albertó, 2019). Obtenida mediante la siguiente fórmula:

$$EB = [\text{Peso del hongo en fresco (g)} / \text{peso del sustrato en seco utilizado (g)}] * 100A$$

- **Rendimiento**

Determinado como la relación en porcentaje del peso de las setas frescas y el peso húmedo del sustrato (Jaramillo y Albertó, 2019). Obtenida mediante la siguiente fórmula:

$$R = (\text{peso de las setas frescas} / \text{peso del sustrato húmedo ocupada por la bosa}) * 100$$

- **Tasa de productividad**

Definida como la relación de la eficiencia biológica entre los días de incubación + los días de producción (Jaramillo y Albertò, 2019).

$$TP = (\text{eficiencia biológica (EB)} / (\text{días de incubación} + \text{días de producción})).$$

### 3.6. Variables evaluadas

#### 3.6.1. Variables independientes

- Sustratos a base de residuos de origen agroforestal

#### 3.6.2. Variables dependientes

Productividad del hongo comestible, relativo a las variables medidas: Tiempo de corrida del micelio, peso fresco total del hongo, eficiencia biológica, rendimiento de la producción y la tasa de producción

#### 3.6.3. Variables intervinientes

Son los factores que pueden modificar la relación de causa y efecto entre la variable independiente y la dependiente, produciendo efectos en la variable dependiente, considerados para esta investigación en la fase de producción (invernadero) del hongo *P. ostreatus*: Humedad del ambiente, temperatura interna y externa del ambiente, nivel de iluminación en lux, concentración de CO<sub>2</sub> (ppm).



0,543 kg, lo que significa que, se podría producir en promedio 1 446 kg de hongos frescos por tonelada de este sustrato. Asimismo, cabe indicar que el tratamiento a base de cascarilla de arroz fue el que menos destacó con la media alcanzada en la producción, precisando que de las 10 repeticiones (bolsas) tan solo en dos unidades experimentales lograron producir basidiomas de poco tamaño y peso; tal como se observa en (Anexo 7, figura 23). Razono por las cuales se determinó alta dispersión entre los tratamientos y repeticiones teniendo como resultado un CV de 211,72 %.

El análisis de varianza (ANVA) del peso fresco de *P. ostreatus* indica diferencias significativas entre los sustratos evaluados (Tratamientos). Debido que el valor F calculado ( $F_{cal} = 31,911$ ) es considerablemente alto, y el p-valor ( $< 0,0001$ ) confirma una diferencia significativa entre los tratamientos. El coeficiente de variación ( $CV = 38,15\%$ ) muestra una variabilidad alta entre las unidades experimentales, sin embargo, el valor de probabilidad es menor al plantado ( $p < 0,05$ ), se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternante ( $H_a$ ), lo cual podemos concluir que los sustratos afectan significativamente la producción de *P. ostreatus*, además, nos permitió identificar aquellos sustratos más eficientes para su cultivo, ya que muestran menor variabilidad como los sustrato a base de aserrín grueso de bolaina, bagazo de caña de azúcar y aserrín de cajonería (Tabla 8).

**Tabla 8** Análisis de varianza ( $\alpha = 0,05$ ) del peso fresco de la producción de *Pleurotus ostreatus* en sustratos de origen agrícola y forestal.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fcal	P-valor
Sustratos	3410413,68	4	852603,42	31,911	<0,0001
Error experimental	1202310,8	45	26718,018		
Total	4.612.724.480	49			
CV	38,15%				

Al obtener diferencias significativas entre los tratamientos, se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple de Tukey a un nivel de significancia de 0,05 %, los resultados se observan (Tabla 9) con una alta significancia estadística entre los sustratos. El uso de diferentes sustratos provenientes de residuos de origen agrícola y forestal ha repercutido de manera significativa en la producción en peso fresco del hongo comestible *P. ostreatus*; donde el sustrato a base de bagazo de caña de azúcar supera significativamente a los demás tratamientos.

En la prueba de comparación de Tukey al 95 % de certeza, tal como se observa en la Tabla 9, los sustratos utilizados en la producción del *P. ostreatus* a base de residuos de bagazo

de caña de azúcar es estadísticamente diferentes y superiores a los demás sustratos (tratamientos), es segundo lugar se observa al sustrato base de tallo de arroz (pajilla) y los sustratos a base de aserrín de cajonería y aserrín de bolaina blanca muestran valores intermedios y el sustrato a base de cascara de arroz muestra menor peso fresco de *P. ostreatus*. Estos resultados, posiblemente se deben a que los primeros dos tratamientos reúnen las características y condiciones nutricionales para la obtención del mayor peso fresco en comparación a los demás sustratos (tratamientos), estos residuos son bastante porosos, de consistencia blanda, el cual posiblemente facilitan el crecimiento del micelio.

**Tabla 9.** Prueba de Tukey del peso fresco de la producción de *Pleurotus ostreatus* en sustratos de origen agrícola y forestal.

Sustrato/tratamientos	Repetición	Promedio (g)	Sig.
Bagazo de caña de azúcar	10	785,20	a
Tallo de arroz (pajilla)	10	608,30	a b
Aserrín de cajonería	10	407,90	b c
Aserrín de bolaina	10	325,30	c
Cáscara de arroz	10	15,70	d

Letras distintas en significancia, muestran diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ )

Estos resultados coinciden con la investigación realizada por Apaza (2018), quien, al utilizar sustratos a base de “paja de arroz” en la producción de *P. djamor*, reporta mayor peso fresco del hongo, menor tiempo de corrida del micelio contados desde la siembra del micelio hasta la producción de los basidiocarpos y una mayor media en eficiencia biológica. En este caso la especie de *P. ostreatus* no es la misma ni tiene la misma precocidad, tal como afirman Arias-Carbajal, et al. (2005), quienes manifiestan que existen muchas especies de *P. ostreatus* y se adaptan a diferentes sustratos y condiciones ambientales en el proceso de su cultivo.

En cuanto a los residuos utilizados como sustratos, cada cual tienen diferentes porcentajes de lignina, celulosa y hemicelulosa que son los polímeros que van a ser descompuestos por el micelio de los hongos. En este caso, los sustratos utilizados y considerados como los mejores en esta investigación fueron el “bagazo de caña de azúcar” posee de 11 a 14 % de lignina, 33 a 38 % de celulosa y 22 a 34 % de hemicelulosa, y el “tallo de arroz” (paja de arroz) que contiene 14 a 15 % de lignina, 30 a 43 % de celulosa y 36 a 50 % de hemicelulosa, que son bastante similares en cuanto a la composición de estos polímeros (Gracia, 2008; Kumala, 2020). Estos compuestos, que en buena cuenta van a ser degradados por los hongos, por el que además, es importante tener consideración que la biodegradabilidad de los restos está en relación del contenido relativo de biomoléculas que se degradan con

facilidad (azúcares solubles de bajo peso molecular, grasas, proteínas, almidón, hemicelulosa y celulosa) y aquellos componentes que se degradan lentamente (ceras, ligninas y otros polifenoles), es aquí donde el hongo tiene que utilizar su variedad de enzimas a fin de descomponer o degradar para adaptarse al sustrato utilizándolo como fuente de carbono (Arias-Carbajal, et al., 2005). *Pleurotus*, que es un hongo de pudrición blanca de la madera que tiene la capacidad de deteriorar y mineralizar la lignina usando un método enzimático extracelular compuesto principalmente de tres enzimas Ligninoperoxidasa (LiP), Manganese peroxidasa (MnP) y Lacasa (Díaz, 2011), por lo que, durante la colonización del sustrato por el hongo, éste tiene la potencialidad de convertir los carbohidratos a azúcares más simples por medio del proceso de metabolismo fúngico (Bermúdez-Savón, et. al, 2023).

Referente a las condiciones climáticas basadas en la humedad relativa, la temperatura y la aireación va a depender en muchos casos del periodo del año en que se evalúa y la tecnología a emplear. El mayor problema se da en la etapa de producción de primordios (inicio de la fructificación) donde las setas son muy suculentas y sensibles. En la presente investigación se ha registrado en días bastante soleados una muy baja humedad relativa de hasta 50 % a las 2 pm y bastante bajo también a la 6 pm (Anexo 6. Tabla 29), el cual, es sumamente letal para los hongos, tal como manifiesta Jaramillo y Albertó (2019). Aquí en realidad es fundamental evitar la desecación de los cuerpos fructíferos más aún si están iniciando su crecimiento, los rangos en los cuales se obtienen mejor desarrollo están entre un 70 a 90 % (Sánchez y Royse, 2002), pues la mayoría de los hongos requiere altos niveles de humedad. En todo sistema de cultivo de hongos comestibles se debe tener en cuenta el contenido de humedad del sustrato y la humedad relativa del ambiente en el área de cultivo y los valores óptimos de humedad están entre 95 a 100 % en la etapa de producción, en cambio la humedad del sustrato debe estar entre 50 - 75 % para un crecimiento óptimo del micelio (Miles y Chang, 1999; Rodríguez, et al., 2006). Es importante indicar que, muchos microorganismos son capaces de degradar la celulosa y la hemicelulosa para utilizarlos como fuente de carbono y energía. Sin embargo, los hongos de pudrición blanca, entre los cuales se encuentra el género *Pleurotus*, son los únicos que poseen la capacidad de degradar de manera eficiente la lignina a CO<sub>2</sub> y agua, descomponiendo así la lignina que es el más recalcitrante de la pared celular de muchos residuos secundarios (Sánchez, 2008).

En cuanto a la inoculación de la semilla en el sustrato, en la presente investigación se ha usado más o menos un 3 % de semilla con respecto al peso húmedo del sustrato. Esto también es un factor que influye en la mayor o menor velocidad de colonización del micelio en

el sustrato, menor riesgo de contaminación, tal como indican Sánchez y Royse (2002), además, a mayor tiempo que demore la colonización del sustrato mayor será el riesgo de contaminación. La tasa de inoculación va desde 2,5 a 10 % (Sánchez y Royse, 2002). Asimismo, el tiempo requerido para la incubación depende de varios factores: el tipo de sustrato, la cantidad de semilla y la temperatura (Zarate, 2015), como también influyen en el desarrollo del micelio, el vigor de la cepa, adaptación de la cepa y cantidad de inóculo (Ardón, 2007).

La fermentación del sustrato también es un factor importante, en esta investigación se realizaron fermentaciones variadas, es decir, someter a los sustratos en pilas (montones) humedecidas y tapadas con plástico negro por varios días y removidas una vez al día, algunas más que a otras, por ejemplo, la paja de arroz solo fue fermentada por dos días, el bagazo de caña de azúcar por cuatro días y los aserrines por mayor tiempo. El removido diario es con el fin de que permita homogenizar la humedad, ya que esto juega un papel importante en el cultivo de los hongos comestibles, puesto que los cuerpos fructíferos constan de 90 % de agua. (Cruz et al, 2010).

