

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**Producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, utilizando  
diferentes residuos de cosecha agrícola e industrial,  
Ayacucho - 2750 msnm.**

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniera Agrónoma**

Presentado por:

**Bach. Elizabeth Palomino Castro**

Asesor:

**Dr. Juan Ramiro Palomino Malpartida**

Co-asesor:

**Dr. Cayo García Blasquez Morote**

**Ayacucho - Perú**

**2024**

*A dios por guiarme e iluminar mi camino.*

*A mi madre Sra. Marcela, a mis Abuelos Sr. Ambrosio Castro y Sra. Victoria Huamani, por su apoyo incondicional, consejos y motivación constante para seguir mis metas.*

*A mi hermana Ingrid Vanessa y a todos mis tíos por confiar en mí y demostrarme su apoyo incondicional.*

*Al amor de mi vida Matías L. F. y mi compañero de vida Jinsen Sander (mi familia), por estar presente en todo este proceso y acompañarme.*

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, alma mater de mi formación profesional.

A la Facultad de Ciencias Agrarias y a mi Escuela Profesional de Agronomía, carrera que me acompañara en mi vida.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía, quienes participaron en mi formación profesional.

Al Dr. Juan Ramiro Palomino Malpartida mi Asesor y docente principal de la Facultad de Ciencias Agrarias.

A mi co asesor Dr. Cayo García Blasquez Morote, por su tiempo, orientación, colaboración en el desarrollo y conducción del presente trabajo de investigación; al igual que la Ing. Susan Milagros Alarcón Romaní.

A los docentes Ph.D Nery Luz Santillana Villanueva, Dra. Roberta Esquivel Quispe y al M.Sc. Guillermo Carrasco Aquino por su espacio, paciencia y sugerencias en el trabajo de investigación

A mis maestros de la escuela de Barrios Altos y del colegio Los Libertadores, por su guía y empeño en brindarme su enseñanza y su motivación para cumplir mis objetivos y metas.

A mis familiares y amistades que contribuyeron en la ejecución del presente trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

|                        | Pág. |
|------------------------|------|
| Dedicatoria.....       | ii   |
| Agradecimiento.....    | iii  |
| Índice general.....    | iv   |
| Índice de tablas ..... | vii  |
| Índice de figuras..... | ix   |
| Índice de anexos.....  | x    |
| Resumen.....           | xii  |
| Introducción .....     | 1    |

### CAPÍTULO I

|                                                                                                               |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>MARCO TEÓRICO .....</b>                                                                                    | <b>3</b> |
| 1.1. Antecedentes .....                                                                                       | 3        |
| 1.2. El reino fungi.....                                                                                      | 4        |
| 1.2.1. Características del reino fungi.....                                                                   | 4        |
| 1.2.2. Hongos comestibles .....                                                                               | 6        |
| 1.2.3. Características de los hongos comestibles.....                                                         | 6        |
| 1.2.4. Características del hongo comestible <i>Pleurotus ostreatus</i> .....                                  | 7        |
| 1.2.5. Clasificación taxonómica del <i>Pleurotus ostreatus</i> .....                                          | 8        |
| 1.2.6. Morfología del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....                                                  | 8        |
| 1.2.7. Valor nutricional de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....                                                  | 9        |
| 1.2.8. Importancia del cultivo del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....                                     | 10       |
| 1.2.9. Factores y condiciones que influyen en su crecimiento y desarrollo de <i>Pleurotus ostreatus</i> ..... | 10       |
| 1.2.10. Plagas y enfermedades .....                                                                           | 12       |
| 1.3. Los sustratos utilizados en el cultivo.....                                                              | 13       |
| 1.3.1. Sustrato de cascarilla y paja de trigo.....                                                            | 14       |
| 1.3.2. Sustrato de viruta de la industria maderera.....                                                       | 14       |
| 1.3.3. Sustrato de cáscara de arveja .....                                                                    | 15       |
| 1.3.4. Sustrato de cáscara de frijol.....                                                                     | 16       |
| 1.4. Cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....                                                              | 16       |
| 1.4.1. Pasteurización de los sustratos .....                                                                  | 16       |
| 1.4.2. Siembra del inóculo.....                                                                               | 17       |

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| 1.4.3. Incubación de los sustratos ..... | 17 |
| 1.4.4. Fructificación del hongo .....    | 17 |
| 1.4.5. Cosecha de los hongos .....       | 17 |

## CAPÍTULO II

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>METODOLOGÍA.....</b>                                                | <b>19</b> |
| 2.1. Ubicación del experimento.....                                    | 19        |
| 2.2. Materiales, equipos e insumos.....                                | 19        |
| 2.2.1. Materiales.....                                                 | 19        |
| 2.2.2. Equipos .....                                                   | 19        |
| 2.2.3. Insumos.....                                                    | 20        |
| 2.3. Planteamiento del problema .....                                  | 20        |
| 2.3.1. Problema general .....                                          | 20        |
| 2.3.2. Problema específico .....                                       | 20        |
| 2.4. Planteamiento del experimento .....                               | 20        |
| 2.4.1. Tipo de investigación.....                                      | 20        |
| 2.4.2. Factores de estudio experimental.....                           | 20        |
| 2.4.3. Descripción de los sustratos.....                               | 21        |
| 2.4.4. Diseño experimental .....                                       | 21        |
| 2.4.5. Duración del experimento .....                                  | 21        |
| 2.5. Instalación y conducción del experimento .....                    | 22        |
| 2.5.1. Recolección y preparación de los sustratos .....                | 22        |
| 2.5.2. Pasteurización de los sustratos .....                           | 22        |
| 2.5.3. Preparado de las unidades experimentales y esterilización ..... | 23        |
| 2.5.4. Instalación del experimento (inoculación).....                  | 24        |
| 2.5.5. Conducción del experimento (incubación y fructificación) .....  | 24        |
| 2.5.6. Cosecha del <i>Pleurotus ostreatus</i> .....                    | 27        |
| 2.6. Parámetros de evaluación para <i>Pleurotus ostreatus</i> .....    | 28        |
| 2.6.1. Crecimiento .....                                               | 28        |
| 2.6.2. Producción .....                                                | 28        |
| 2.6.3. Rendimiento.....                                                | 29        |
| 2.6.4. Eficiencia biológica (EB) .....                                 | 29        |
| 2.6.5. Tasa de producción (TP).....                                    | 29        |
| 2.6.6. Tasa de biodegradación (Bs).....                                | 30        |

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| 2.6.7. Rendimiento comercial (RN) .....  | 30 |
| 2.6.8. Productividad biológica (PB)..... | 30 |
| 2.7. Análisis estadístico .....          | 31 |

### **CAPÍTULO III**

|                                                                                                        |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>                                                                    | <b>32</b> |
| 3.1. Crecimiento del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....                                            | 32        |
| 3.1.1. Número de primordios.....                                                                       | 32        |
| 3.1.2. Diámetro del píleo (sombrero).....                                                              | 33        |
| 3.1.3. Altura de los estípites .....                                                                   | 33        |
| 3.2. Producción del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....                                             | 34        |
| 3.2.1. Peso fresco del hongo.....                                                                      | 35        |
| 3.2.2. Número de hongos.....                                                                           | 36        |
| 3.2.3. Peso seco de los hongos .....                                                                   | 37        |
| 3.3. Rendimiento del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....                                            | 38        |
| 3.3.1. Eficiencia biológica (EB) .....                                                                 | 38        |
| 3.3.2. Tasa de biodegradación (Bs).....                                                                | 39        |
| 3.3.3. Tasa de producción (TP).....                                                                    | 40        |
| 3.3.4. Rendimiento comercial (RN) .....                                                                | 41        |
| 3.3.5. Productividad biológica (PB) de los tratamientos.....                                           | 42        |
| 3.4. Resultado de calidad del hongo a través de análisis de proteína total.....                        | 43        |
| 3.5. Resultado de la determinación de factibilidad de la producción del hongo para el<br>mercado ..... | 44        |
| <b>CONCLUSIONES .....</b>                                                                              | <b>46</b> |
| <b>RECOMENDACIONES .....</b>                                                                           | <b>47</b> |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                                                                 | <b>48</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>                                                                                     | <b>55</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                 | <b>Pág.</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Tabla 1.1. <i>Reino fungí, división actualizada (2015)</i> .....                                                | 5           |
| Tabla 1.2. <i>Parámetros ambientales para la fructificación del género Pleurotus ..</i>                         | 8           |
| Tabla 1.3. <i>Composición química del hongo Pleurotus ostreatus fresco de 100 g..</i>                           | 9           |
| Tabla 1.4. <i>Composición química del hongo Pleurotus ostreatus deshidratados....</i>                           | 10          |
| Tabla 1.5. <i>Nutrientes suficientes que requiere el micelio para formación del hongo .....</i>                 | 13          |
| Tabla 1.6. <i>Composición química de los residuos lignocelulósicos de paja y cascarilla de trigo.....</i>       | 14          |
| Tabla 1.7. <i>Composición química de los residuos lignocelulósicos de vaina de arveja .....</i>                 | 15          |
| Tabla 1.8. <i>Composición química de los residuos lignocelulósicos de vaina de frijol .....</i>                 | 16          |
| Tabla 2.1. <i>Descripción de la cantidad residuos en cada uno de los sustratos preparados.....</i>              | 21          |
| Tabla 3.1. <i>Análisis de variancia del número de primordios del hongo Pleurotus ostreatus.....</i>             | 32          |
| Tabla 3.2. <i>Análisis de variancia del diámetro del píleo del hongo Pleurotus ostreatus.....</i>               | 33          |
| Tabla 3.3. <i>Análisis de variancia de la altura de los estípites del hongo Pleurotus ostreatus.....</i>        | 33          |
| Tabla 3.4. <i>Prueba de Tukey de la altura de los estípites del hongo Pleurotus ostreatus.....</i>              | 34          |
| Tabla 3.5. <i>Análisis de variancia del peso fresco del hongo Pleurotus ostraetus ...</i>                       | 35          |
| Tabla 3.6. <i>Prueba de Tukey del peso fresco del hongo Pleurotus ostreatus .....</i>                           | 35          |
| Tabla 3.7. <i>Análisis de variancia del número de hongos de Pleurotus otreatus .....</i>                        | 36          |
| Tabla 3.8. <i>Prueba de Tukey del número de hongos de Pleurotus ostreatus.....</i>                              | 36          |
| Tabla 3.9. <i>Análisis de variancia del peso seco (materia seca) de los hongos de Pleurotus ostreatus .....</i> | 37          |
| Tabla 3.10. <i>Prueba de Tukey del peso seco (materia seca) de los hongos de Pleurotus ostreatus .....</i>      | 37          |
| Tabla 3.11. <i>Análisis de variancia de eficiencia biológica del hongo Pleurotus ostreatus.....</i>             | 38          |