Otro aspecto que se ha podido observar y es necesario manifestar es que los hongos producidos en aserrines tanto de bolaina como de aserrines de cajonería, fueron obtenidos en mayor tiempo, pero visiblemente más vigorosos y de mayor longitud (Anexo 7, Figuras 19 y 21), estos son similar a lo reportado por Jaramillo y Albertò (2019), quienes al investigar el cultivo de *Oudemansiella canarii* en aserrín de *Pinus sp*, lograron menor números de hongos, pero de mayores tamaños.

#### **4.2. Tiempo de corrida del micelio y fructificación a días después de la siembra de *Pleurotus ostreatus* en los sustratos de origen agrícola y forestal**

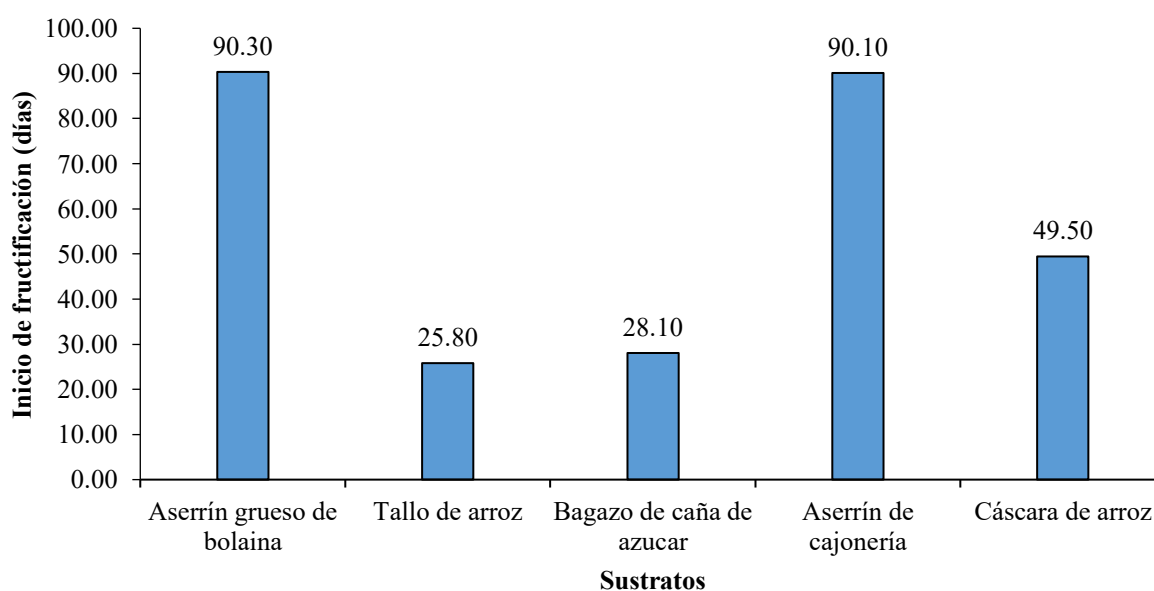
Con respecto a la fructificación días después de la siembra en la producción del hongo *P. ostreatus*, se aprecian diferencia significativa entre los tratamientos (Tabla 10 y Figura 9), donde los sustratos a base de tallo de arroz y bagazo de caña de azúcar son los que lograron fructificar en menor tiempo con respecto a los demás, lo que nos indica que, su periodo vegetativo en estas condiciones son las mejores porque se obtiene la producción del hongo en menor tiempo. Asimismo, es importante indicar que el periodo vegetativo es más prolongado con los aserrines a base de bolaina blanca y aserrín de cajonería (90,30 y 90,10 días respectivamente).

**Tabla 10.** Estadísticos descriptivos para el inicio de fructificación de *Pleurotus ostreatus* cultivado sobre los sustratos de origen agrícola y forestal

Sustratos	Rep.	Media	DE	Mínimo	Máximo	CV (%)
Aserrín de Bolaina blanca	10	90,30	10,76	70	108	11,92
Tallo de arroz	10	25,80	1,03	25	27	4,00
Bagazo de caña de azúcar	10	28,10	3,84	25	35	13,68
Aserrín de cajonería	10	90,10	0,99	89	92	1,10
Cascarilla de arroz	2	49,50	23,33	33	66	47,14
<b>Total</b>		<b>58,14</b>				

Rep : Repeticiones      DE : Desviación estándar      CV (%) : Coeficiente de variación

El tallo de arroz presenta el mayor índice de fructificación, ya que inicia la producción de *P. ostreatus* en 25,80 días, seguido del bagazo de caña de azúcar con 28,10 días, estos sustratos permiten una fructificación más rápida en comparación con el aserrín de bolaina y el aserrín de cajonería, que tienen el menor índice de fructificación debido al mayor tiempo requerido para la producción del hongo; la cáscara de arroz (49,50 días) se encuentra en una posición intermedia, esto indica que los sustratos agrícolas, en particular el tallo de arroz, son los más eficientes para la producción temprana de *P. ostreatus*.



**Figura 9.** Fructificación de *Pleurotus ostreatus* días después de la siembra sobre los sustratos de origen agrícola y forestal

**Tabla 11.** Análisis de varianza de la fructificación días después de la siembra de *Pleurotuss ostreatus* cultivado sobre los sustratos de origen agrícola y forestal

<b>Fuente de variación</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>Fcal</b>	<b>P-valor</b>
Sustratos	40 189,14	4	10 047,29	213,90	< 0,0001
Error experimental	1 738,00	37	46,97		
Total	41 927 143,00	41			
CV (%)	11,79				

El análisis de varianza (Tabla 11) muestra diferencias significativas entre los sustratos (tratamientos) en relación con la fructificación del hongo *P. ostreatus*, el valor de probabilidad obtenido ( $p < 0,0001$ ) es inferior al valor de significancia planteado ( $p < 0,05$ ), lo que indica un efecto estadísticamente significativo de los sustratos en la fructificación, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alternativa ( $H_a$ ), lo que sugiere que al menos un sustrato muestra diferencias en la producción de fructificaciones. El coeficiente de variación ( $CV = 11,79\%$ ) indica una variabilidad moderada en los datos, lo que muestra que las diferencias observadas en la fructificación pueden atribuirse principalmente a los efectos de los sustratos utilizados. Estos resultados resaltan la importancia de la selección del sustrato en la producción de *P. ostreatus*, ya que la capacidad de fructificación puede variar de manera significativa dependiendo del tipo de sustrato empleado.

**Tabla 12.** Prueba de Tukey de la fructificación a días después de la siembra de *Pleurotuss ostreatus* cultivado sobre los sustratos de origen agrícola y forestal

<b>Sustrato</b>	<b>Repetición</b>	<b>Promedio</b>	<b>Sub.</b>
Tallo de arroz	10	25,80	a
Bagazo de caña de azúcar	10	28,10	a
Cáscara de arroz	2	49,50	b
Aserrín de cajonería	10	90,10	c
Aserrín de bolaina blanca	10	90,30	c

Letras distintas en significancia, muestran diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ )

En la prueba de comparación de Tukey al 95 % de certeza, tal como se observa en la Tabla 12, los sustratos utilizados en la producción del *P. ostreatus* a base de residuos de tallo de arroz y bagazo de caña de azúcar pertenecen mayor fructificación, estadísticamente son iguales y diferentes a los demás sustratos; el sustrato a base de cascara de arroz, muestra un valor promedio y es diferente y menor a los sustratos aserrín de cajonería y aserrín de bolaina blanca son iguales estadísticamente y muestran mayor días de fructificación. Estos resultados,

posiblemente se deben a que los primeros dos tratamientos reúnen las características y condiciones nutricionales para la obtención del mayor peso fresco en comparación a los demás tratamientos, estos residuos son bastante porosos, de consistencia blanda, el cual posiblemente facilitan el crecimiento del micelio. En promedio 25,8 y 28,10 días fue el tiempo requerido desde la inoculación de la semilla (siembra) y la producción de los basidiomas con los sustratos a base de paja de arroz y bagazo de caña de azúcar respectivamente, el cual constituye un tiempo bastante corto para producir un recurso alimenticio; al respecto, Royse y Sánchez (2017) indican que muy pocos alimentos se pueden producir en períodos bastante cortos de tiempo, y claro, esto es uno de los factores de su incremento en la producción mundial marcadamente en las últimas décadas.

En esta investigación no se ha tenido en cuenta porcentajes de inóculo (semilla), sin embargo Jaramillo y Albertò (2019) reportan que al emplear valores elevados de inóculo (13 y 16,6 %), se logra un descuento importante en el tiempo de incubación y en el tiempo de cosecha, lo que aumenta también la productividad, por lo que el aumento de inóculo genera crecimiento numérico de unidades formadoras de colonia, beneficiando la rápida colonización del sustrato y reduciendo el riesgo de contaminarse por tener una elevada competencia del micelio. Ahora es importante señalar, que los hongos nativos tanto del género *Pleurotus* aislados de la zona de Tingo María, son un periodo vegetativo mucho más corto aún, tal como reporta Apaza (2018), en el cultivo de *P. djamor* con 13,75 días ocurridos desde la inoculación a la cosecha del hongo.

### **4.3. Eficiencia biológica, tasa de producción y rendimiento de *Pleurotus ostreatus* cultivado sobre los sustratos de origen agrícola y forestal**

#### **4.3.1. Eficiencia biológica**

Los resultados indican que la eficiencia biológica en la producción de *P. ostreatus* varía significativamente según el sustrato utilizado (Tabla 13 y Figura 10). Los valores más altos se registraron en el bagazo de caña de azúcar (144,60 %) y el tallo de arroz (130,26 %), lo que sugiere que estos materiales ofrecen condiciones óptimas para el desarrollo del hongo debido a su contenido de compuestos fácilmente degradables. A diferencia, los sustratos a base de aserrín mostraron menor eficiencia biológica, destacando el aserrín de cajonería (41,20 %) y el aserrín grueso de bolaina (25,67 %), posiblemente por su lenta descomposición y menor disponibilidad de nutrientes.

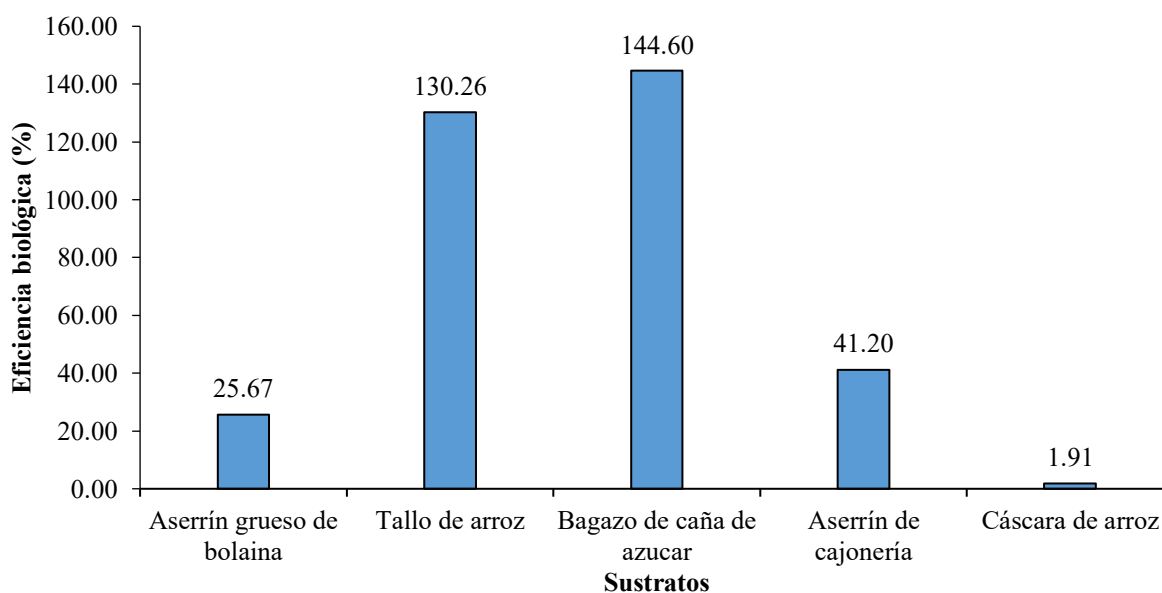
Por otro lado, la cáscara de arroz presentó la menor eficiencia biológica (1,91 %) y una elevada variabilidad (CV = 211,72 %), lo que refleja una respuesta inconsistente y poco favorable para el cultivo de *P. ostreatus*, esta baja eficiencia podría atribuirse a su alto

contenido de sílice, baja capacidad de retención de humedad y presencia de compuestos que dificultan la degradación del sustrato por el hongo.

Los resultados resaltan la importancia de seleccionar sustratos con alta disponibilidad de nutrientes y propiedades físicas adecuadas para optimizar la producción de *P. ostreatus*. El bagazo de caña de azúcar y el tallo de arroz se perfilan como las opciones más eficientes, mientras que los aserrines presentan limitaciones y la cáscara de arroz no es recomendable debido a su baja eficiencia biológica.

**Tabla 13.** Estadísticos descriptivos de la eficiencia biológica de los sustratos estudiados en la producción de *Pleurotuss ostreatus*

Sustratos	N	Media	DE	Mín.	Máx.	CV (%)
Aserrín grueso de bolaina	10	25,67	5,21	19,42	34,41	20,31
Tallo de arroz	10	130,26	60,94	56,53	219,91	46,78
Bagazo de caña de azúcar	10	144,60	36,75	77,35	184,53	25,42
Aserrín de cajonería	10	41,20	8,64	25,56	56,36	20,96
Cáscara de arroz	10	1,91	4,05	0,00	10,37	211,72
Total		68,73				



**Figura 10.** Histograma de la eficiencia biológica de los sustratos estudiados en la producción de *Pleurotuss ostreatus*

El análisis de varianza (Tabla 14) indica que la eficiencia biológica de *P. ostreatus* varía significativamente entre los sustratos evaluados, ya que el  $p$ -valor obtenido ( $p < 0,0001$ ) es menor que el nivel de significancia ( $\alpha = 0,05$ ), esto permite rechazar la hipótesis nula y concluir que los tratamientos presentan diferencias en la producción del hongo. Además,

el coeficiente de variación ( $CV = 46,86 \%$ ) sugiere una considerable dispersión en los datos, lo cual estaría obedeciendo a una deficiencia de algunos sustratos en las características adecuadas en la producción de del hongo, estos resultados destacan la importancia de seleccionar sustratos adecuados para optimizar la producción de *P. ostreatus*, lo que requiere un análisis detallado para identificar las opciones más eficientes.

**Tabla 14.** El análisis de varianza ( $\alpha = 0,05$ ) de la eficiencia biológica en la producción de *Pleurotuss ostreatus* sobre los sustratos de origen agrícola y forestal

<b>Fuente de variación</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>Fcal</b>	<b>P-valor</b>
Sustratos	166 182,70	4	41 545,67	40,08	< 0,0001
Error experimental	46 641,31	45	1 036,47		
Total	212 824,00	49			
CV (%)	46,86				

La prueba de Tukey (Tabla 15) muestra diferencias significativas en la eficiencia biológica de *P. ostreatus* según el sustrato utilizado. El bagazo de caña de azúcar (144,60 %) y el tallo de arroz (130,26 %) presentan los valores más altos y no difieren significativamente entre sí, pero sí respecto a los demás sustratos. En contraste, el aserrín de cajonería (41,20 %), el aserrín grueso de bolaina (25,67 %) muestra valores medios, también se muestran iguales estadísticamente y la cáscara de arroz (1,91 %) muestran menor eficiencia evidenciando un desempeño significativamente inferior. Estos resultados confirman que los residuos agrícolas como el bagazo de caña y el tallo de arroz son los sustratos más adecuados para la producción de *P. ostreatus*, mientras que el aserrín y la cáscara de arroz presentan limitaciones en su eficiencia biológica.

En esta investigación, la eficiencia biológica (EB) varía significativamente entre los sustratos, observándose los mayores promedios en el bagazo de caña de azúcar y el tallo de arroz. En este sentido, Jaramillo y Albertó (2012) evaluaron tres residuos como sustratos y reportaron una EB promedio de 189,2 % con despunte de caña de azúcar y 95,85 % con bagazo, mientras que la cachaza pura resultó inadecuada debido al pobre desarrollo del micelio, utilizando en todos los casos un 5 % de inóculo. Asimismo, Apaza (2017) reportó una EB del 79,09 % en el cultivo de *P. djamor* con paja de arroz, considerándola una opción aceptable. La EB en el cultivo de los hongos varían mucho de sustrato a sustrato, sin embargo, los sustratos que deben recomendarse son aquellos que logren un valor de EB cercano o mayor a 100 (Piña-Guzmán et al., 2016), en otro caso Fernández (2004) indica que se considera como aceptable a partir de EB de 50 %. Aquí existen muchos aspectos que se pueden plantear para mejorar la

eficiencia biológica, bien, por ejemplo, experimentando combinaciones de materiales residuales, realizando algún tipo de pretratamiento del material como la fermentación, el composteo o el proceso de pasteurización.

En este caso el bagazo de caña de azúcar y la paja de arroz son los únicos sustratos que lograron mayores EB y por cuanto según Piña-Guzmán et al., (2016) y Fernández (2004) son considerables aceptables desde el punto de vista comercial. Otro aspecto es que, de acuerdo con la información, en esta investigación solo se ha trabajado con un porcentaje fijo de inoculación (semilla) para todos los tratamientos, sin embargo, de acuerdo a Jaramillo y Albertò (2019) al usar altos porcentajes de inóculo (13 y 16.6 %), se logran importantes incrementos en la EB, que es sustancial desde el punto de vista económico a los productores.

**Tabla 15.** Prueba de Tukey de la eficiencia biológica en la producción de *Pleurotuss ostreatus* con respecto a los sustratos de origen agrícola y forestal.

Sustrato	Repetición	Promedio	Sig.
Bagazo de caña de azúcar	10	144,60	a
Tallo de arroz	10	130,26	a
Aserrín de cajonería	10	41,20	B
Aserrín grueso de bolaina	10	25,67	B
Cáscara de arroz	10	1,91	c

Letras distintas muestran diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ).

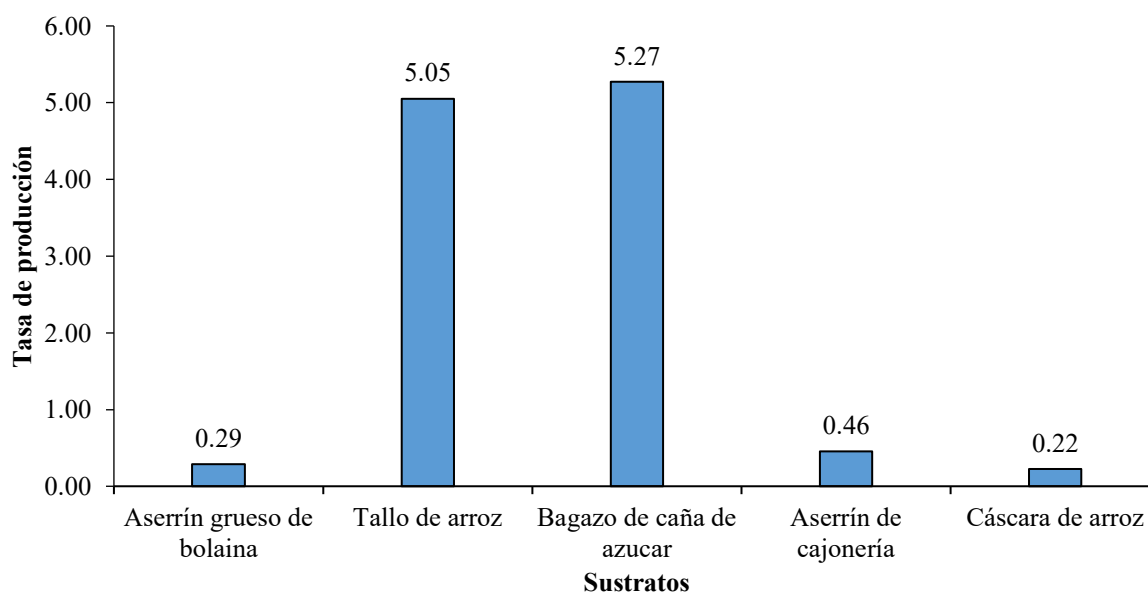
#### 4.3.2. Tasa de producción

Los estadísticos descriptivos de la tasa de producción de *P. ostreatus* en distintos sustratos (Tabla 16), el bagazo de caña de azúcar (5,27) y el tallo de arroz (5,05) registran las mayores medias de producción, lo que indica su idoneidad para el cultivo del hongo, sin embargo, el tallo de arroz muestra mayor variabilidad (DE = 2,32, CV = 45,94 %) en comparación con el bagazo de caña (DE = 1,56, CV = 29,6 %). A diferencia, los sustratos a base de aserrín presentan tasas de producción inferiores, con el aserrín de cajonería (0,46) mostrando menor variabilidad (CV = 20,71 %) y el aserrín grueso de bolaina (0,29) una variabilidad moderada (CV = 26,55 %). La cáscara de arroz, con la menor tasa de producción (0,22) y la mayor variabilidad (CV = 57,27 %), evidencia un desempeño poco predecible y desfavorable para el cultivo.