|             |                                                                                                              |    |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 3.12. | <i>Prueba de Tukey de eficiencia biológica del hongo Pleurotus ostreatus</i>                                 | 38 |
| Tabla 3.13. | <i>Análisis de variancia de la tasa de biodegradación.....</i>                                               | 39 |
| Tabla 3.14. | <i>Análisis de variancia de la tasa de producción del hongo Pleurotus<br/>ostreatus.....</i>                 | 40 |
| Tabla 3.15. | <i>Prueba de Tukey de la tasa de producción del hongo Pleurotus<br/>ostreatus.....</i>                       | 40 |
| Tabla 3.16. | <i>Análisis de variancia del rendimiento comercial del hongo Pleurotus<br/>ostreatus.....</i>                | 41 |
| Tabla 3.17. | <i>Prueba de Tukey del rendimiento comercial del hongo Pleurotus<br/>ostreatus.....</i>                      | 41 |
| Tabla 3.18. | <i>Análisis de variancia de la productividad biológica del hongo<br/>Pleurotus ostreatus .....</i>           | 42 |
| Tabla 3.19. | <i>Prueba de Tukey de la productividad biológica del hongo Pleurotus<br/>ostreatus.....</i>                  | 42 |
| Tabla 3.20. | <i>Resultados del análisis de proteína total del Pleurotus ostreatus.....</i>                                | 43 |
| Tabla 3.21. | <i>Suma del peso total de producción del hongo por tratamiento.....</i>                                      | 44 |
| Tabla 3.22. | <i>Datos de estimación de ingreso de ventas según precio de mercado....</i>                                  | 44 |
| Tabla 3.23. | <i>Datos estimados de producción al 50%, 30%, 20% y precio al S/ 5.89,<br/>S/10.50 respectivamente .....</i> | 45 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                            | <b>Pág.</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Figura 1.1. <i>Descripción de las partes del hongo del género Pleurotus</i> .....                          | 7           |
| Figura 2.1. <i>Cáscara de frijol recolectado puesto al secado y en proceso de picado</i>                   | 22          |
| Figura 2.2. <i>Pasteurización de los sustratos por el método de inmersión en agua<br/>caliente</i> .....   | 23          |
| Figura 2.3. <i>Incorporación del Cal al sustrato húmedo y embolsado del sustrato</i> ...                   | 24          |
| Figura 2.4. <i>Sustratos inoculados en la cámara de flujo laminar, listos para la<br/>incubación</i> ..... | 24          |
| Figura 2.5. <i>Distribución de los sustratos en el proceso de incubación</i> .....                         | 25          |
| Figura 2.6. <i>(A) 10% de crecimiento del inóculo, (B) 100 % de crecimiento del<br/>inóculo</i> .....      | 26          |
| Figura 2.7. <i>Crecimiento y desarrollo del hongo Pleurotus ostreatus</i> .....                            | 26          |
| Figura 2.8. <i>Sombreros listos para la cosecha</i> .....                                                  | 27          |
| Figura 2.9. <i>Cosecha de los carpóforos de los diferentes sustratos</i> .....                             | 27          |
| Figura 2.10. <i>(A) Peso fresco del hongo y (B) Peso seco del hongo</i> .....                              | 28          |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|                                                                                                                                                                                    | <b>Pág.</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Anexo 1. Figuras del proceso de producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....                                                                                                     | 56          |
| Anexo 2. Proceso de llenado del inóculo de <i>Pleurotus ostreatus</i> en diferentes<br>sustratos.....                                                                              | 58          |
| Anexo 3. Datos registrados durante la cosecha del sustrato S1.....                                                                                                                 | 59          |
| Anexo 4. Datos registrados durante la cosecha del sustrato S2.....                                                                                                                 | 61          |
| Anexo 5. Datos registrados durante la cosecha del sustrato S3.....                                                                                                                 | 63          |
| Anexo 6. Datos registrados durante la cosecha del sustrato S4.....                                                                                                                 | 65          |
| Anexo 7. Datos de los promedios de las variables número de primordios, número<br>de sombreros por primordio, diámetro de sombreros y peso fresco para<br>el Sustrato (S1).....     | 67          |
| Anexo 8. Datos de los promedios de las variables número de primordios, número<br>de sombreros por primordio, diámetro de sombreros y peso fresco para<br>el Sustrato (S2).....     | 67          |
| Anexo 9. Datos de los promedios de las variables número de primordios, número<br>de sombreros por primordio, diámetro de sombreros y peso fresco para<br>el Sustrato (S3).....     | 67          |
| Anexo 10. Datos de los promedios de las variables número de primordios, número<br>de sombreros por primordio, diámetro de sombreros y peso fresco para<br>el Sustrato (S4).....    | 68          |
| Anexo 11. Datos de los promedios de las variables número de primordios, número<br>de sombreros por primordio, diámetro de sombrero y peso fresco de<br>todos los Sustratos.....    | 69          |
| Anexo 12. Datos para la correlación del rendimiento y caracteres evaluados en la<br>producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....                                                 | 70          |
| Anexo 13. Datos de los promedios de los cálculos de eficiencia biológica (%), tasa<br>de producción, tasa de biodegradación (%) y rendimiento en (%) para el<br>Sustrato (S1)..... | 71          |
| Anexo 14. Datos de los promedios de los cálculos de eficiencia biológica (%), tasa<br>de producción, tasa de biodegradación (%) y rendimiento en (%) para el<br>Sustrato (S2)..... | 71          |

|                                                                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Anexo 15. Datos de los promedios de los cálculos de eficiencia biológica (%), tasa de producción, tasa de biodegradación (%) y rendimiento en (%) para el Sustrato (S3)..... | 71 |
| Anexo 16. Datos de los promedios de los cálculos de eficiencia biológica (%), tasa de producción, tasa de biodegradación (%) y rendimiento en (%) para el Sustrato (S4)..... | 72 |
| Anexo 17. Resultados del análisis de proteína total según método Kjeldahl en el laboratorio LABSAF- Canaán .....                                                             | 72 |
| Anexo 18. Estimación de costo de producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> (experimental) .....                                                                               | 73 |

## RESUMEN

La producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* como fuente proteica de la alimentación humana aprovechando los restos de cosechas agrícolas y promoviendo el cuidado del medio ambiente, ha permitido desarrollar el presente trabajo de investigación con el objetivo de determinar cuál es el sustrato a base de residuos de cosecha agrícola e industrial que promueva el mejor crecimiento, producción, rendimiento y calidad proteica del hongo, determinando así la factibilidad de producción para el mercado según resultados obtenidos en los 4 tipos de sustratos: S1 (cpT + cáscara de frijol picado), S2 (cpT + cáscara de arveja picada), S3 (cascarilla y paja picada de trigo \_ cpT) y S4 (cpT + viruta de madera) con 12 repeticiones, utilizando el Diseño Completamente Randomizado (DCR) con ANVA y la prueba de contraste Tukey ( $\alpha:0,05$ ) si existe significación. Las variables evaluadas fueron: crecimiento (cm), producción (g) y rendimiento (%). El ambiente de incubación y producción presento una temperatura promedio de 20°C y una humedad relativa 62%. En conclusión, la mejor repuesta que se obtuvo en el crecimiento fue del S1, que produjo 10.11 primordios de 5.32 cm de diámetro de sombrero con una altura de 7.86 cm, en la producción fue el S2, con 50.67 unidades de sombreros con un peso fresco de 352.03 g y un peso seco de 30.89 g y en el rendimiento fue el S2, con una eficiencia biológica (EB) de 50%, una tasa de producción (TP) de 0.37%, un rendimiento comercial (RN) de 16.70 % y una productividad biológica (PB) de 1.41%. El mejor contenido de proteína total fue del S2 con un 22.23% y el análisis de la factibilidad de producción es positiva por la disponibilidad de insumos, el valor económico y nutricional que ofrece el producto.

**Palabras clave:** *Pleurotus ostreatus*, sustrato, paja, residuos agrícolas e industrial, producción.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, en la actualidad se ha convertido en una alternativa para la alimentación humana debido a su posibilidad de obtener grandes cantidades de hongo en pequeñas áreas a bajo costo y en un periodo de tiempo corto y además para su cultivo se emplea residuos agrícolas e industriales disponibles. Ayacucho es una de las regiones productoras de diversos cultivos, donde se genera grandes cantidades de residuos de cosecha, los cuales en su mayoría de los casos son quemados, arrojados en los campos, ríos y basureros contribuyendo así al daño del ecosistema y medio ambiente (SERFOR, 2019). También, la región cuenta con la industria maderera que realiza trabajos que generan residuos como virutas que ocupan espacio y pueden constituir un peligro para la población (Moreno, 2011). Ante ello una alternativa biológica para el aprovechamiento de estos residuos agrícolas e industriales, que se generan en la región de Ayacucho, es el cultivo de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*) considerado como una buena opción para la biotransformación en alimentos y medicina de gran valor (Chang & Miles, 2004).

Boa (2005) afirma que “se han investigado experimentalmente 100 de estos organismos comestibles de las cuales 50 se han desarrollado para diferentes fines económicos y solo 30 se cultivan a escala comercial” (p. 43), dentro de ellos uno de los más estudiados y cultivados es el hongo *Pleurotus ostreatus*, el mismo que en los últimos años debido a su gran potencial económico y nutricional ha generado grandes demandas en su consumos y producción. Estos hongos necesitan de carbono, nitrógeno y compuestos inorgánicos como fuentes nutritivas, ya que absorben del sustrato a través de la secreción de enzimas digestivas (celulasa) los nutrientes disueltos. Las principales fuentes de carbono son la celulosa, hemicelulosa y lignina, las cuales se encuentran en la mayoría de los residuos de cosecha e industriales (MushWorld, 2005). Además, Rinker & Kang (2005) indican que, una vez finalizados los ciclos de producción se puede realizar un manejo postcosecha como el compostaje para nutrir suelos productivos o también ser

destinado como alimento para el ganado y así obtener una producción al 100%, limpia, de calidad y amigable con el medio ambiente.

El presente trabajo propone la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en la región, por el contenido de proteína, aprovechando adecuadamente los residuos agrícolas e industriales que se generan en la ciudad de Ayacucho y así contribuir en la seguridad alimentaria saludable en todas las familias, mediante la innovación en la agricultura, el cuidado del medio ambiente y ecosistema, en base a todo este antecedente se determinó los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

Seleccionar el sustrato a base de residuos de cosecha agrícola e industrial que propicia el mejor crecimiento, producción, rendimiento y calidad del *Pleurotus ostreatus* en relación con la producción convencional (cascarilla y paja picada de trigo) en condiciones de laboratorio.

### **Objetivos específicos**

1. Seleccionar el sustrato que permite el mejor crecimiento, producción y rendimiento del *Pleurotus ostreatus*.
2. Determinar la calidad de *Pleurotus ostreatus* a través del análisis de proteína total.
3. Evaluar la factibilidad de la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* para el mercado, en base a los datos obtenidos y el análisis del trabajo de investigación.

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Antecedentes

Gavidia y León (2016), Evaluaron el cultivo de *Pleurotus pulmonarius*, en residuos vegetales comunes de la región. Los sustratos fueron vainas de arveja, vainas de frijol, vainas de retamo espinoso y como sustrato control al aserrín y viruta de Urapán. Los sustratos fueron empacaron en bolsas de 2 Kg de mezcla, con un 30% de residuo agroindustrial, el cual lo Pasteurizaron a una temperatura de 80°C por un tiempo de 70 minutos e inocularon los sustratos con 40g de semilla de *Pleurotus pulmonarius* por bolsa. Evaluaron el peso por siembra en cada cosecha, el tiempo de fructificación para la primera cosecha, determinaron también el tratamiento con mejor rendimiento en granos y el tiempo por siembra; concluyendo que, si hay una influencia de la temperatura y la humedad relativa en el peso de los carpóforos en las dos siembras, proponiendo al final un protocolo de cultivo de hongos comestibles en la región. los resultados establecieron que el mejor sustrato para el crecimiento y desarrollo de *Pleurotus pulmonarius* fue el sustrato preparado de vainas de arveja.