**Tabla 16.** Descriptivos de la tasa de producción de los sustratos estudiados en la producción de *Pleurotuss ostreatus*

Sustratos	N	Media	DE	Mínimo	Máximo	CV (%)
Aserrín grueso de bolaina	10	0,29	0,08	0,18	0,41	26,55
Tallo de arroz	10	5,05	2,32	2,09	8,14	45,94
Bagazo de caña de azúcar	10	5,27	1,56	2,21	7,38	29,60
Aserrín de cajonería	10	0,46	0,09	0,29	0,63	20,71
Cáscara de arroz	2	0,22	0,13	0,13	0,31	57,27
Total		2,65				

La Figura 11 confirma estos resultados, destacando al bagazo de caña y el tallo de arroz como los sustratos más eficientes, en comparación, los sustratos lignocelulósicos, como el aserrín y la cáscara de arroz, limitan el desarrollo de *P. ostreatus*, posiblemente por su menor disponibilidad de nutrientes o la presencia de compuestos inhibidores.



**Figura 11.** Histograma de la tasa de producción de los sustratos estudiados en la producción de *Pleurotuss ostreatus*

El análisis de varianza de la tasa de producción de *P. ostreatus* en diferentes sustratos (Tabla 17), se observa un efecto significativo del factor "sustratos" ( $p < 0,0001$ ), con un valor de Fcal de 31,7304, lo que indica diferencias significativas entre los tratamientos. El coeficiente de variación ( $CV = 52,17\%$ ) refleja una alta variabilidad en los datos, probablemente debido a la heterogeneidad en la composición de los sustratos y su impacto en el crecimiento del hongo. Dado que el p-valor es menor que  $\alpha = 0,05$ , se rechaza la hipótesis nula, confirmando que los tratamientos presentan diferencias en la tasa de producción de *P. ostreatus*, lo que resalta la importancia de elegir sustratos adecuados para optimizar su cultivo.

**Tabla 17.** Análisis de varianza ( $\alpha = 0,05$ ) de la Tasa de Producción de *Pleurotuss ostreatus* sobre los sustratos de origen agrícola y forestal.

<b>Fuente de variación</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>Fcal</b>	<b>P-valor</b>
Sustratos	241,788	4	60,447	31,7304	< 0,0001
Error experimental	70,486	37	1,905		
Total	312,274	41			
CV (%)	52,17				

Los resultados de la prueba de Tukey para la tasa de producción de *P. ostreatus* en distintos sustratos (Tabla 18). El bagazo de caña de azúcar (5,27) y el tallo de arroz (5,05) registraron las tasas más altas, no presentan diferencias significativas entre sí, pero sí respecto a los demás sustratos. En diferencia, el aserrín de cajonería (0,46), el aserrín grueso de bolaina (0,29) y la cáscara de arroz (0,22) mostraron valores significativamente menores, lo que sugiere que no proporcionan condiciones óptimas para la producción del hongo. Estos resultados confirman que los residuos agrícolas, como el bagazo de caña y el tallo de arroz, son los sustratos más eficientes, mientras que los lignocelulósicos, como el aserrín y la cáscara de arroz, limitan el desarrollo del hongo, posiblemente por su menor disponibilidad de nutrientes o la presencia de compuestos inhibidores.

**Tabla 18.** Prueba de Tukey de la tasa de producción de los sustratos estudiados en la producción de *Pleurotuss ostreatus*

<b>Sustrato</b>	<b>Repetición</b>	<b>Promedio</b>	<b>Sig.</b>
Bagazo de caña de azúcar	10	5,27	a
Tallo de arroz	10	5,05	a
Aserrín de cajonería	10	0,46	b
Aserrín grueso de bolaina	10	0,29	b
Cáscara de arroz	2	0,22	b

Letras distintas muestran diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ).

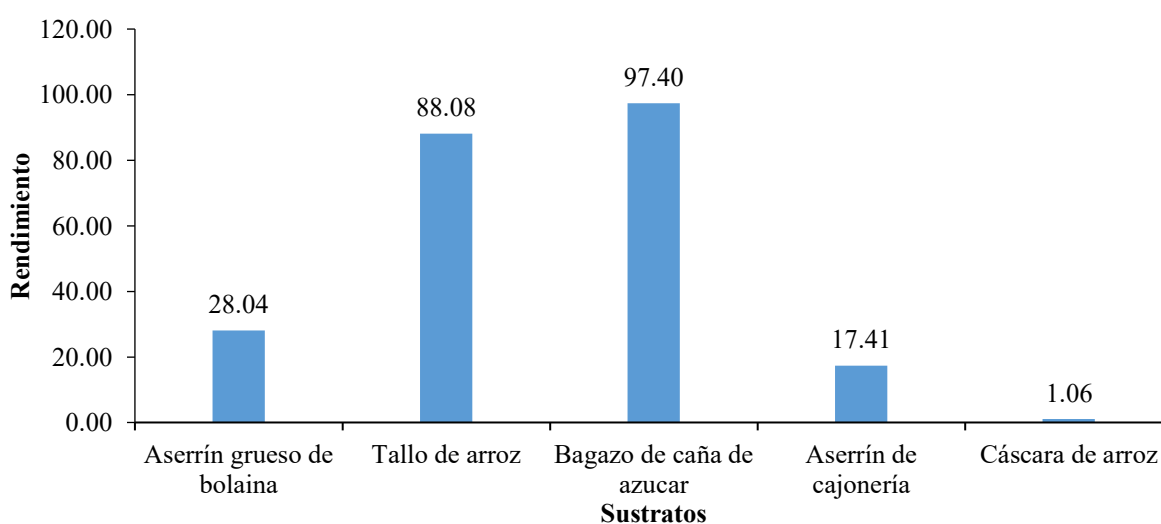
En estudios previos, Apaza (2018) obtuvo una tasa de producción del 5,75 % en *P. djamor* utilizando paja de arroz, superando a los sustratos de bagazo de caña y coronta de maíz. De manera similar, Romero et al. (2018) reportaron tasas de producción de *P. ostreatus* en paja de trigo con valores de 2,08 % y 2,20 %, seguidas de cebada (1,77 % y 1,90 %) y hoja de plátano (1,71 % y 1,54 %), destacando la calidad de las pajas de trigo y arroz para la producción de hongos comestibles. Asimismo, Martínez et al. (2010) reportó una tasa de producción de 2,1 % para caña de azúcar y 3,5 % en olotes de maíz, lo que refuerza la viabilidad del bagazo de caña como una de las mejores opciones para el cultivo de *P. ostreatus*.

### 4.3.3. Rendimiento

Los estadísticos descriptivos del rendimiento de *P. ostreatus* en distintos sustratos (Tabla 19). El bagazo de caña de azúcar (97,40) y el tallo de arroz (88,08) registran los mayores rendimientos, indicando su idoneidad para la producción del hongo, sin embargo, el tallo de arroz presenta mayor variabilidad (DE = 42,50, CV = 48,25 %) en comparación con el bagazo de caña (DE = 29,49, CV = 30,28 %), lo que sugiere una producción menos estable. En diferencia, el aserrín de cajonería (17,41) y el aserrín grueso de bolaina (28,04) presentan menores rendimientos, aunque con variabilidad moderada (CV = 22,89 % y 22,39 %). La cáscara de arroz muestra el rendimiento más bajo (1,06) y la mayor variabilidad (CV = 212,53 %), reflejando un desempeño inconsistente y poco favorable para el cultivo del hongo.

**Tabla 19.** Descriptivos del rendimiento de los sustratos estudiados en la producción de *Pleurotuss ostreatus*

Sustrato	N	Media	DE	Mínimo	Máximo	CV (%)
Aserrín grueso de bolaina	10	28,04	6,28	19,94	37,88	22,39
Tallo de arroz (paja)	10	88,08	42,50	36,09	168,91	48,25
Bagazo de caña de azúcar	10	97,40	29,49	46,88	142,33	30,28
Aserrín de cajonería	10	17,41	3,99	10,12	24,52	22,89
Cáscara de arroz	10	1,06	2,25	0,00	5,90	212,53
Total		46,40				



**Figura 12.** Histograma del rendimiento de la producción de *Pleurotuss ostreatus* en los sustratos estudiados

La Figura 12 confirma estos resultados, destacando al bagazo de caña y al tallo de arroz como los sustratos más eficientes. En contraste, los sustratos lignocelulósicos, como el aserrín y la cáscara de arroz, limitan la producción de *P. ostreatus*, probablemente

debido a su menor disponibilidad de nutrientes o a la presencia de compuestos que dificultan la degradación del sustrato.

**Tabla 20.** Análisis de varianza de rendimiento de los sustratos estudiados en la producción de *Pleurotuss ostreatus*

<b>Fuente de variación</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>Fcal</b>	<b>P-valor</b>
Sustratos	75 713,51	4	18 928,38	34,59	< 0,0001
Error experimental	24 626,26	45	547,25		
Total	100 339,77	49			
CV (%)	50,42				

El análisis de varianza del rendimiento de *P. ostreatus* en distintos sustratos (Tabla 20). El factor "sustratos" tiene un efecto significativo ( $p < 0,0001$ ), con un valor de Fcal de 34,59, lo que indica diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. El coeficiente de variación (CV = 50,42 %) refleja una alta variabilidad en los datos, posiblemente debido a la heterogeneidad en la composición de los sustratos y su influencia en la producción del hongo. Dado que el p-valor es menor que  $\alpha = 0,05$ , se rechaza la hipótesis nula, confirmando que los tratamientos presentan diferencias en el rendimiento de *P. ostreatus*. Estos resultados resaltan la importancia de seleccionar sustratos que optimicen su desarrollo y productividad.

**Tabla 21.** Prueba Tukey del rendimiento de los sustratos estudiados en la producción de *Pleurotuss ostreatus*.

<b>Sustrato</b>	<b>Repetición</b>	<b>Promedio</b>	<b>Sig.</b>
Bagazo de caña de azúcar	10	97,40	a
Tallo de arroz	10	88,08	a
Aserrín grueso de bolaina	10	28,04	b
Aserrín de cajonería	10	17,41	b
Cáscara de arroz	10	1,06	b

Letras iguales no presentan diferencias significativas  $p < 0,05$

Los resultados de la prueba de Tukey para el rendimiento de *P. ostreatus* en distintos sustratos (Tabla 21). El bagazo de caña de azúcar (97,40) y el tallo de arroz (88,08) registraron los mayores rendimientos, indicando que no hay diferencias significativas entre ellos, pero sí respecto a los demás sustratos. En diferencia, el aserrín grueso de bolaina (28,04), el aserrín de cajonería (17,41) y la cáscara de arroz (1,06) presentaron rendimientos significativamente menores, son iguales estadísticamente. Esto confirma que los residuos agrícolas como el bagazo de caña y el tallo de arroz son los más adecuados para la producción

de *P. ostreatus*, mientras que los sustratos lignocelulósicos, como el aserrín y la cáscara de arroz, ofrecen condiciones menos favorables, posiblemente debido a su menor disponibilidad de nutrientes o a la presencia de compuestos que dificultan su descomposición.

La variabilidad en los rendimientos sugiere que la composición de cada sustrato y la cepa utilizada influyen en la producción del hongo. Estos resultados coinciden con los reportados por Pérez y Mata (2005), quienes obtuvieron rendimientos entre 27,98 % y 53,53 % con viruta de pino, y entre 66,26 % y 106,04 % con paja de cebada.

Aunque esta investigación no evaluó la biodegradación de los sustratos durante las cosechas, se observó que estos se agotaban progresivamente, volviéndose más ligeros y blandos, lo que coincide con lo señalado por Arias-Carbajal et al. (2005). Estos autores reportaron que las primeras cosechas de *P. ostreatus* presentan mayor rendimiento y eficiencia biológica, además de un incremento en el contenido de agua en los cuerpos fructíferos a medida que avanza la producción.

## V. CONCLUSIONES

1. El bagazo de caña de azúcar y el tallo de arroz fueron los sustratos más eficientes para la producción de *Pleurotus ostreatus*, con rendimientos de 785,20 g y 608,30 g en peso fresco, respectivamente. En contraste, la cáscara de arroz mostró el menor rendimiento (15,70 g), evidenciando su baja capacidad para favorecer el desarrollo del hongo.
2. El tallo de arroz y el bagazo de caña de azúcar fueron los sustratos más eficientes para la fructificación temprana de *Pleurotus ostreatus*, con 25,80 y 28,10 días. Los aserrines de bolaina blanca y de cajonería presentaron los tiempos más prolongados, superando los 90 días.
3. La mayor eficiencia biológica (144,60 % y 130,26 %), tasa de producción (5,27 y 5,05), y rendimiento (97,40 g y 88,08 g) se obtuvo con bagazo de caña de azúcar y el tallo de arroz. La cáscara de arroz presentó la menor eficiencia biológica (1,91 %), tasa de producción (0,22) y rendimiento (1,06 g).

## VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Determinar el grado de biodegradación que presentan los diferentes residuos utilizados como sustratos después de la producción de *Pleurotus ostreatus*.
2. Realizar investigaciones sobre caracterización fisicoquímica, nutricional y molecular de los basidiomas del hongo bajo las condiciones de sustratos producidas.
3. Realizar investigaciones referentes a la caracterización fisicoquímico y su relación carbono nitrógeno de los residuos agrícolas y forestales utilizados como sustratos en la producción de basidiomas de *P. ostreatus*.
4. Comparar porcentajes de inoculación de micelio de *P. ostreatus* (semilla) en el proceso de siembra en los sustratos para conocer el efecto de la producción, eficiencia biológica, reducción del tiempo en la producción y rendimiento.

## VII. REFERENCIAS

- Afanasjeva, N., Castillo, L., y Sinisterra, J. (2017). Biomasa lignocelulósica. Parte I: Transformación de biomasa. *Journal of Science with Technological Applications*. <https://www.jsta.cl/resource?doi=j.jsta.17.3.22>.
- Apaza, K. J. (2018). *Producción del hongo comestible Pleurotus djamor (Fr.) Boedijn usando distintos sustratos de residuos agrícolas aislado en Tingo María*. [Tesis de licenciatura]. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María.
- Ardón, C. E. (2007). La producción de los hongos comestibles. [Tesis de maestría. Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio institucional. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/07/07\\_1932.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/07/07_1932.pdf).
- Arias-Carbajal, G. M., Bueno García, G., Betancourt Rodríguez, D., Álvarez, I., y González, A. L. (2005). *Biotransformación de residuos lignocelulósicos con hongos Pleurotus*. Revista CENIC Ciencias Biológicas, 36(1), 2-6. <https://www.redalyc.org/pdf/1812/181220525083.pdf>.
- Barba, M., Assumpção, F., Aparecida, H., Lopes, G., Ávila, S., y Silveira, P. Y. (2019). Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26, 633-646. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.005>.
- Barros, L., Cruz, T., Baptista, P., Estevinho, L., y Ferreira, I. (2008). Wild and commercial mushrooms as sources of nutrients and nutraceuticals. *Food and Chemical Toxicology*, 46(8), 2742-2747. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2008.04.030>.
- Beltran-Delgado, Y., Morris-Quevedo, H., Llauradó-Maury, G., Bermúdez-Savón, R. C., y García-Oduardo, N. (2020). Procedimientos para la producción de setas del género *Pleurotus* con potencial aplicación farmacológica. *Revista Cubana de Química*, 32(2), 245-261.
- Bermúdez-Savón, García-Oduardo, Aguilera-Rodríguez, y Mendoza-Montero. (2023). Biodegradación de residuos lignocelulósicos secundarios por *Pleurotus* spp. *Centro de Estudios de Biotecnología Industrial (CEBI), Universidad de Oriente, Tecnología Química Online*.
- Boa, E. (2005). *Los hongos silvestres comestibles. Perspectiva global de su uso e importancia para la población*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, Italia.
- Carrasco-Gonzales, J., Sema-Saldívar, S., y Gutiérrez-Urbe, J. (2017). Nutritional composition and nutraceutical properties of the *Pleurotus* fruiting bodies: Potential use as food

- ingredient. *Journal of Food Composition and Analysis*, 58, 69-81. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.01.016>.
- Ciliana, F. M., y Andrés, F. R. (2018). Aprovechamiento potencial de residuos de la agroindustria caldense según su composición estructural. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14(2), 1-10.
- Córdova, M. A. (2021). *Productividad del hongo comestible Pleurotus ostreatus en sustrato de café y determinación del valor nutricional* (Tesis de licenciatura). Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú. [https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/9066/Productividad\\_CordovaAlberca\\_Mercy.pdf?sequence=1](https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/9066/Productividad_CordovaAlberca_Mercy.pdf?sequence=1).
- Deepalakshmi, K., y Mirunalini, S. (2014). *Pleurotus ostreatus*: an oyster mushroom with nutritional and medicinal properties. *Journal of Biochemical Technology*, 5(2), 715-726. <https://www.semanticscholar.org/paper/Pleurotus-ostreatus%3A-an-oyster-mushroom-with-and-Deepalakshmi-Sankaran/34304adfd5670e5fd784830ab4384d142b949ac0>
- Díaz, Q. J. (2011). Degradación de plaguicidas mediante hongos de la pudrición blanca de la madera. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 64(1), 5867-5882.
- Fernández, F. (2004). *Guía Práctica de producción de Setas (Pleurotus sp.)*. Fungitec Asesorías, Guadalajara, Jalisco, México.
- Ferreira, F. L., Dall'Antonia, C. B., Shiga, E. A., Alvim, L. J., y Pessoni, R. A. (2018). Sugarcane bagasse as a source of carbon for enzyme production by filamentous fungi. *Hoehnea*, 45(1), 134-142. <http://www.scielo.br/j/hoehnea/a/hxbbBvp8wQ34DZ93XxXcWHk/?lang=en>
- Figuroa, G. H., y Lozada, C. D. (2015). *Impacto ambiental y aprovechamiento de residuos industriales*. [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1540&context=ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1540&context=ing_ambiental_sanitaria)
- Gaitán, H. R., Salmones, D., Pérez, M. R., y Mata, G. (2002). *Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción*. Instituto de Ecología, Xalapa, México, 56 p.
- Gaitán-Hernández, R. (2005). Evaluación in vitro del hongo comestible *Pleurotus eryngii*: Efecto de diferentes suplementos orgánicos en el crecimiento micelial y producción de cuerpos fructíferos. *Revista Mexicana de Micología*, 21, 77-84.
- Gaitán-Hernández, R., Salmones, D., Pérez, R. M., y Mata, G. (2006). *Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción*. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, México. [http://www1.inecol.edu.mx/cv/CV\\_pdf/libros/Manual\\_PleurotusGaitan.pdf](http://www1.inecol.edu.mx/cv/CV_pdf/libros/Manual_PleurotusGaitan.pdf)
- García-Sandoval, R. (2022). *Pleurotus spp., producción, cultivo y propiedades*. Publicación independiente.

- Garzón, J., y Cuervo, J. (2008). Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. *Nova*, 6(10), 126-140. <https://doi.org/10.22490/24629448.403>
- Gomes-Correa, R., Brugnari, T., Bracht, A., Peralta, R., y Ferreira, I. (2016). Biotechnological, nutritional and therapeutic uses of *Pleurotus* spp. (*Oyster mushroom*) related with its chemical composition: A review on the past decade findings. *Trends in Food Science y Technology*, 103-117.
- Gonzales-Rentería, S., Soto-Cruz, N. O., Rutiaga-Quiñones, O., Medrano-Roldán, H., Rutiaga-Quiñones, J., y López-Miranda, J. (2011). Optimización del proceso de hidrólisis enzimática de una mezcla de pajas de frijol de cuatro variedades. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 10(1), 17-28.
- Guzmán, G. (2000). Genus *Pleurotus* (Jacq.: Fr.) P. Kumm. (Agaricomycetidae): Diversity, taxonomic problems, and cultural and traditional medicinal uses. *International Journal of Medicinal Mushroom*, 2, 95-123.
- Hawksworth, D. L., y Lücking, L. (2017). Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species. *Microbiology Spectrum*. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.FUNK-0052-2016>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). McGraw-Hill / Interamericana Editores, México.
- Holgado, R. (2018). *Evaluación de la producción de Pleurotus ostreatus (Jacq. ex Fr.) Kumm (Basidiomycete) en residuos lignocelulósicos como alternativa agroecológica en la comunidad de Huayllay-Ccorca, Cusco*. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5892>
- Jaramillo, S. M., y Albertó, E. (2020). *Producción de caña de azúcar en sistemas agroforestales*. <file:///C:/Users/UNAS/Downloads/2012LibroDespuntecaazucar.PDF>
- Jaramillo, S., y Albertó, E. (2019). Incremento de la productividad de *Pleurotus ostreatus* mediante el uso de inóculo como suplemento. *Scientiae Fungorum*, 49, e1243.
- Kumala, E. A. (2020). Cultivation of mushrooms and their lignocellulolytic enzyme production through the utilization of agro-industrial waste. *Molecules*, 25, 2811. <https://doi.org/10.3390/molecules25122811>
- Martínez, D., Curvetto, N., Sobal, M., Morales, P., y Mora, M. (2010). *Hacia un desarrollo sostenible del sistema de producción-consumo de los hongos comestibles y medicinales en Latinoamérica: Avances y perspectivas del siglo XXI*. Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales, Puebla, México.
- Mata, G., Salmones, D., y Michel, J. (2017). Las enzimas lignocelulolíticas de *Pleurotus* spp. En Royse, D. y Sánchez, J. (Eds.), *La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales*