Alban (2018), investigó la producción del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* en tres tipos de residuos que obtuvo del procesamiento de la madera de *Guazuma crinita*. evaluó 2 etapas. La etapa in vitro se evaluó el crecimiento micelial del hongo y la etapa productiva se preparó frascos con granos de trigo invadidos por el micelio de *Pleurotus ostreatus* como semillas para la siembra en bolsas de polipropileno. Los tratamientos que realizó fueron los siguientes: T1: Paja de arroz (Pj), T2: Partícula del descortezado (P), T3: Aserrín (A), T4: Viruta (V), T5: Partícula + Aserrín (P+A), T6: Partícula + Viruta (P+V), T7: Aserrín + Viruta (A+V) y T8: Partícula + Aserrín + Viruta(P+A+V). Todos fueron incubados en 45 días en completa oscuridad hasta que alcanzaron la colonización total del tratamiento, luego las bolsas pasaron a la sala de fructificación acondicionados con luz, para la salida de los primordios realizaron cortes sobre la superficie de las bolsas,

aumentando las condiciones de humedad ambiental y luz. La cosecha se realizó cuando el margen del carpóforo estuvo levemente convexo. El resultado que obtuvieron fue que la mayor tasa de crecimiento micelial a nivel in vitro fueron los tratamientos con residuos de *Guazuma crinita*, determinando que eficiencias biológicas alta lo obtuvieron los tratamientos: V (44,97 %), P+A (38,89%) y A (35,37 %), la productividad biológica alta lo obtuvieron los tratamientos: Pj (2,17 %), P (1,8 %) y P+A (1,56 %), el mayor valor del rendimiento comercial fue de los tratamientos: P+V (15,29 %), V+A+P (15,04 %) y P+A (13,67 %), concluyendo que el cultivo del *Pleurotus ostreatus* en residuos de *Guazuma crinita* es factible, porque logró obtenerse una producción alta en todos los tratamientos a pesar de que las condiciones ambientales no fueron totalmente favorables y contraladas en el trabajo.

Por su parte Balseca et al. (2020), evaluaron “las variables: tasa de producción, peso fresco de los hongos cosechados, eficiencia biológica, y tasa de biodegradación del *Pleurotus ostreatus*” (p. 83-87), finalizando que el sustrato que presentó mayor producción en gramos por bolsa, porcentaje de eficiencia biológica y porcentaje de biodegradación fueron los del tratamiento con las vainas de arveja.

Ramos (2017), evaluó el potencial de distintos residuos lignocelulósicos indicando que los sustratos compuestos principalmente de vaina de arveja y paja de trigo son aptos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. De igual modo, Morán et al. (2020), identificó los principales residuos vegetales disponibles en los sistemas agrícolas de los pequeños productores con el fin de utilizarlos como sustratos en el cultivo de dos cepas de *Pleurotus ostreatus* (CP 50 y CP 753) bajo condiciones de laboratorio, los sustratos conformados fueron de maíz, calabaza chihua, frijol x-pelón y especies arbóreas de la región, los resultados que obtuvieron de las variables evaluadas del sustrato conformado por el rastrojo de frijol e inoculado con la cepa CP-753 dio como respuesta la mejor eficiencia biológica y una tasa de producción alta.

## **1.2. El reino fungi**

### **1.2.1. Características del reino fungi**

El término hongo se deriva de dos vocablos del latín “*fungus*” que significa seta y del griego “*sphongos*” que significa esponja. (RAE, 2014)

Los hongos son en general filamentosos y multicelulares, aunque se encuentran también los unicelulares como las levaduras. Los hongos filamentos crecen por su extremo apical y cualquier diminuto fragmento es capaz de dar origen a un nuevo individuo. El “cuerpo” o soma del hongo está constituido por un conjunto de filamentos microscópicos que se ramifican en todas direcciones, cada uno de los filamentos se denomina hifa y al conjunto de ellos micelio (Albertó, 2008, p. 25).

Actualmente se estima que el reino Fungí está constituido por más de 1.5 millones de especies, de los cuales solo 70000 de ellas han sido descritas (tabla 1.1), de ellos cerca del 50% de las especies de hongos existentes son comestibles en diferentes grados, y de los hongos descritos a nivel mundial, alrededor del 32% corresponde a los hongos Basidiomicetos (Ramírez y Arango, 2017, p. 3)

**Tabla 1.1**

*Reino fungí, división actualizada (2015)*

| División         | Características                                                                                             |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Basidiomicetos   | (división Basidiomycota): Desarrollan setas llamadas basidiocarpos que producen basidios con basidiosporas. |
| Ascomicetos      | (división Ascomycota): Desarrollan ascas con ascosporas.                                                    |
| Glomeromicetos   | (división Glomeromycota): Micorrizas simbiotes de plantas con glomerosporas multinucleadas.                 |
| Zigomicetos      | (división Zygomycota): Mohos que forman zigosporas.                                                         |
| Quitridiomicetos | (división Chytridiomycota): Hongos microscópicos con zoosporas y gametos uniflagelados                      |

*Fuente:* Ruggiero, et al., (2015).

Albertó (2008), menciona que los hongos son organismos vivos que se diferencian de las plantas porque ellas carecen de clorofila, por consiguiente, no realizan fotosíntesis; sin embargo, ellas incorporan nutrientes del medio externo para su subsistencia, por esta acción estos son denominados hongos heterótrofos. los conocidos tenemos:

- los micorrícicos, son hongos que establecen relaciones simbiotes con una planta donde ambos se benefician: el hongo incorpora nutrientes desde las raíces de la planta (fotosintatos) y esta última aumentando la superficie de absorción de agua y sales de su rizósfera, e incorporando fósforo.

- Los parasitarios son hongos que obtiene sus nutrientes a expensas de otros seres vivos (tanto animales como vegetales), ocasionando daños a su huésped.
- Los saprobios son hongos que obtienen los nutrientes a partir de materia orgánica muerta. Albertó (2008), señala que estos son “los más sencillos de cultivar, ya que mediante un sustrato formulado es posible reemplazar al sustrato natural donde la especie se desarrolla” (p. 30).

### **1.2.2. Hongos comestibles**

Grassi et al. (2019), menciona que los hongos comestibles no convencionales de mayor producción para el consumo, es una variedad con una composición nutricional excelente los cuales se pueden cultivarse en los hogares para consumir frescas, secas o en conservas y ser el alimento diario de las personas.

El género *Pleurotus* es una variedad de hongos comestibles que contiene agua, hidratos de carbono, lípidos, proteínas de alta calidad biológica y posee también nueve de los aminoácidos esenciales para el hombre como la lisina y la metionina, son fuente de vitaminas, fibras, minerales, aportan calorías y contiene propiedades medicinales (Aguilar, 2012). Terzzoli (2020), menciona que para el cultivo de este género existen básicamente dos técnicas de cultivo: El primero es el cultivo en troncos secos y el segundo es el cultivo en diferentes sustratos agrícolas e industriales y agroindustriales.

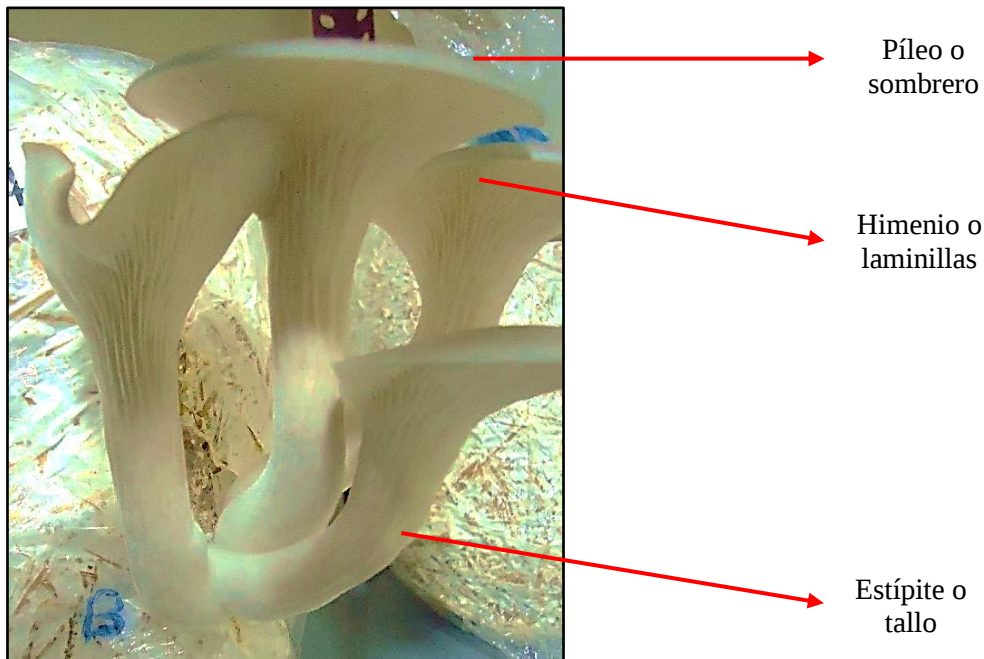
### **1.2.3. Características de los hongos comestibles**

Paredes (2010), indica que los hongos comestibles tienen dos partes fundamentales que los diferencia.

- El cuerpo vegetativo, está ubicado bajo el suelo y es formado por unos filamentos llamados hifas que pueden ser unicelulares, donde cuya función es absorber las sustancias minerales del suelo o sustrato para la nutrición del hongo en crecimiento.
- El cuerpo reproductor (a la que comúnmente se la llama hongo o seta) está ubicado en la parte exterior y constituye el tejido fúngico de los organismos superiores especializado en garantizar la perpetuación de la especie. Además, se denomina sombrero o píleo y generalmente tiene forma de paraguas, aunque pueden adoptar diversas formas según género y especie. (Figura 1.1)

**Figura 1.1**

*Descripción de las partes del hongo del género *Pleurotus**



Según Suárez (2010), Bajo el píleo se encuentra el himenio, que es una membrana que envuelve a los elementos fértiles, se presentan de diferentes formas como: láminas, tubos, agujones, pliegues, etc. En ciertos hongos, cuando son más jóvenes, el píleo se ve envuelto en una telilla que se rompe cuando este aumenta de tamaño quedando restos en el estípite dando lugar al anillo.

#### **1.2.4. Características del hongo comestible *Pleurotus ostreatus***

Sánchez y Royse (2002), refieren que el *Pleurotus ostreatus* es un hongo saprófito, descomponedor del grupo de la podredumbre blanca, que crece en el suelo, en troncos o sobre desechos agrícolas o agroindustriales que están constituidos principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina de las cuales el hongo se nutre después de degradarlos” (p. 290).

El *Pleurotus ostreatus* requiere de condiciones ambientales para la incubación y la fructificación el cual se muestra en la siguiente tabla 1.2. Los parámetros ambientales que requiere son: la temperatura, humedad, pH, oxígeno, agua y cierta cantidad de luz, factores que tienen que satisfacer las necesidades del hongo (Ardón, 2007; Martínez, 2012).

**Tabla 1.2***Parámetros ambientales para la fructificación del género Pleurotus*

| Especies                                       | T (°C) | HR (%) | CO <sub>2</sub> (ppm) | Luz (lux)         |
|------------------------------------------------|--------|--------|-----------------------|-------------------|
| <i>P. citrinopileatus</i> (hongo ostra dorada) | 21-29  | 90-95  | <1,000                | 500-1,000         |
| <i>P. cistidiosus</i> (hongo oreja de mar)     | 21-27  | 85-90  | <2,000                | 500-1,000         |
| <i>P. djamor</i> (hongo ostra rosa)            | 20-30  | 85-90  | 500-1,500             | 750-1,500         |
| <i>P. eryngii</i> (hongo ostra rey)            | 15-21  | 85-90  | <2,000                | 500-1,000         |
| <i>P. euosmus</i> (hongo ostra estragón)       | 21-27  | 85-90  | <1,000                | 750-1,500         |
| <i>P. ostreatus</i> (hongo ostra y árbol)      | 10-21  | 90-95  | <1,000                | 750-1,000         |
| <i>P. pulmonarios</i> (ostra Phoenix o indio)  | 18-24  | 85-90  | 400-800               | 1,000-1,500(2000) |
| <i>P. turberrium</i> (ostra rey tubérculo)     | 30-35  | 85-90  | < 2,000               |                   |

*Fuente:* Stamets, (1993)**1.2.5. Clasificación taxonómica del *Pleurotus ostreatus***

El Centro Nacional para la Información Biotecnológica (2015) y el Catálogo de la vida (2016), coinciden al indicar que el *Pleurotus ostreatus* se encuentra taxonómicamente clasificado de la siguiente manera:

**Reino** : Fungi**División** : Basidiomycota**Subdivisión** : Agaricomycotina**Clase** : Agaricomycetes**Subclase** : Agaricomycetidae**Orden** : Agaricales**Familia** : Pleurotaceae**Género** : *Pleurotus***Especie** : *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex.Fr) P. Kumm. 1871

**Nombre común:** Pleuroto de verano, pulmonado, Belarri zuriska, seta de phoenix, seta de venado, oreja blanca, hongo ostra, gírgolas, seta de ostra, champiñón ostra o pleuroto ostra (Aguilar, 2012).