- y medicinales de las setas *Pleurotus spp.* Ecosur, San Cristobal de las Casas, Chiapas, México.
- Melo de Carvalho, C. S., Sales-Campos, C., y Nogueira de Andrade, M. C. (2010). Mushrooms of the *Pleurotus* genus: A review of cultivation techniques. *Interciencia*, 35, 177-182.
- Miles, P. G., y Chang, S. T. (1999). *Biología de las setas: Fundamentos básicos y acontecimientos actuales*. World Scientific, Santafé de Bogotá.
- Mizuno, M., y Nishitani, Y. (2013). Immunomodulating compounds in Basidiomycetes. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, 52(3), 202-207. <https://doi.org/10.3164/jcbn.13-3>
- Monterroso, F. O. (2009). *Efecto de la suplementación de la caña de maíz (Zea mays L.) con nitrato de amonio, nitrato de potasio y urea en el cultivo del hongo Pleurotus ostreatus (Cepa ECS-152)*. Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/9488/>
- Mora L. V. (2009). *Crecimiento sobre buchón y elodea de pleurotus ostreatus y efecto de esta especie fúngica sobre la digestibilidad del sustrato lignocelulósico como potencial alimento para rumiantes* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio institucional. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8443/tesis>.
- Nieto, J., Cuzcano, R., y Reyes, L. (2019). Estudio preliminar de la composición nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en pulpa de café. *Revista Sociedad Química del Perú*, 85(4), 422-431. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v85n4/2309-8740-rsqp-85-04-422.pdf>
- Nieto-Juárez, J., Cruscano-Ruiz, A., y Reyes-López, W. (2020). Estudio preliminar de la composición nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en pulpa de café. *Revista Sociedad Química del Perú*, 85(4).
- Oei. (2033). *El cultivo del hongo*. *Revista Tecnológica* (3ª ed.). Publisher Backhuys, Leiden, Holanda.
- Ortiz, G., Colavolpe, M., y Alberto, E. (2017). Artificial spawn generation based on alginate encapsulated mycelium as inoculum for mushroom cultivation. *African Journal of Biotechnology*, 16(34), 1776-1783. <https://doi.org/10.5897/AJB2017.16065>
- Pavlich, H. M. (2001). Los hongos comestibles del Perú. *Biota*, 100, 3-19.
- Pérez, J., Muñoz-Dorado, J., De la-Rubia, T., y Martínez, J. (2002). Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: An overview. *International Microbiology*, 5, 53-63. <https://doi.org/10.1007/s10123-002-0062-3>

- Pérez, R., y Mata, G. (2005). Cultivo y selección de cepas de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius* en viruta de pino: obtención de nuevas cepas y evaluación de su producción. *Revista Mexicana de Micología*, 20, 53-59.
- Piña-Guzmán, A. B., Nieto-Monteros, D. A., y Robles-Martínez, F. (2016). Utilización de residuos agrícolas y agroindustriales en el cultivo y producción del hongo comestible seta (*Pleurotus* spp.). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32 (Especial Residuos Sólidos), 141-151. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.05.10>
- Quintana, J., Moncayo, O., Vera, G., y Álvarez, A. (2018). Crecimiento radial de hongos ostras (*Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus sapidus*) sobre residuos sólidos de soya, arroz y tusa de maíz. *Revista*, 5(14), 77-79
- Ríos, R. R., y Ruiz, L. R. (1993). Aislamiento y cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr) Kumm en Tingo María. *Folia Amazónica*, 5(1-2), 1-12.
- Rivera, R., Martínez, C., y Morales, S. (2013). Evaluación de residuos agrícolas como sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus*. *Revista Luna Azul*, 37, 89-100. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-24742013000200008](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742013000200008)
- Rodríguez, N. V., Araque, M. F., y Perdomo, F. P. (2006). Producción de hongos comestibles orellanas y shiitake. *Centro Nacional de Investigación en Café (Cenicafé)*, La Angostura, Colombia.
- Rodríguez, N., y Zuluaga, J. (1994). Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Qué. en pulpa de café. *Cenicafé*, 45, 85-92.
- Romero, O., Portilla, A., Valencia, A., Rivera, J., y Hernández, M. (2018). Capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* utilizando alfalfa deshidratada como suplemento en diferentes sustratos agrícolas. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(2), 145-160.
- Royse, D., y Sánchez, J. (2017). Producción mundial de setas *Pleurotus* spp con énfasis en países de Iberoamérica. En D. Royse y J. Sánchez (Eds.), *La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas Pleurotus spp.* Ecosur, San Cristobal de las Casas, Chiapas, México.
- Ruiz, R. R., Ruiz, M. T., Pocomucha, V. P., Cáceres, D. L., y Ruiz, A. T. (2022). Cinética de crecimiento y caracterización morfológica del micelio de once hongos silvestres comestibles [Conferencia]. *Memorias 1er Congreso Colombiano de Micología*, Bogotá, Colombia, p. 324-325. <https://asociacioncolombianademicologia.org/1-congreso-colombiano-de-micologia/>

- Salmones, D., y Mata, G. (2017). Recursos genéticos del género *Pleurotus*. En D. Royse y J. Sánchez (Eds.), *La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas Pleurotus spp.* Ecosur, San Cristobal de las Casas, Chiapas, México.
- Sánchez, C. (2009). Lignocellulosic residues: Biodegradation and bioconversion by fungi. *Biotechnology Advances*, 27, 185-194. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2008.11.001>
- Sánchez, J. (2001). Crecimiento y fructificación. En J. Sánchez y D. Royse (Eds.), *La biología y el cultivo de Pleurotus spp.* ECOSUR-UTEHA Noriega Editores, Chiapas, México.
- Sánchez, J., y Royse, D. (2002). *La Biología y el cultivo de Pleurotus sp.* Ecosur/Limusa, México.
- Sánchez, J., y Royse, D. (2017). *La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas Pleurotus spp.* San Cristóbal de Las Casas. <https://bit.ly/3iOJ5zS>
- Sánchez, V. J. (1994). *Producción de hongos comestibles.* Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste, México.
- Singh, V. (2019). Biodegradation of lignocellulosic wastes by cultivation of mushrooms as nutrient source. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 9(5), 802-808. <https://doi.org/10.21275/SR20512180147>
- Sobal, M., Morales, P., y Martínez-Carrera, D. (1996). Utilización de los rastrojos de haba y frijol como substratos para el cultivo de *Pleurotus*. *Micología Neotropical Aplicada*, 6, 137-141.
- Wang, S. D. (2017). Lignocellulosic biomass pyrolysis mechanism: A state-of-the-art review. *Progress in Energy and Combustion Science*, 62, 33–86. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360128517300266?via%3Dihub>
- Young, R., y Aktar, M. (1998). *Environmentally friendly technologies for the pulp and paper industry.* John Wiley y Sons, Inc., New York, EUA. ISBN: 978-0-471-15770-0.
- Zarate, J. R. (2015). *Producción y desarrollo de cuatro aislamientos de Pleurotus ostreatus (Jacq.), cultivados en restos de cosecha.* Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Zhang, M., Cui, S., Cheung, P., y Wang, Q. (2007). Antitumor polysaccharides from mushrooms: A review on their isolation, structural characteristics and antitumor activity. *Trends in Food Science and Technology*, 18, 4-19

## **ANEXO**

**Tabla 22.** Datos de evaluación en la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* del tratamiento T1 (Aserrín granulado de bolaina)

Trat.	Rep.	PSS (g)	PHS (g)	PFH (g)	FDSS	PDF	F+G	NC	EB (%)	REND.	TP
(T1) Aserrín granulado de bolaina	1	1267,00	1602,00	436,00	83,00	62,00	130,00	3,00	34,40	27,20	0,26
	2	1267,00	1553,00	418,00	98,00	62,00	145,00	3,00	33,00	26,90	0,23
	3	1267,00	1514,00	352,00	70,00	62,00	117,00	2,00	27,80	23,20	0,24
	4	1267,00	1650,00	261,00	83,00	62,00	130,00	2,00	20,60	15,80	0,16
	5	1267,00	1517,00	286,00	98,00	62,00	145,00	2,00	22,60	18,90	0,16
	6	1267,00	1665,00	328,00	83,00	62,00	130,00	2,00	25,90	19,70	0,20
	7	1267,00	1543,00	266,00	92,00	62,00	139,00	3,00	21,00	17,20	0,15
	8	1267,00	1496,00	246,00	108,00	62,00	155,00	2,00	19,40	16,40	0,13
	9	1267,00	1616,00	363,00	92,00	62,00	139,00	2,00	28,70	22,50	0,21
	10	1267,00	1500,00	297,00	96,00	62,00	143,00	2,00	23,40	19,80	0,16
Promedio		<b>1267,00</b>	<b>1565,60</b>	<b>325,30</b>	<b>90,30</b>	<b>62,00</b>	<b>137,00</b>	<b>2,30</b>	<b>25,70</b>	<b>20,80</b>	<b>0,19</b>
PSS	= Peso del sustrato seco				PHS	= Peso húmedo del sustrato					
PFH	= Peso fresco del hongo				FDSS	= Fructificación días después de la siembra (incubación)					
PDF	= Periodo de fructificación (días)				NC	= Número de veces de cosecha					
TP	= Tasa de producción.										

**Tabla 23.** Datos de evaluación en la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* del tratamiento T2 (Talo de arroz)

Trat.	Rep.	PSS (g)	PHS (g)	PFH (g)	FDSS	PDF	F+G	NC	EB (%)	REND.	TP
(T2) Tallo de arroz	1	467,00	1452,00	301,00	25,00	52,00	79,00	2,00	64,50	20,70	0,82
	2	467,00	1489,00	905,00	27,00	52,00	81,00	4,00	193,80	60,80	2,39
	3	467,00	1157,00	264,00	27,00	52,00	81,00	2,00	56,50	22,80	0,70
	4	467,00	1700,00	345,00	25,00	52,00	79,00	2,00	73,90	20,30	0,94
	5	467,00	1336,00	895,00	25,00	52,00	79,00	4,00	191,60	67,00	2,43
	6	467,00	1654,00	764,00	25,00	52,00	79,00	3,00	163,60	46,20	2,07
	7	467,00	1477,00	601,00	25,00	52,00	79,00	4,00	128,70	40,70	1,63
	8	467,00	1319,00	1027,00	27,00	52,00	81,00	5,00	219,90	77,90	2,71
	9	467,00	1712,00	647,00	25,00	52,00	79,00	4,00	138,50	37,80	1,75
	10	467,00	1413,00	334,00	27,00	52,00	79,00	2,00	71,50	23,60	0,91
Promedio		<b>467,00</b>	<b>1470,90</b>	<b>608,30</b>	<b>25,80</b>	<b>52,00</b>	<b>79,60</b>	<b>3,20</b>	<b>130,26</b>	<b>41,80</b>	<b>1,63</b>
PSS	= Peso del sustrato seco				PHS	= Peso húmedo del sustrato					
PFH	= Peso fresco del hongo				FDSS	= Fructificación días después de la siembra (incubación)					
PDF	= Periodo de fructificación (días)				NC	= Número de veces de cosecha					
TP	= Tasa de producción.										