**1.2.6. Morfología del hongo *Pleurotus ostreatus***

Furci (2007), describe que el *Pleurotus ostreatus* es un hongo de color oscuro, con una forma de ostra cuando es joven y de color gris ocre al envejecer, la superficie del píleo es liso, con los márgenes irregulares, las lamelas son anchas y el estípite es corto y

de color blanco con forma cilíndrica. El cuerpo fructífero se desarrolla en terrazas de píleos convexos con un estípite excéntrico o ausente.

Para García (2007), menciona que “sus esporas vistas al microscopio son alargadas, casi cilíndricas que miden 7 a 11,5 x 3 a 5,6 micras y son de color gris claro con tono lila, una textura firme de olor fúngico y un sabor agradable, algo dulzón” (p. 256)

### 1.2.7. Valor nutricional de *Pleurotus ostreatus*

Ardón (2007), indica que el *Pleurotus ostreatus* contiene un alto valor nutritivo, ya que posee minerales, vitaminas y proteínas con un sabor agradable que hace apetecible el consumo en muchas regiones del mundo, además de su alto contenido proteico a este hongo se le llama “bistec vegetal” ya que, su proteína es asimilable con buenas características organolépticas (p. 19).

El *Pleurotus ostreatus* presenta bajo contenido de grasa, contiene aminoácidos esenciales, es fuente de vitaminas y se han reportado contenidos de “ácido ascórbico (vitamina C), tiamina (vitamina B1), riboflavina (vitamina B2), ácido pantoténico (vitamina B3), biotina (H). Además, el hongo, es rico en ergosterol, vitamina D, también en minerales como el fósforo, sodio, magnesio, calcio, hierro, manganeso, zinc y cobre” (Hernández et al., 2005, p. 141).

En las siguientes tablas (1.3 y 1.4), se indica los datos de la composición nutricional del *Pleurotus ostratus*, tanto fresco como deshidratado.

**Tabla 1.3**

*Composición química del hongo Pleurotus ostreatus fresco de 100 g*

| Composición | Agua %  | Proteínas % | Hidratos de carbono gr | Grasa % | Minerales (K, Mg, Fe, etc.) gr | Ceniza % |
|-------------|---------|-------------|------------------------|---------|--------------------------------|----------|
| Cantidad    | 90 a 95 | 26.67       | 3 a 6                  | 2.73    | 0,5 a 1                        | 7.51     |

**Fuente:** Aguilar y Bustamante, (2019) Universidad Peruana Unión.

**Tabla 1.4***Composición química del hongo Pleurotus ostreatus deshidratados*

| Tamaño de la porción | Calorías | Sodio | Carbohidratos | Fibra | Proteínas |
|----------------------|----------|-------|---------------|-------|-----------|
| 7 gramos             | 25       | 5mg   | 4g            | 0.5g  | 2g        |

*Fuente:* Aguilar y Bustamante (2019), Universidad Peruana Unión**1.2.8. Importancia del cultivo del hongo Pleurotus ostreatus**

Quimio (2005), señala porque la importancia del cultivo *Pleurotus ostreatus* en sustratos orgánicos como: los desechos que se generan en las granjas, plantaciones y fábricas agroindustriales; estos desechos orgánicos no tienen otros usos y pueden entonces reciclarse para producir hongos con un valor agregado alto. Además, menciona que en la actualidad hay millones de toneladas de residuos agrícolas que se desechan, queman y abandonan, produciendo así una contaminación ambiental que bien se podría mitigar y reducir con el cultivo de hongos.

Sánchez y Royse (2002), indica que el *Pleurotus ostreatus* como recurso genético, presenta un interés para la agricultura, ganadería y la economía, ya que se puede desarrollar sobre una gran cantidad de residuos lignocelulósicos. “Los hongos son útiles no sólo para la alimentación humana, sino también para otros aspectos como la alimentación animal, la medicina, la farmacia, la industria, el control biológico y la descontaminación de suelos” (p. 290).

**1.2.9. Factores y condiciones que influyen en su crecimiento y desarrollo de Pleurotus ostreatus**

Como todo organismo, “los hongos requieren ciertas condiciones o factores ambientales adecuados para su buen crecimiento y desarrollo” (Castillo, 1987, p. 115), estas son:

**a) Temperatura**

La susceptibilidad a la temperatura no solo varía entre cepas, sino también entre una misma cepa según su etapa de desarrollo, el *Pleurotus. ostreatus* se puede producir en un rango de 0 a 32 °C, debido a que la temperatura afecta el metabolismo de las células porque influye tanto en la capacidad enzimática del organismo como en la fluidez de los lípidos de la membrana celular. (Ardón, 2007). Según Mushwold (2005), para el

desarrollo del micelio, se requiere una temperatura óptima de entre 20 a 25 °C, para el desarrollo de los primordios se requiere una temperatura óptima entre los 10 a 20 °C y la formación de los cuerpos fructíferos ocurre entre los 13 y 16 °C.

#### **b) El pH**

El micelio de *Pleurotus ostreatus* muestra un crecimiento bajo y una incubación defectuosa si el pH es superior a 7 o inferior a 5, por lo que recomiendan un rango de pH entre 5 y 6 como el adecuado para el crecimiento de los hongos (Carvajal, 2010).

#### **c) Humedad**

La humedad relativa debe mantenerse entre 65 y 70 % durante la incubación y entre 80 y 95 % durante la fructificación (Mushworld, 2005). Por otro lado, un estudio realizado por Carvajal (2010) indica que “la humedad muy baja retrasa el desarrollo del cuerpo fructífero, mientras que una humedad muy alta favorece el desarrollo de plagas o la formación de cuerpos fructíferos mucilaginosos” (p. 100).

#### **d) Ventilación**

“El *Pleurotus ostreatus* son organismos aerobios, lo que indica que necesitan de aire fresco durante su crecimiento y requieren de más ventilación durante la etapa reproductiva” (Stamets, 2005, p. 313). Según Cuervo y Garzón (2008) quienes señalan que en la fructificación el CO<sub>2</sub> en el ambiente no debe ser mayor a 800 ppm y el oxígeno debe de estar dentro del 20% en el ambiente, debido a que una ventilación excesiva puede causar grandes pérdidas de agua y el endurecimiento del sustrato, mientras que una ventilación insuficiente retrasa el crecimiento del hongo y genera mal formaciones” (Cha, 2005, p. 199).

#### **e) Luz**

El *Pleurotus ostreatus* requiere de condiciones de oscuridad para el crecimiento del micelio y de condiciones de luz durante la etapa de fructificación (Ardón, 2007). según Tipán (2016), la condición de luz determina el color del hongo durante el período de fructificación, ya que una iluminación reducida provoca una baja producción de cuerpos fructíferos y una iluminación alta provocaría que el hongo toma una coloración blanquecina con el estípites alargados, sin embargo, dicha iluminación debe ser indirecta para evitar una reducción brusca de la humedad.

#### **f) Riego**

Es la actividad que debe realizarse para mantener la humedad en un 60-75% en el ambiente y después de cada riego se recomienda aumentar la circulación de aire en el ambiente, para evitar acumulación de gotas de agua que hayan caído sobre los sombreros (García, 2007).

#### **g) Relación carbono/nitrógeno**

Según Cha (2005), “los hongos requieren fuentes de carbono, fuentes de nitrógeno y compuestos orgánicos o inorgánicos como nutrientes, sin embargo, la cantidad requerida de cada uno difiere de acuerdo a la variedad del hongo, el *Pleurotus ostreatus* necesita menos nitrógeno y más carbono” (p. 164). Francisco y Gea (2011) recomiendan que para “la producción del *Pleurotus ostreatus* se requiere una concentración de nitrógeno en el sustrato de 1.6 al 1.5% y la relación C/N de un rango que va de 30 a 300 ppm” (p. 41)

#### **1.2.10. Plagas y enfermedades**

Rodríguez y Jaramillo. (2004), menciona que “el cultivo de los hongos *Pleurotus spp.*, al igual que cualquier otro cultivo no está libre de enfermedades y plagas” (p. 44).

Los contaminantes aparecen por lo general en la fase de incubación y esto es debido principalmente por la mala esterilización o selección del sustrato, también por el manejo o a la falta de higiene en el momento de la siembra. Los agentes contaminantes generalmente son los hongos (mohos), bacterias y levaduras siendo la de mayor importancia en el cultivo los hongos *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Neurospora*, *Mycogone* y *Coprinus*. (Manyoma, 2013). Además, Pérez et al. (2006) señala que, de acuerdo con su comportamiento, los hongos contaminantes se clasifican en:

- Hongos competitivos son aquellos que afectan el crecimiento micelial del hongo comestible y aparecen durante la colonización del sustrato; pues compiten por el carbono, nutrientes, agua y espacio.
- Hongos parásitos son aquellos capaces de dañar el carpófago del hongo comestible hasta la letalidad.

Las plagas que afectan a los hongos tanto en incubación como en el área de producción son mayormente atraídas por el olor del sustrato, estos son los llamados

“moscas de los hongos” que son dípteros del género *Lycoriella*, los cuales ponen sus huevecillos en el sustrato, alimentándose en un principio del micelio del hongo y luego de las fructificaciones. Otros insectos comunes en los cultivos de setas son las llamadas “catarinas”, pequeños escarabajos de los géneros *Mycotretus* y *Pseudychiris* que se alimentan de los hongos en desarrollo o crecimiento (Gaitán et al., 2006, p. 42)

### 1.3. Los sustratos utilizados en el cultivo

**Sustrato.** Es el medio donde el hongo se desarrolla y del cual se proveerá de nutrientes necesarios para su crecimiento y producción, siendo el objetivo principal de nuestro proyecto, por ello es importante conocer la composición nutricional de cada sustrato que se requiere para la producción, como los siguientes: la viruta de madera, restos de cosechas de: arveja, fríjol, cascarilla y paja de trigo, estos residuos deben contener altos porcentajes de carbohidratos, hemicelulosa, celulosa, lignina; minerales necesarios como el nitrógeno y otros necesarios para la producción del hongo (tabla 1.5).

**Tabla 1.5**

*Nutrientes suficientes que requiere el micelio para formación del hongo*

| Tipo de nutriente | Proporciona         | Nutrientes      | Materiales                                        |
|-------------------|---------------------|-----------------|---------------------------------------------------|
| Orgánicos         | Fuente de carbono   | Celulosa        | Materiales húmicos como madera, paja, hojas, etc. |
|                   |                     | Hemicelulosa    |                                                   |
|                   | Fuente de nitrógeno | Proteína        |                                                   |
|                   |                     | Amino nitrógeno |                                                   |
| Inorgánicos       | Muchas fuentes      | Varios          | K, P, Si, Mg, etc.                                |

*Fuente:* Chang, (1997).

Stamets (2005), señala que los sustratos más usados como fuente de nutrientes para el cultivo del hongo son: la paja de trigo, avena, centeno, sorgo, algodón, virutas de madera y cortezas, además el sub productos de algodón, heno, tallos de maíz, plantas y desperdicios de café, tusa de mazorca, hojas de té, cáscaras de maní, harina de soya, cáscaras de semillas de girasol, desperdicios de yuca, agave, residuos de la industria papelera (diarios cartones), hojas de plátano, cactus, pulpa de café, fibra de coco, hojas de limón, tallos de menta, paja de arroz, bagazo de caña, entre otros sustratos lignocelulósicos.

### **1.3.1. Sustrato de cascarilla y paja de trigo**

La paja de cereales es un subproducto disponible con un alto contenido de fibra, aunque su utilización como alimento para animales está limitada por su bajo valor nutritivo y su composición depende de la cantidad de proporción de las hojas/tallos, diámetro del tallo y altura de la planta (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 2021).

En cuanto al contenido de hemicelulosa, se establece que la paja de trigo tiene el valor más alto con respecto a los otros residuales, siendo este 30.0 % (tabla 1.6).

**Tabla 1.6**

*Composición química de los residuos lignocelulósicos de paja y cascarilla de trigo*

| <b>Parámetro %</b>          | <b>Paja de trigo</b> |
|-----------------------------|----------------------|
| Humedad                     | 8.4                  |
| Materia seca                | 93.6                 |
| Extracto etéreo             | 1.4                  |
| Fibra cruda                 | 38.2                 |
| Proteína cruda              | 7.6                  |
| Extracto libre de nitrógeno | 35.4                 |
| Ceniza                      | 1.6                  |
| Lignina                     | 12.4                 |
| Celulosa                    | 38.7                 |
| Hemicelulosa                | 30                   |

*Fuente:* Ramos, (2015).

### **1.3.2. Sustrato de viruta de la industria maderera**

Los subproductos de la industria maderera son óptimos para su reutilización como sustrato. La viruta es el residuo que queda al trabajar la madera, el cual es fácil de obtener, debido a que la industria maderera genera grandes volúmenes de residuos durante el proceso de transformación, antes de obtener el producto final. “El aprovechamiento de estos residuos en los procesos industriales y de producción, es una necesidad social y una alternativa ecológica en aras de disminuir el consumo de combustibles fósiles y el impacto ambiental que ello genera” (Lesme y Oliva 2010, p. 98)

### **Composición química de viruta de madera**

La viruta de madera está compuesta principalmente de fibras de celulosa unidas con lignina y según análisis, “su composición media es de un 50% de carbono (C), un 42% de oxígeno (O), un 6% de hidrógeno (H) y un 2% de nitrógeno (N) asociado a otros elementos” (Barrera, 2016, p. 22).

La celulosa es un polisacárido estructural (forma parte de los tejidos de sostén) formado por la glucosa que es parte de la pared de las células vegetales y la pared de una célula vegetal joven contiene un 40% de celulosa, la de madera añosa este porcentaje alcanza a un 50 % de celulosa (Barrera, 2016).

#### **1.3.3. Sustrato de cáscara de arveja**

Según Benavides (2019), del cultivo de arveja quedan como residuos el tamo, la cáscara y los frutos dañados afectados por alguna plaga o enfermedad, sin embargo, se estima que por tonelada de arveja que se cosecha, queda 450 kg de cáscara de arveja en peso fresco, lo que indica que aproximadamente el 45% del cultivo de arveja son residuos agroindustriales en forma de cáscara. “Este residuo lignocelulósico posee 15.1% de lignina, 44.9% de celulosa y 28.4% de hemicelulosa” como se indica en la tabla 1.7 (Ramos, 2015, p.84).

**Tabla 1.7**

*Composición química de los residuos lignocelulósicos de vaina de arveja*

| <b>Parámetro %</b>          | <b>Cáscara de arveja</b> |
|-----------------------------|--------------------------|
| Humedad                     | 7.3.                     |
| Materia seca                | 93.7                     |
| Extracto etéreo             | 0.9                      |
| Fibra cruda                 | 35.3                     |
| Proteína cruda              | 3.6                      |
| Extracto libre de nitrógeno | 45.2                     |
| Ceniza                      | 5.9                      |
| Lignina                     | 15.1                     |
| Celulosa                    | 44.9                     |
| Hemicelulosa                | 28.4                     |

*Fuente:* Ramos, (2015).

#### 1.3.4. *Sustrato de cáscara de frijol*

La cáscara de frijol es parte del fruto que protege y conserva los granos, que al final de la cosecha se convierte en residuo, sin embargo, las propiedades que perfilan a este residuo orgánico como una materia prima alimentaria sostenible, siguen yendo a la basura como la cascara, por ello provechar las materias primas benéficas ocultas en estos residuos, darles un valor agregado, reducir el impacto ambiental y los costos por la disposición es importante en la economía y sociedad. Concluyendo así que la cáscara de frijol tiene un alto contenido de fibra (prevaleciendo la fibra insoluble), un bajo contenido de grasa más capacidad de retención de agua y también se encontraron cenizas, minerales que son contenidos importantes de los carbohidratos y almidones importantes para la alimentación. (Restrepo, 2021).

**Tabla 1.8**

*Composición química de los residuos lignocelulósicos de vaina de frijol*

| Parámetro %             | Cáscara de frijol |
|-------------------------|-------------------|
| Materia seca            | 85.73             |
| Fibra acido detergente  | 54.34             |
| Fibra neutro detergente | 72.02             |
| Proteína cruda          | 21.02             |
| Lignina                 | 18.92             |
| Celulosa                | 42.02             |
| Hemicelulosa            | 17.68             |

*Fuente:* Vallencillo y Medrano, (2017).

#### 1.4. *Cultivo de **Pleurotus ostreatus***

El cultivo de *Pleurotus ostreatus* “Comprende las actividades de pasteurización del sustrato, siembra, incubación, fructificación y cosecha, mientras más cuidado se tenga al realizar estas actividades, mejores serán los rendimientos y el producto” (Manyoma, 2013, p. 28).

##### 1.4.1. *Pasteurización de los sustratos*

Manyoma (2013), indica que la pasteurización es una técnica que tiene por objetivo disminuir la cantidad de organismos nocivos que pueden competir con el hongo, ya sea por el espacio y nutrientes, garantizando así una colonización eficaz; también señala que “la pasteurización puede darse por medio de un proceso de compostaje durante

la preparación del sustrato y/o mediante un tratamiento químico o térmico, después del mezclado y homogenizado de los ingredientes” (p. 28).

Según Cisterna (2003), para pasteurizar “la paja picada se coloca al interior del tambor con agua de unos 80°C y mantener sumergida durante una hora y para mantener la temperatura constante se debe contar con un termómetro confiable y con una fuente de calor que permita aumentar o disminuir su intensidad” (p. 3).

#### **1.4.2. Siembra del inóculo**

Consiste en agregar de forma manual el inóculo al sustrato y distribuirla de manera uniforme bajo condiciones asépticas y evitando corrientes de aire en el ambiente. La cantidad de inoculante va en función a la cantidad del sustrato embolsado (Manyoma, 2013).

#### **1.4.3. Incubación de los sustratos**

Etapas donde el sustrato es colonizado por el micelio del hongo, de preferencia a temperatura y humedad óptimas, con condiciones de oscuridad total en el ambiente. “La mayoría de las especies de *Pleurotus* tienen crecimiento micelial óptimo entre 25 y 28°C, sin embargo, la temperatura varía según las cepas” (Manyoma, 2013, p. 29).

#### **1.4.4. Fructificación del hongo**

Etapas donde se alcanza la formación de los cuerpos fructíferos, observándose el crecimiento y desarrollo de los sombreros (carpóforos, basidiocarpos, callampas) a condiciones de luz, los sombreros aparecen en forma de primordios como ramilletes o colonias y se desarrollan dentro de 4 a 6 días desde que apareció” (De León, 2010).

#### **1.4.5. Cosecha de los hongos**

Según Nieto y Chegwin (2010), el procedimiento de cosecha lo realizan manualmente y con mucho cuidado, se toma la colonia desde la base realizando movimientos de arriba abajo hasta desprenderlo del sustrato, para ello se toma como parámetros principales que las características del sombrero estén bien desarrolladas de consistencia compacta y totalmente extendido sin que los bordes se encuentren hacia arriba. La cosecha no es continua sino en oleadas productivas, donde cada bolsa produce tres o cuatro oleadas (p. 169-178). Un concepto interesante es que la cantidad como la

calidad de los hongos no se mantienen sino disminuyen en cada oleada, cuando finaliza la primera oleada hay un período de recuperación estimado de diez días, iniciando otra vez la formación de primordios” (Alberto, 2008, p. 250).

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGIA**

#### **2.1. Ubicación del experimento**

El trabajo de investigación se realizó en un espacio del laboratorio de tuberosas y granos andinos a condiciones controladas, en la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, ubicado en las coordenadas UTM: de 74°13'13"O y 13°8'36"S a 2750 msnm en el distrito de Ayacucho, en la provincia de Huamanga del departamento de Ayacucho.

#### **2.2. Materiales, equipos e insumos**

##### **2.2.1. *Materiales***

- Estantes metálicos
- Bolsas de polipropileno grande 17x20
- Bolsas de polipropileno pequeñas
- Bolsas plásticas negras
- Plástico negro
- Rafia
- Marcador
- Cuaderno de apuntes
- Tijeras
- Cúter
- Papel del envase de azúcar y papel kraft
- Algodón
- Tubo de PVC 2"
- Focos
- Bandejas
- Nebulizadores o rociadores
- Materiales de escritorio

##### **2.2.2. *Equipos***

- Autoclave
- Balanza
- Cámara fotográfica
- Cámara de flujo laminar
- Estufa o mufla
- Termohigrómetro

### 2.2.3. *Insumos*

- Alcohol al 70%
- Cal
- Cascarilla y paja picada de trigo
- Viruta de madera
- Cáscara de frijol picado
- Cáscara de arveja picada
- Semillas de micelio *Pleurotus ostreatus*.

## 2.3. Planteamiento del problema

### 2.3.1. *Problema general*

¿Cuál es el sustrato a base a residuos de cosecha agrícola e industrial, que propician mejor producción, crecimiento, rendimiento y calidad proteica del *Pleurotus ostreatus*, con relación a la producción convencional (Cascarilla y paja de trigo picado)?

### 2.3.2. *Problema específico*

1. ¿Cuál es el sustrato que propicia el mejor crecimiento, producción y rendimiento del *Pleurotus ostreatus*?
2. ¿Qué calidad proteica contiene el *Pleurotus ostreatus* en los diferentes sustratos?
3. ¿Es factible la proyección de la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*, en base a los datos obtenidos en el trabajo de investigación?

## 2.4. Planteamiento del experimento

### 2.4.1. *Tipo de investigación*

La investigación es de tipo aplicativo y nivel experimental puesto que se manejó ciertas variables experimentales en condiciones controladas con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación.

### 2.4.2. *Factores de estudio experimental*

#### a) Los factores para evaluar

##### Tipos de sustrato

S1 = cpT + cáscara de frijol picado.

S2 = cpT.+ cáscara de arveja picada

S3 = cpT (control).

S4 = cpT + viruta de madera

❖ **cpT** = cascarilla y paja de trigo picado.