**Tabla 24.** Datos de evaluación en la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* del tratamiento T3 (Bagazo de caña de azúcar)

Trat.	Rep.	PSS (g)	PHS (g)	PFH (g)	FDSS	PDF	F+G	NC	EB (%)	REND.	TP
(T3) Bagazo de caña de azúcar	1	543,00	2177,00	420,00	35,00	59,00	97,00	1,00	17,10	4,30	0,18
	2	543,00	2403,00	925,00	28,00	59,00	88,00	2,00	170,30	38,50	1,94
	3	543,00	2113,00	532,00	28,00	59,00	88,00	2,00	98,00	25,20	1,11
	4	543,00	2220,00	904,00	35,00	59,00	95,00	3,00	166,50	40,70	1,75
	5	543,00	2343,00	1002,00	25,00	59,00	85,00	5,00	184,50	42,80	2,17
	6	543,00	2448,00	1002,00	28,00	59,00	88,00	3,00	184,50	40,90	2,10
	7	543,00	2150,00	901,00	25,00	59,00	85,00	4,00	165,90	41,90	1,95
	8	543,00	2128,00	707,00	25,00	59,00	85,00	3,00	130,20	33,20	1,53
	9	543,00	2093,00	668,00	26,00	59,00	86,00	3,00	123,00	31,90	1,43
	10	543,00	2271,00	791,00	26,00	59,00	86,00	2,00	145,70	34,80	1,69
Promedio		<b>543,00</b>	<b>2234,60</b>	<b>785,20</b>	<b>28,10</b>	<b>59,00</b>	<b>88,30</b>	<b>2,80</b>	<b>138,60</b>	<b>33,42</b>	<b>1,59</b>
<b>PSS</b>	= Peso del sustrato seco				<b>PHS</b>	= Peso húmedo del sustrato					
<b>PFH</b>	= Peso fresco del hongo				<b>FDSS</b>	= Fructificación días después de la siembra (incubación)					
<b>PDF</b>	= Periodo de fructificación (días)				<b>NC</b>	= Número de veces de cosecha					
<b>TP</b>	= Tasa de producción.										

**Tabla 25.** Datos de evaluación en la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* del tratamiento T4 (Aserrín de cajones)

Trat.	Rep.	PSS (g)	PHS (g)	PFH (g)	FDSS	PDF	F+G	NC	EB (%)	REND.	TP
(T4) Aserrín de cajonería	1	990,00	2850,00	354,00	90,00	66,00	156,00	2,00	35,80	12,40	0,23
	2	990,00	2673,00	354,00	91,00	66,00	157,00	2,00	35,80	13,20	0,23
	3	990,00	2594,00	394,00	89,00	66,00	155,00	2,00	39,80	15,20	0,26
	4	990,00	2722,00	358,00	90,00	66,00	156,00	2,00	36,20	13,20	0,23
	5	990,00	2796,00	446,00	92,00	66,00	158,00	3,00	45,10	16,00	0,29
	6	990,00	2814,00	410,00	89,00	66,00	155,00	3,00	41,40	14,60	0,27
	7	990,00	2809,00	472,00	91,00	66,00	157,00	3,00	47,70	16,80	0,30
	8	990,00	2844,00	558,00	90,00	66,00	156,00	3,00	56,40	19,60	0,36
	9	990,00	2710,00	480,00	90,00	66,00	156,00	3,00	48,50	17,70	0,31
	10	990,00	2802,00	253,00	89,00	66,00	155,00	2,00	25,60	9,00	0,16
Promedio		<b>990,00</b>	<b>2761,40</b>	<b>407,90</b>	<b>90,10</b>	<b>66,00</b>	<b>156,00</b>	<b>2,50</b>	<b>41,20</b>	<b>14,80</b>	<b>0,26</b>
<b>PSS</b>	= Peso del sustrato seco				<b>PHS</b>	= Peso húmedo del sustrato					
<b>PFH</b>	= Peso fresco del hongo				<b>FDSS</b>	= Fructificación días después de la siembra (incubación)					
<b>PDF</b>	= Periodo de fructificación (días)				<b>NC</b>	= Número de veces de cosecha					
<b>TP</b>	= Tasa de producción.										

**Tabla 26.** Datos de evaluación en la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* del tratamiento T5 (Cáscara de arroz)

Trat.	Rep.	PSS (g)	PHS (g)	PFH (g)	FDSS	PDF	F+G	NC	EB (%)	REND.	TP
(T5) Cáscara de arroz	1	820,00	1508,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2	820,00	1602,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	3	820,00	1622,00	72,00	66,00	33,00	68,00	1,00	8,80	4,40	0,13
	4	820,00	1620,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5	820,00	1705,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	6	820,00	1522,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	7	820,00	1536,00	85,00	33,00	33,00	66,00	1,00	10,40	5,50	0,16
	8	820,00	1548,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	9	820,00	1570,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	10	820,00	1588,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Promedio		<b>820,00</b>	<b>1582,10</b>	<b>15,70</b>	<b>49,50</b>	<b>6,60</b>	<b>13,40</b>	<b>0,20</b>	<b>1,91</b>	<b>1,00</b>	<b>0,03</b>

PSS = Peso del sustrato seco

PFH = Peso fresco del hongo

PDF = Periodo de fructificación (días)

TP = Tasa de producción.

PHS = Peso húmedo del sustrato

FDSS = Fructificación días después de la siembra (incubación)

NC = Número de veces de cosecha

**Tabla 27.** Producción en peso fresco de *Pleurotus ostreatus*, en sustrato tallo de arroz.

Rep.	Peso seco del sustrato	Peso húmedo del sustrato (g)	Días de evaluación de producción <i>P. ostreatus</i> de peso fresco (g)										N° cosechas	Días después de la siembra (*)	TOTAL		
			31/10/2021	2/11/2021	10/11/2021	16/11/2021	23/11/2021	25/11/2021	6/12/2021	7/12/2021	9/12/2021	18/01/2022				21/01/2022	
1	467	1452	214				87							2	25	301	
2	467	1489		172				125					227	381	4	27	905
3	467	1157		141					123						2	27	264
4	467	1700	245				100								2	25	345
5	467	1336	189	78			113							515	4	25	895
6	467	1654	224				162						378		3	25	764
7	467	1477	301			128			80					92	4	25	601
8	467	1319		36	241						159	200	391	5	27	1027	
9	467	1712	211	92			167							177	4	25	647
10	467	1413		228			106								2	27	334
<b>PROMEDIO</b>			231	125	241	128	123	125	123	80	159	268	311		25,8	<b>6083</b>	

\* = Dato tomado de la primera fructificación obtenida.

**Tabla 28.** Evaluación de la producción en peso fresco (g) de *Pleurotus ostreatus*, en sustrato a base de aserrín de bolaina blanca

Rep.	Peso seco sustrato	Peso húmedo del sustrato (g)	Días de evaluación de producción de <i>P. ostreatus</i> de peso fresco (g)													N° cosechas	fructificación días después de la siembra (*)	Total		
			19/03/2021	1/04/2021	10/04/2021	14/04/2021	16/04/2021	25/04/2021	26/04/2021	12/05/2021	13/05/2021	15/05/2021	16/05/2021	17/05/2021	19/05/2021				20/05/2021	
1	1267	1602		83				123			230						3	83	436	
2	1267	1553					149			210							59	3	98	418
3	1267	1514	232								120							2	70	352
4	1267	1650		99									162					2	83	261
5	1267	1517					166							120				2	98	286
6	1267	1665		145											183			2	83	328
7	1267	1543			52											144	70	3	92	266
8	1267	1496							74									2	108	246
9	1267	1616			143						220							2	92	363
10	1267	1500				152												2	96	297
<b>TOTAL</b>																		<b>90.3</b>	<b>3253</b>	

\* = Dato tomado de la primera fructificación obtenida.

**Tabla 29.** Evaluación de la producción en peso fresco (g) de *Pleurotus ostreatus*, en sustrato a base de bagazo de caña de azúcar

Rep.	Peso seco sustrato (g)	Peso húmedo sustrato (g)	Días de evaluación de producción de <i>P. ostreatus</i> en peso fresco (g)													N° cosechas	Días después de la siembra	TOTAL		
			24/12/2021	25/12/2021	27/12/2021	3/01/2022	10/01/2022	18/01/2022	21/01/2022	24/01/2022	26/01/2022	1/02/2022	4/02/2022	13/02/2022	16/02/2022				21/02/2022	
1	543	2177				193	227											1	35	420
2	543	2403			550									375				2	28	925
3	543	2113			262			270										2	28	532
4	543	2220				335				471					98			3	35	904
5	543	2343	282		342		471				142						92	5	25	1329
6	543	2448			667						216				119			3	28	1002
7	543	2150	443						198	90				170				4	25	901
8	543	2128	376				166							165				3	25	707
9	543	2093		76			375							217				3	26	668
10	543	2271		508							283							2	26	791
<b>PROMEDIO</b>			367	292	374	214	423	218	198	281	179	296	165	170	109	92			28.1	<b>7852</b>

\* = Dato tomado de la primera fructificación obtenida.

**Tabla 30.** Evaluación de la producción en peso fresco (g) de *Pleurotus ostreatus*, en sustrato a base de aserrín de cajonería

Rep.	Peso seco del sustrato (g)	Peso inicio del sustrato (g)	Días de evaluación de producción de <i>P. ostreatus</i> en peso fresco (g)										N° cosechas	Días después de la siembra (*)	TOTAL	
			29/06/2021	30/06/2021	1/07/2021	2/07/2021	27/08/2021	28/08/2021	29/08/2021	30/08/2021	1/09/2021	2/09/2021				3/09/2021
1	990	2850		165			189							2	90	354
2	990	2673			176			178						2	91	354
3	990	2594	159								235			2	89	394
4	990	2722		210					148					2	90	358
5	990	2796				148	140				158			3	92	446
6	990	2814	145						78		187			3	89	410
7	990	2809			138		120						214	3	91	472
8	990	2844		218							152			3	90	558
9	990	2710		132			152						196	3	90	480
10	990	2802	130											2	89	253
TOTAL															90.1	4079

\* = dato tomado de la primera fructificación obtenida.

**Tabla 31.** Evaluación de la producción en peso fresco (g) de *Pleurotus ostreatus*, en sustrato a base de cascarilla de arroz.