#### **b) Parámetros de evaluación**

- Número de primordios.
- Altura del estípite al píleo.
- Diámetro de píleo o sombrero.
- Número de sombreros por cuerpo fructífero.
- Peso fresco del cuerpo fructífero.
- Peso seco del cuerpo fructífero
- Eficiencia biológica (EB)
- Tasa de producción (TP)
- Tasa de biodegradación (Bs)
- Productividad Biológica (PB)
- Rendimiento Comercial (RN)

#### **2.4.3. Descripción de los sustratos**

En esta investigación se preparó 4 tipos de sustratos a base de cpT + cáscara de frijol picado (S1), cpT + cáscara de arveja picada (S2), cpT (S3) y el sustrato de control cpT + viruta de madera (S4). Para la formulación de los sustratos se tomó en cuenta la cantidad de insumos disponibles como se explica en la siguiente tabla 2.1.

**Tabla 2.1**

*Descripción de la cantidad residuos en cada uno de los sustratos preparados*

| Sustratos | Cascarilla y paja<br>picada de trigo % | Cáscara de frijol<br>picado % | Cáscara de arveja<br>picada % | Viruta de<br>madera % | Cal<br>agrícola% |
|-----------|----------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------|------------------|
| S1        | 63                                     | 35                            |                               |                       | 2                |
| S2        | 63                                     |                               | 35                            |                       | 2                |
| S3        | 98                                     |                               |                               |                       | 2                |
| S4        | 63                                     |                               |                               | 35                    | 2                |

#### **2.4.4. Diseño experimental**

Se utilizó el Diseño Completamente Randomizado de 4 tipos de sustrato con 12 repeticiones, haciendo un total de 48 unidades experimentales.

#### **2.4.5. Duración del experimento**

El experimento planteado tuvo una duración de 7 meses (210 días).

## **2.5. Instalación y conducción del experimento**

### **2.5.1. Recolección y preparación de los sustratos**

Los sustratos utilizados fueron recolectados de los campos de cultivos, como los siguientes residuos de cosecha: la paja y la cascarilla de trigo; la cáscara de frijol y la cáscara de arveja, los cuales fueron puestas al sol para el secado correspondientes y la recolección de la viruta de madera fue de las diferentes carpinterías del distrito, todos los sustratos recolectados son seleccionados y limpiados para luego ser picados en pequeños tamaños de preferencia de 2 o 3 centímetros de largo, una vez que se logró el picado se pesó y se mezcló los sustratos para luego almacenar en costales y luego pasteurizarlos.

**Figura 2.1**

*Cáscara de frijol recolectado puesto al secado y en proceso de picado*



### **2.5.2. Pasteurización de los sustratos**

El método usado para la esterilización fue la pasteurización por inmersión en agua caliente, el cual consistió en hacer hervir el agua y luego sumergir los sustratos durante 12 horas aproximadamente en agua caliente.

**Figura 2.2**

*Pasteurización de los sustratos por el método de inmersión en agua caliente*



### **2.5.3. Preparado de las unidades experimentales y esterilización**

Los sustratos ya desinfectados fueron escurridos sobre mallas o costales por un tiempo de 6 a 8 horas, después se procedió al mezclado de Cal al 2% del peso seco del sustrato a utilizar, el procedimiento se repitió para todos los tratamientos. Los “panetones”, que son bolsas de polipropileno que fueron llenados con 2 kg de sustrato húmedo, al cual se colocó un tubo de PVC de 2” de 5 cm de longitud, tapado con algodón, en la apertura de todas las bolsas preparadas con la finalidad de poder facilitar el intercambio de gas al momento de esterilizar.

El esterilizado de los panetones se llevó en la autoclave a una temperatura de 240 °C., por un tiempo de 1 hora, luego son trasladados al ambiente acondicionado para la incubación y la fructificación.

**Figura 2.3**

*Incorporación del Cal al sustrato húmedo y embolsado del sustrato*



#### **2.5.4. Instalación del experimento (inoculación)**

La inoculación de los sustratos preparados fueron realizados con la cepa de *Pleurotus ostreatus* que se adquirió desde la ciudad de Lima de la empresa BIOSETAS. El procedimiento de la siembra (inoculación) se realizó dentro de la cámara de flujo laminar del laboratorio, suministrando aproximadamente 40 gramos de inóculo secundario en cada bolsa de sustrato de 2 kg.

**Figura 2.4**

*Sustratos inoculados en la cámara de flujo laminar, listos para la incubación*



#### **2.5.5. Conducción del experimento (incubación y fructificación)**

##### **a) Incubación**

Todos los sustratos preparados (bolsas de 2Kg de sustrato inoculados) fueron ubicados en el ambiente acondicionado y distribuido según el orden planteado a

condiciones de oscuridad (figura 2.4), razón por lo cual los panetones se pusieron dentro de las bolsas negras a cada uno luego se cubrió con un plástico negro todo el espacio acondicionado para la incubación.

El ambiente de crecimiento del inóculo presentó temperaturas variables entre 17°C -23°C y una humedad relativa entre 40% -74%, determinando así que con el fin de mantener la humedad constante se colocaron y ubicaron bandejas con agua en los espacios, también se realizaron riegos con rociador y para mantener la temperatura se usó calentador eléctrico.

Las primeras semanas se realizaron monitoreos del proceso de colonización del micelio en el sustrato (figura 2.5), donde se observó que el estado del sustrato esta adecuada y si existe alguna presencia de posibles contaminantes para controlar o descartar, evitando así su posible pérdida o contaminación de todo el sustrato preparado.

**Figura 2.5**

*Distribución de los sustratos en el proceso de incubación*



**Figura 2.6**

(A) 10% de crecimiento del inoculo, (B) 100 % de crecimiento del inoculo



### **b) Fructificación**

En esta etapa de fructificación se retiró las cubiertas de bolsas y plástico negro del ambiente, ya que para la fructificación se requiere un ambiente iluminado y ventilado con una temperatura, humedad y luz constante (para ello se instaló focos, calentador, bandejas de agua y se realizó riegos). Después de que el micelio a invadido todo el sustrato y se realizó la apertura de más agujeros para la salida de los primordios, los cuales el primer día miden entre 1 – 3 cm de longitud, el segundo día miden entre 4-7 cm de longitud y el tercer día mide entre 7- 15 cm de longitud ya listos para la cosecha correspondiente ya que cumplen con las características requeridas.

**Figura 2.7**

*Crecimiento y desarrollo del hongo Pleurotus ostreatus*



**Figura 2.8**

*Sombreros listos para la cosecha*



#### **2.5.6. Cosecha del *Pleurotus ostreatus***

La cosecha se realizó al tercer día, porque si no luego inicia la etapa de reproducción y esporulación; en este procedimiento se usó un cúter para el corte del hongo que se realizó lo más cerca posible de la superficie del sustrato y para así evitar dañar tanto al sustrato como la cosecha, siempre que se recolecto se aplicó el alcohol en el recinto, en el cúter y en las manos, con la finalidad de mantener las condiciones de asepsia. Una vez recolectados se procedió a las evaluaciones de los parámetros correspondientes como: la medición de la altura desde el estúpito al píleo, medición de diámetro de píleo, peso fresco del cuerpo fructífero, número de carpóforos por cuerpo fructífero y finalmente el peso seco del cuerpo fructífero.

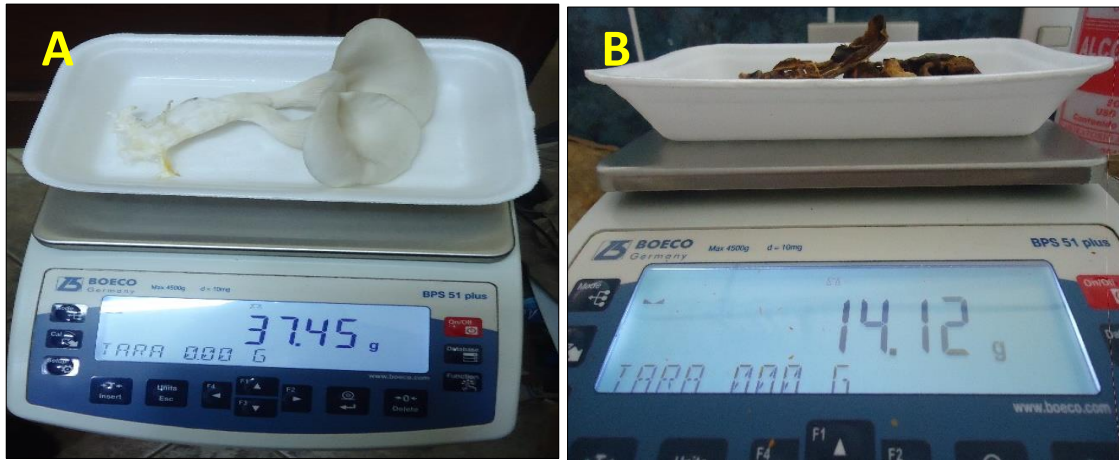
**Figura 2.9**

*Cosecha de los carpóforos de los diferentes sustratos*



**Figura 2.10**

(A) Peso fresco del hongo y (B) Peso seco del hongo



## 2.6. Parámetros de evaluación para *Pleurotus ostreatus*

Los parámetros evaluados son:

### 2.6.1. Crecimiento

Para determinar el crecimiento del *Pleurotus ostreatus* se evaluó los siguientes parámetros:

- Número de primordios (unidad)
- Diámetro del sombrero (cm)
- Altura del hongo (cm)

### Procedimiento de evaluación

- Primero se realiza el corte del cuerpo fructífero del hongo.
- Luego se procede a la medición, conteo de los sombreros y el registro de datos.

### 2.6.2. Producción

Para determinar la producción de *Pleurotus ostreatus* se evaluó los siguientes parámetros

- Peso fresco del hongo (g)
- Número de sombreros (unidad)
- Peso seco del hongo (g)

### **Procedimiento de evaluación**

- Primero se realiza el corte del cuerpo fructífero del hongo.
- Luego se procede al conteo, pesado de los sombreros frescos y secos y el registro de datos.

#### **2.6.3. Rendimiento**

Para determinar el rendimiento de *Pleurotus ostreatus* se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \left( \frac{\text{Peso fresco del hongo (g)}}{\text{Peso húmedo del sustrato (g)}} \right) * 100\%$$

### **Procedimiento de cálculo**

- Se toma los datos obtenidos de peso fresco del hongo y el registrado del peso húmedo del sustrato.
- luego realizar los cálculos correspondientes.

#### **2.6.4. Eficiencia biológica (EB)**

Es la variable que evalúa la calidad de los desechos lignocelulósicos como el sustrato para el cultivo de hongos y para determinar se usa la siguiente formula:

$$\text{EB (\%)} = \left[ \frac{\text{Peso fresco de sombreros (g)}}{\text{Peso seco del sustrato (g)}} \right] * 100\%$$

### **Procedimiento de cálculo**

Se toma los datos obtenidos, y registrados de peso fresco del hongo y peso seco del sustrato, para luego realizar los cálculos.

#### **2.6.5. Tasa de producción (TP)**

Esta variable relaciona la eficiencia biológica y el tiempo en días para completar un ciclo del cultivo o periodo productivo (PP) a partir de la siembra y para determinar se usa la siguiente formula:

$$\text{TP} = \left[ \frac{\text{eficiencia biologica (\%)}}{\text{periodo productivo apartir de la siembra}} \right]$$

#### **Procedimiento de cálculo**

- Se requiere el cálculo de eficiencia biológica y el dato del periodo productivo.
- Luego se realiza los cálculos correspondientes.

#### **2.6.6. Tasa de biodegradación (Bs)**

Esta variable evalúa la proporción de la biodegradación del hongo con respecto al sustrato según sus características y composición, para determinar se usa la siguiente formula:

$$Bs (\%) = \left[ \frac{\text{peso inicial del sustrato humedo (Kg)}}{\text{peso final del sustrato seco (Kg)}} \right] \times 100$$

#### **Procedimiento de cálculo**

- Al final de la cosecha, el sustrato se seca al ambiente.
- Después se registran los datos y se ubica el dato inicial.
- Luego se realiza los cálculos correspondientes.

#### **2.6.7. Rendimiento comercial (RN)**

Esta variable evalúa la proporción de cosecha de hongo con respecto al sustrato según sus características, composición y las condiciones ambientales presentes, para determinar se usa la siguiente formula:

$$RN (\%) = \left[ \frac{\text{peso fresco del sombreros (g)}}{\text{peso inicial del sustrato (g)}} \right] \times 100$$

#### **Procedimiento de cálculo**

- Se toma los datos obtenidos de peso del hongo y el registrado del peso húmedo del sustrato.
- Luego realizar los cálculos correspondientes.

#### **2.6.8. Productividad biológica (PB)**

Es la tasa a la que se añade energía a los cuerpos de un grupo de organismos (como los productores primarios) en forma de biomasa, para determinar se usa la siguiente formula:

$$\text{PB (\%)} = \left[ \frac{\text{peso seco del sombrero (g)}}{\text{peso inicial del sustrato (g)}} \right] \times 100$$

#### **Procedimiento de cálculo**

- Se toma los datos obtenidos de peso seco del hongo y el registrado del peso húmedo del sustrato.
- Luego realizar los cálculos correspondientes.

#### **2.7. Análisis estadístico**

El experimento contó con 4 tipos de sustratos con 12 repeticiones los cuales fueron conducidos bajo el Diseño Completamente Randomizado (DCR). Para la comparación de los resultados obtenidos se realizó el análisis de varianza (ANOVA o ANVA), con un rango de nivel de confianza del 95 % y al obtener las diferencias significativas entre los tratamientos se realizó pruebas de significación estadística con el método de comparación de medidas de Tukey ( $p < 0.05$ ).

### CAPÍTULO III

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 3.1. Crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*

Los resultados obtenidos de los parámetros evaluados son:

###### 3.1.1. Número de primordios

**Tabla 3.1**

*Análisis de variancia del número de primordios del hongo *Pleurotus ostreatus**

| F. Variación   | GL | SC     | CM                       | Fc   | p-valor |
|----------------|----|--------|--------------------------|------|---------|
| Sustratos      | 3  | 29.68  | 9.89                     | 1.03 | 0.3920  |
| Error          | 30 | 287.26 | 9.58                     |      |         |
| Total          | 33 | 316.94 |                          |      |         |
| CV (%) = 33.72 |    |        | Promedio = 9.18 unidades |      |         |

El análisis de variancia del número de primordios se presenta en la tabla 3.1, nos muestra que no existe diferencia significativa estadística en los diferentes sustratos (p-valor = 0.3920), por ello no se realizó la prueba de Tukey. El coeficiente de variación fue de 33.72% quien nos indica que los resultados obtenidos no están dentro de los datos representativos porque existe algún factor que influye en la variación de los resultados y el promedio general de primordios fue de 9.18 unidades.

El resultado obtenido concuerda con Hernández et al. (2005) y también con Vásquez (2022), quienes obtuvieron resultados similares en cuanto al número de colonias maduras concluyendo así que cuando el hongo encuentra las condiciones adecuadas induce a formar los primordios y los factores ambientales presentes influyen en el crecimiento y aparición de los primordios. Además, indican también que la fuente de carbono no influye en el número de hongos que se producen por bolsa.

### 3.1.2. Diámetro del píleo (sombrero)

**Tabla 3.2**

*Análisis de variancia del diámetro del píleo del hongo *Pleurotus ostreatus**

| F. variación  | GL | SC    | CM                  | Fc   | p-valor |
|---------------|----|-------|---------------------|------|---------|
| Sustratos     | 3  | 3.25  | 1.08                | 1.85 | 0.1588  |
| Error         | 30 | 17.53 | 0.58                |      |         |
| Total         | 33 | 20.78 |                     |      |         |
| CV (%) = 4.80 |    |       | Promedio = 15.92 cm |      |         |

El análisis de variancia del diámetro del píleo se presenta en la tabla 3.2, nos muestra que no existe diferencia significativa estadística en los diferentes sustratos (p-valor = 0.1588). El coeficiente de variación de 4.80% nos indica que los resultados obtenidos están dentro de los datos representativos, por ello no se realizó la prueba de Tukey y el promedio general del diámetro del píleo es de 15.92 cm.

El resultado obtenido concuerda con Hernández et al. (2005) y De la cruz et al. (2023), quienes mencionan que el tipo de sustrato no influye en el desarrollo del diámetro de los carpóforos y para Benavides (2013), las medidas biométricas están más relacionadas con las características genéticas de la cepa que con el tipo de sustrato y solo cuando se mantienen las condiciones ambientales adecuadas durante la fase de propagación y desarrollo, los hongos resultan de tamaño semejante. Además, Guarín y Ramírez (2004) mencionan que los hongos de 4 a 9 cm de diámetro (tamaño mediano) son para exportación y los de 10 a 15 cm son las requeridas por compañías comercializadoras.

### 3.1.3. Altura de los estípites

**Tabla 3.3**

*Análisis de variancia de la altura de los estípites del hongo *Pleurotus ostreatus**

| F. variación   | GL | SC     | CM                | Fc    | p-valor |
|----------------|----|--------|-------------------|-------|---------|
| Sustratos      | 3  | 30.08  | 10.03             | 3.80* | 0.0202  |
| Error          | 30 | 79.16  | 2.64              |       |         |
| Total          | 33 | 109.24 |                   |       |         |
| CV (%) = 25.40 |    |        | Promedio = 6.39cm |       |         |

El análisis de variancia de la altura estípites se presenta en la tabla 3.3, nos muestra que existe diferencia significativa estadística en los diferentes sustratos (p-valor = 0.0202). El coeficiente de variación de 25.40 % nos indica que los datos de los resultados obtenidos están dentro de los datos representativos y el promedio general de altura de estípites es de 6,89 cm.

**Tabla 3.4**

*Prueba de Tukey de la altura de los estípites del hongo *Pleurotus ostreatus**

| Sustrato                               | Altura (cm) | N | Tukey 0.05 |   |
|----------------------------------------|-------------|---|------------|---|
| cpT + cáscara de frijol picado (S1)    | 7.86        | 8 | a          |   |
| cpT + cáscara de arveja picada (S2)    | 6.34        | 9 | a          | b |
| Cascarilla y paja de trigo picada (S3) | 6.26        | 9 | a          | b |
| cpT + viruta de madera (S4),           | 5.14        | 8 |            | b |

La prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) de la altura de los estípites de la tabla 3.4, nos muestra que el sustrato S1 presenta el promedio más alto con 7.86 cm de altura en la cada una de las bolsas, seguido de los sustratos S2 que presenta un promedio de 6.34 cm, el sustrato S3 que presenta un promedio de 6.26 cm y finalmente el sustrato S4 que presenta un promedio de 5.14 cm de altura.

Los sustratos presentan una ligera diferencia significativa estadística en los resultados. Determinándose así que los sustratos de cpT + cáscara de frijol picado (S1), cpT + cáscara de arveja picada (S2) y cpT (S3) presentan efectos similares, sin embargo, el sustrato S1 supera significativamente al sustrato S4. Sobre estos resultados Córdova (2021) postula que en la altura de estos hongos no influye los sustratos más bien las condiciones ambientales; este autor, reporta haber obtenido altura de estípites hasta de 4 cm de largo frente a 7.86 cm obtenidos en el presente trabajo.

### 3.2. Producción del hongo *Pleurotus ostreatus*

Resultados obtenidos de los parámetros evaluados son:

### 3.2.1. *Peso fresco del hongo*

**Tabla 3.5**

*Análisis de variancia del peso fresco del hongo Pleurotus ostraetus*

| F. variación   | GL | SC        | CM                  | Fc     | p-valor |
|----------------|----|-----------|---------------------|--------|---------|
| Sustratos      | 3  | 84149.67  | 28049.89            | 7.87** | 0.0005  |
| Error          | 30 | 106859.19 | 3561.97             |        |         |
| Total          | 33 | 191008.86 |                     |        |         |
| CV (%) = 20.58 |    |           | Promedio = 289.94 g |        |         |

El análisis de variancia del peso fresco de los hongos se presenta en la tabla 3.5, nos muestra que existe diferencia significativa estadística alta en la fuente de variación de los sustratos (p-valor = 0.0005). El coeficiente de variación de 20.58 % nos indica que los resultados obtenidos están dentro de los datos representativos y el promedio general del peso fresco es de 289.94 g.

**Tabla 3.6**

*Prueba de Tukey del peso fresco del hongo Pleurotus ostreatus*

| Sustrato                               | Peso fresco g | N | Tukey 0.05 |
|----------------------------------------|---------------|---|------------|
| cpT + cáscara de arveja picada (S2)    | 352.03        | 9 | a          |
| Cascarilla y paja de trigo picada (S3) | 294.85        | 9 | a          |
| cpT + cáscara de frijol picado (S1)    | 292.97        | 8 | a          |
| cpT + viruta de madera (S4)            | 211.54        | 8 | b          |

La prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) del peso fresco de los hongos de la tabla 3.6, nos muestra que los sustratos presentan significación estadística alta en los resultados, ya que cpT + cáscara de frijol picado (S1), cpT + cáscara de arveja picada + (S2) y cpT (S3) superan altamente en peso fresco del hongo al sustrato de cpT + viruta de madera (S4). Determinándose que el sustrato S2 presentó el peso fresco más alto con 352.03 g, seguido de los sustratos S3 que presentó un peso fresco de 294.85 g, el sustrato S1 que presentó un peso fresco de 292.97 g y el sustrato S4 que presento un peso fresco bajo de 211.54 g.

Estos resultados obtenidos coinciden con Balseca et al. (2020), quien obtuvo el valor más alto de peso fresco en la vaina de arveja, trabajando en condiciones similares a mi experimento.

### 3.2.2. Número de hongos

**Tabla 3.7**

*Análisis de variancia del número de hongos de *Pleurotus ostreatus**

| F. variación   | GL | SC      | CM                        | Fc    | p-valor |
|----------------|----|---------|---------------------------|-------|---------|
| Sustrato       | 3  | 2098.63 | 699.54                    | 3.94* | 0.0176  |
| Error          | 30 | 5327.88 | 177.60                    |       |         |
| Total          | 33 | 7426.50 |                           |       |         |
| CV (%) = 31.36 |    |         | Promedio = 42.50 unidades |       |         |

El análisis de variancia del número de hongos se presenta en la tabla 3.7, nos muestra que existe diferencia significativa estadística en la fuente de variación de los sustratos (p-valor = 0.0176). El coeficiente de variación de 31.36 % nos indica que los resultados no están dentro de los datos representativos, porque existe algún factor que influye en los datos y el promedio general del número de hongos es de 42.50 unidades.

**Tabla 3.8**

*Prueba de Tukey del número de hongos de *Pleurotus ostreatus**

| Sustrato                              | N.º de hongos | N | Tukey 0.05 |   |
|---------------------------------------|---------------|---|------------|---|
| cpT + cáscara de arveja picada (S2)   | 50.67         | 9 | a          |   |
| Cascarilla, paja de trigo picada (S3) | 48.00         | 9 | a          | b |
| cpT + cáscara de frijol picado (S1)   | 39.00         | 8 | a          | b |
| cpT + viruta de madera + (S4)         | 30.63         | 8 |            | b |

La prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) del número de hongos obtenidos en la tabla 3.8, nos muestra que el sustrato S2 presentó el mayor número con 50.67 (51) unidades, seguido de los sustratos S3 que presentó un promedio de 48 unidades, el sustrato S1 que presentó un promedio de 39 unidades y finalmente el sustrato S4 que presentó un promedio de 30.63 (31) unidades de hongo.