Repet.	Peso seco del sustrato (g)	Peso húmedo del sustrato (g)	Días de evaluación			N° de cosechas	Producción días después de la siembra	TOTAL
			4/05/2021	5/06/2021	6/06/2021			
1	820	1508						
2	820	1602						
3	820	1622			72	1	72	72
4	820	1620						
5	820	1705						
6	820	1522						
7	820	1536	85			1	85	85
8	820	1548						
9	820	1570						
10	820	1588						
TOTAL							15.7	157

**Tabla 32.** Descriptivos de las variables evaluadas

Variables	Tratamientos	Repet.	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la Media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Peso fresco producción del hongo	Aserrín grueso de bolaina	10	325.3000	66.05898	20.88968	278.0443	372.5557	246.00	436.00
	Tallo de arroz	10	608.3000	284.58041	89.99223	404.7234	811.8766	264.00	1027.00
	Bagazo de caña de azúcar	10	752.5000	277.59173	87.78221	553.9228	951.0772	93.00	1002.00
	Aserrín de cajonería	10	407.9000	85.49262	27.03514	346.7423	469.0577	253.00	558.00
	Cáscara de arroz	10	15.7000	33.24004	10.51142	-8.0785	39.4785	0.00	85.00
	Total	50	421.9400	310.46577	43.90649	333.7066	510.1734	0.00	1027.00
Fructificación días después de la siembra	Aserrín grueso de bolaina	10	90.3000	10.76052	3.40278	82.6024	97.9976	70.00	108.00
	Tallo de arroz	10	25.8000	1.03280	0.32660	25.0612	26.5388	25.00	27.00
	Bagazo de caña de azúcar	10	28.1000	3.84274	1.21518	25.3511	30.8489	25.00	35.00
	Aserrín de cajonería	10	90.1000	0.99443	0.31447	89.3886	90.8114	89.00	92.00
	Cáscara de arroz	2	49.5000	23.33452	16.50000	-160.1524	259.1524	33.00	66.00
	Total	42	58.1429	31.97832	4.93436	48.1777	68.1080	25.00	108.00
Número de veces cosechados	Aserrín grueso de bolaina	10	2.3000	0.48305	0.15275	1.9544	2.6456	2.00	3.00
	Tallo de arroz	10	3.2000	1.13529	0.35901	2.3879	4.0121	2.00	5.00
	Bagazo de caña de azúcar	10	2.8000	1.13529	0.35901	1.9879	3.6121	1.00	5.00
	Aserrín de cajonería	10	2.5000	0.52705	0.16667	2.1230	2.8770	2.00	3.00
	Cáscara de arroz	2	1.0000	0.00000	0.00000	1.0000	1.0000	1.00	1.00
	Total	42	2.6190	0.96151	0.14836	2.3194	2.9187	1.00	5.00
Eficiencia Biológica	Aserrín grueso de bolaina	10	25.6748	5.21381	1.64875	21.9451	29.4046	19.42	34.41
	Tallo de arroz	10	130.2570	60.93799	19.27028	86.6645	173.8494	56.53	219.91
	Bagazo de caña de azúcar	10	138.5820	51.12186	16.16615	102.0116	175.1523	17.13	184.53
	Aserrín de cajonería	10	41.2020	8.63562	2.73082	35.0245	47.3796	25.56	56.36
	Cáscara de arroz	10	1.9146	4.05366	1.28188	-0.9852	4.8144	0.00	10.37
	Total	50	67.5261	66.29251	9.37518	48.6860	86.3662	0.00	219.91
Tasa de producción	Aserrín grueso de bolaina	10	0.2902	0.07706	0.02437	0.2351	0.3453	0.18	0.41
	Tallo de arroz	10	5.0498	2.31983	0.73360	3.3902	6.7093	2.09	8.14
	Bagazo de caña de azúcar	10	5.0980	1.97471	0.62446	3.6854	6.5106	0.49	7.38
	Aserrín de cajonería	10	0.4570	0.09464	0.02993	0.3893	0.5247	0.29	0.63
	Cáscara de arroz	2	0.2236	0.12804	0.09054	-0.9268	1.3740	0.13	0.31
	Total	42	2.6047	2.77912	0.42883	1.7387	3.4707	0.13	8.14



**Figura 13.** Residuos utilizados en las pruebas de producción del *Pleurotus ostreatus*. a. Cascarilla de arroz, b. Aserrín de bolaina blanca, c. Aserrín de cajonería, d. Tallo o paja de arroz y e. Bagazo e caña de azúcar



**Figura 14.** Fructificaciones de *Pleurotus ostreatus* en los distintos sustratos a base de residuos agrícolas e industriales: a. Aserrín de bolaina blanca, b. Bagazo de caña de azúcar, c. Cascarilla de arroz, d. Tallo de arroz y e. Aserrín de cajonería

**Tabla 33.** Registro de la temperatura y humedad relativa en la etapa de producción del hongo, tomados con un termómetro en el interior del ambiente de producción.

Días	8:00 a. m.		1:00 p. m.		6:00 p. m.	
	T°	% HR	T°	% HR	T°	% HR
1	23,1	77	29	50	29	75
2	24,2	88	26	73	28	79
3	22,2	92	26	71	24	78
4	23,1	94	26	73	24	76
5	24,2	86	23	95	24	98
6	23,8	92	29	64	25	83
7	23,6	98	29	58	27	66
8	22,4	87	26	71	25	79
9	22,5	88	27	62	26	78
10	22,2	89	26	78	24	85
11	23,4	86	25	73	25	78
12	24,2	79	28	65	23	77
13	26,3	78	29	61	26	75
14	25,6	79	26	75	25	78
15	22,1	98	24	79	24	86
16	25,3	75	28	64	25	79
17	22,2	95	25	75	25	78
18	23,2	82	27	73	24	79
19	22,1	84	28	64	23	73
20	21,3	92	26	73	25	78
21	21,5	87	24	72	21	76
22	21,6	86	27	71	27	79
23	23,2	99	29	82	27	73
24	24,5	80	24	73	23	79
25	22,4	80	26	72	27	76
26	21,3	89	26,6	73	26	85
27	22,6	84	28,4	67	26,4	76
28	21,5	85	26,2	70	28,5	74
29	22,2	94	25,7	71	23,5	86
30	20,8	95	26,5	63	24,5	76
31	21,4	94	26,2	64	25,5	71
32	22,3	90	25,7	73	23,4	81
33	20,9	87	25,6	75	25,2	78
34	21,4	88	25,5	71	24,2	76
35	22,2	87	26,1	70	25	78
36	20,9	90	24,5	66	25,7	71
37	23,2	86	25,6	71	23,4	78
38	22,8	94	26,2	75	23,6	86
39	22,3	98	26,4	72	24,5	78
40	21,2	84	25,1	78	24,8	74
41	22,4	85	25,8	65	24,1	79
42	20,5	88	26,8	61	25,2	79
43	20,2	92	24,5	66	25,2	75
<b>Promedio</b>	<b>22,56511628</b>	<b>87,9302326</b>	<b>26,2883721</b>	<b>70,18604651</b>	<b>24,9930233</b>	<b>78,1860465</b>



**Figura 15.** Maderas de especies blandas mayormente utilizadas en la elaboración de cajones para embalaje de frutas, Tingo María.



**Figura 16.** Siembra de semillas de *P. ostreatus* en los sustratos embolsados



**Figura 17.** Peso en gramos de la producción de *Pleurotus ostreatus* evaluado por tratamiento y repetición.



**Figura 18.** Siembra de semilla de *Pleurotus ostreatus* y codificado según tratamiento



**Figura 19.** Frutos de gran tamaño de *Pleurotus ostreatus* producido en aserrín de bolaina blanca.



**Figura 20.** Aserrín de bolaina blanca invadido de micelio luego de la incubación a la etapa de inducción.



**Figura 21.** Frutos succulentos de *Pleurotus ostreatus* en aserrín de bolaina, observe el estípite bastante robusto.



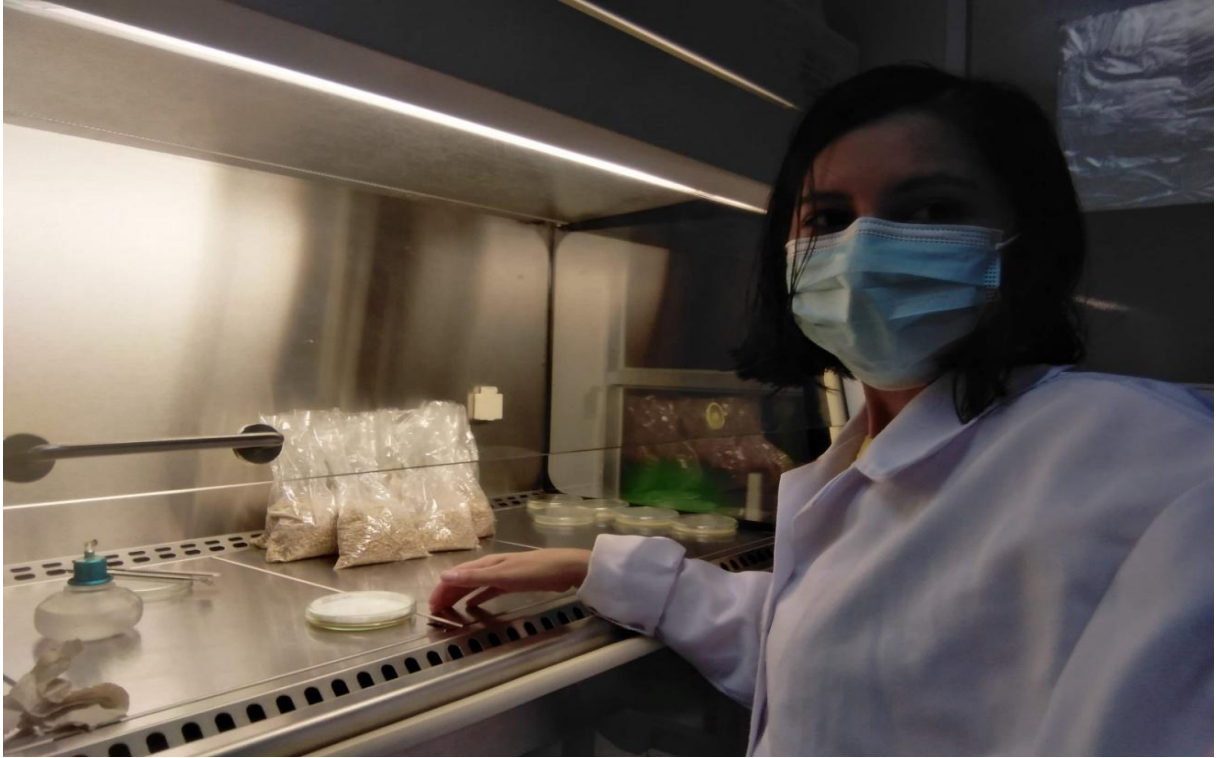
**Figura 22.** Bagazo de caña de azúcar secando al sol luego de su lavado, para después ser picado en secciones de 2 a 3 cm.



**Figura 23.** *Pleurotus ostreatus* produciendo en cascarilla de arroz (una de las dos bolsas que solo fructificaron).



**Figura 24.** *Pleurotus ostreatus* luego de incubado las bolsas en estante oscuro cubierto de plástico negro



**Figura 25.** En la cámara de flujo laminar, proceso de producción de semilla de *Pleurotus ostreatus* a base de granos de trigo resbalado (trigo sin pelar).



**Figura 26.** Sustrato en bolsas colocadas en el fondo del cilindro para iniciar el proceso de pasteurización.



**Figura 27.** Ambiente de producción de *Pleurotus ostreatus*, con techo de hoja de palma y protegido de malla a los alrededores.



**Figura 28.** Bolsa contaminada con *Trichoderma sp* característico por su color verde, con frutos de poco tamaño.