Los resultados muestran que los sustratos de cpT + cáscara de arveja picada (S2), cpT (S3) y cpT + cáscara de frijol picado (S1) tienen efectos parecidos en el número de hongos a su vez el sustrato S2 supera claramente al sustrato S4. Este resultado coincide con De la cruz et al. (2023), debido a que el principal grupo de materias primas con un alto predominio de lignocelulosa utilizados en la elaboración de sustratos para el cultivo

del *Pleurotus* lo forman las pajas de cereales, que son materias, necesarios para el crecimiento del hongo (Sánchez y Royse, 2002) y para Magae et al. (1995), quién manifiestan en sus estudios que “el número de hongos producidos deben de estar en un rango de 58 a 65 hongos por bloque de sustrato de 1 kg. para que pueda considerarse adecuado y rentable para su cultivo” (p. 441-442).

### 3.2.3. *Peso seco de los hongos*

**Tabla 3.9**

*Análisis de variancia del peso seco (materia seca) de los hongos de Pleurotus ostreatus*

| F. variación   | GL | SC      | CM                 | Fc     | p-valor |
|----------------|----|---------|--------------------|--------|---------|
| Sustrato       | 3  | 847.96  | 282.65             | 7.48** | 0.0007  |
| Error          | 30 | 1133.13 | 37.77              |        |         |
| Total          | 33 | 1981.09 |                    |        |         |
| CV (%) = 24.23 |    |         | Promedio = 25.36 g |        |         |

El análisis de variancia del peso seco de los hongos se presenta en la tabla 3.9, nos muestra que existe diferencia significativa estadística alta en la fuente de variación de los sustratos (p-valor = 0.0007). El coeficiente de variación de 24.23 % nos indica que los resultados obtenidos están dentro de los datos representativos y que el promedio general del peso seco es de 25.36 g.

**Tabla 3.10**

*Prueba de Tukey del peso seco (materia seca) de los hongos de Pleurotus ostreatus*

| Sustrato                              | MS (g) | N | Tukey 0.05 |   |
|---------------------------------------|--------|---|------------|---|
| cpT + cáscara de arveja picada (S2)   | 30.89  | 9 | a          |   |
| cpT + cáscara de frijol picado (S1)   | 25.00  | 8 | a          |   |
| Cascarilla, paja de trigo picada (S3) | 23.48  | 9 | a          | b |
| cpT + viruta de madera (S4)           | 16.82  | 8 |            | b |

La prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) del peso seco de los hongos de la tabla 3.10, nos muestra que el sustrato S2 presentó un peso seco de 30.89 g, seguido del sustrato S1 que presentó un peso seco de 25.00 g, el sustrato S3 que presentó un peso seco de 23.48 g y finalmente el sustrato S4 con un peso seco de 16.82 g.

Se observa que el sustrato de cpT + cáscara de arveja picada (S2) y cpT + cáscara de frijol picado (S1) superan significativamente al sustrato cpT + viruta de madera (S4). Ramos (2017), obtuvo un resultado similar en peso de biomasa en el sustrato evaluado de cáscara de arveja en la producción de *Pleurotus ostreatus*.

### 3.3. Rendimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*

#### 3.3.1. Eficiencia biológica (EB)

**Tabla 3.11**

*Análisis de variancia de eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus**

| F. variación   | GL | SC      | CM               | Fc     | p-valor |
|----------------|----|---------|------------------|--------|---------|
| Sustrato       | 3  | 2750.80 | 916.93           | 6.47** | 0.0016  |
| Error          | 31 | 4391.38 | 141.66           |        |         |
| Total          | 34 | 7142.17 |                  |        |         |
| CV (%) = 29.48 |    |         | Promedio = 40.37 |        |         |

El análisis de variancia de la eficiencia biológica del hongo se presenta en la tabla 3.11, nos muestra que existe diferencia significativa estadística alta en la fuente de variación de los sustratos (p-valor = 0.0016). El coeficiente de variación de 29.48 % nos indica que los resultados obtenidos están dentro de los datos representativos y el promedio general de eficiencia biológica es de 40.37 %.

**Tabla 3.12**

*Prueba de Tukey de eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus**

| Sustrato                               | EB (%) | N  | Tukey 0.05 |   |
|----------------------------------------|--------|----|------------|---|
| cpT + cáscara de arveja picada (S2)    | 50.00  | 10 | a          |   |
| Cascarilla y paja de trigo picada (S3) | 46.00  | 9  | a          |   |
| cpT + cáscara de frijol picado (S1)    | 34.63  | 8  | a          | b |
| cpT + viruta de madera + (S4)          | 27.75  | 8  |            | b |

La prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) de la eficiencia biológica del hongo de la tabla 3.12, nos muestra que el sustrato S2 presentó el promedio más alto con un 50%, el sustrato S3 que presentó un promedio de 46%, seguido del sustrato S1 que presentó un promedio de 34.63% y finalmente el sustrato S4 presentó el promedio más bajo de 27.75%. Estos resultados coinciden con Ramos (2017) quien obtuvo la mayor eficiencia biológica en el

sustrato de vaina de arveja con 90,35% y Baes (2022) obtuvo una eficiencia biológica de 59.33% de *Pleurotus ostreatus*.

Sánchez y Royse (2002) más Carvajal (2010) consideran que la calidad productiva de un sustrato se percibe aceptable a partir de eficiencias biológicas de 50 %, como un valor mínimo de producción económicamente rentable para *Pleurotus. Ostreatus*, determinándose así que el sustrato cpT + cáscara de arveja picada (S2) es económicamente rentable a diferencia del sustrato de cpT + viruta de madera (S4). Según Benavides (2013), señala que las diferencias de eficiencias biológicas encontradas en los sustratos se atribuyen a la disponibilidad de los nutrientes, por tal motivo algunas combinaciones de sustratos ofrecen mejores rendimientos y otro de los factores que también puede afectar la eficiencia biológica son los contaminantes del sustrato (Zarate, 2015).

### 3.3.2. Tasa de biodegradación (Bs)

**Tabla 3.13**

*Análisis de variancia de la tasa de biodegradación*

| F. variación  | GL | SC      | CM                | Fc   | p-valor |
|---------------|----|---------|-------------------|------|---------|
| Sustrato      | 3  | 478.38  | 159.46            | 2.93 | 0.0489  |
| Error         | 31 | 1686.36 | 54.40             |      |         |
| Total         | 34 | 2164.74 |                   |      |         |
| CV (%) =11.80 |    |         | Promedio = 62.51% |      |         |

El análisis de variancia de la tasa de biodegradación en la tabla 3.13, nos muestra que no existe diferencia significativa estadística en la fuente de variación de los sustratos (p-valor = 0.0489), por ello no se realizó la prueba de contraste de Tukey. El coeficiente de variación de 11.80 % nos indica que los resultados obtenidos están dentro de los datos representativos y el promedio general de la tasa de biodegradación es de 62.51 %.

Monterroso (2009), mencionan que la importancia de la biodegradación es dar una idea general de la facilidad que tendrán los hongos de absorber los nutrientes contenidos en los sustratos, los cuales por su composición lignificada dificultaban tal

labor, después de que fueron usados por estos hongos lignocelulósicos se elimina en gran medida esa cantidad de lignina y celulosa presentes en los sustratos.

### 3.3.3. Tasa de producción (TP)

**Tabla 3.14**

*Análisis de variancia de la tasa de producción del hongo Pleurotus ostreatus*

| F. variación   | GL | SC     | CM                | Fc     | p-valor |
|----------------|----|--------|-------------------|--------|---------|
| Sustrato       | 3  | 0.1786 | 0.0595            | 7.09** | 0.0009  |
| Error          | 31 | 0.2603 | 0.0084            |        |         |
| Total          | 34 | 0.4389 |                   |        |         |
| CV (%) = 31.14 |    |        | Promedio = 0.29 % |        |         |

El análisis de variancia para la tasa de producción se presenta en la tabla 3.14, nos muestra que existe diferencia significativa estadística alta en la fuente de variación de los sustratos (p-valor = 0.0009). El coeficiente de variación de 31.14 % nos indica que los datos de los resultados obtenidos no están dentro de los datos representativos, debido a que existen factores externos que afectan directamente en el cultivo del hongo y el promedio general de la tasa de producción es de 0.29%.

**Tabla 3.15**

*Prueba de Tukey de la tasa de producción del hongo Pleurotus ostreatus*

| Sustrato                               | TP (%) | N  | Tukey 0.05 |   |
|----------------------------------------|--------|----|------------|---|
| cpT + cáscara de arveja picada (S2)    | 0.37   | 10 | a          |   |
| Cascarilla y paja de trigo picada (S3) | 0.32   | 9  | a          |   |
| cpT + cáscara de frijol picado (S1)    | 0.29   | 8  | a          | b |
| cpT + viruta de madera (S4)            | 0.18   | 8  |            | b |

La prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) de la tasa de producción de hongo de la tabla 3.15, nos muestra que el sustrato S2 presentó el promedio más alto con 0.37%, el sustrato S3 presentó un promedio de 0.32%, seguido del sustrato S1 que presentó un promedio de 0.29 % y finalmente el sustrato S4 presentó el promedio más bajo de 0.18% en la tasa de producción. Los sustratos cpT + cáscara de arveja picada (S2), cpT (S3) y cpT + cáscara de frijol picado (S1) tienen efecto superior en la tasa de producción con respecto al sustrato de cpT + viruta de madera (S4).

Zárate (2015) indica que, si la tasa de producción es alta el periodo productivo puede ser más corto, desde la inoculación hasta la última cosecha, lo que representa mayor producción diaria y más periodos productivos al año determinando así, que la tasa de producción es el potencial productivo diario de un determinado hongo después de ser sembrado (Sánchez y Royse, 2002).

### 3.3.3. Rendimiento comercial (RN)

**Tabla 3.16**

*Análisis de variancia del rendimiento comercial del hongo Pleurotus ostreatus*

| F. variación   | GL | SC                 | CM    | Fc    | p-valor |
|----------------|----|--------------------|-------|-------|---------|
| Sustrato       | 3  | 176.55             | 58.85 | 6.40* | 0.0017  |
| Error          | 31 | 284.99             | 9.19  |       |         |
| Total          | 34 | 461.54             |       |       |         |
| CV (%) = 21.18 |    | Promedio = 14.31 % |       |       |         |

El análisis de variancia del rendimiento comercial se presenta en la tabla 3.16, nos muestra que si existe diferencia significativa estadística en la fuente de variación de los sustratos (p-valor = 0.0017). El coeficiente de variación de 21.18 % nos indica que en los datos de los resultados obtenidos no están dentro de los representativos y el promedio general del rendimiento comercial fue de 14.31%.

**Tabla 3.17**

*Prueba de Tukey del rendimiento comercial del hongo Pleurotus ostreatus*

| Sustrato                               | RN (%) | N  | Tukey 0.05 |
|----------------------------------------|--------|----|------------|
| cpT + cáscara de arveja picada (S2)    | 16.70  | 10 | a          |
| Cascarilla y paja de trigo picada (S3) | 14.89  | 9  | a          |
| cpT + cáscara de frijol picado + (S1)  | 14.50  | 8  | a          |
| cpT + viruta de madera + (S4)          | 10.50  | 8  | b          |

La prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) del rendimiento comercial de la tabla 3.17, nos muestra que el sustrato S2 presentó el promedio más alto con 16.70 %, el sustrato S3 presentó un promedio de 14.89 %, seguido del sustrato S1 que presentó un promedio de 14.50 % y finalmente el sustrato S4 que presentó el promedio más bajo de 10.50 %. Los sustratos de cpT + cáscara de arveja picada (S2), cpT + cáscara de frijol picado (S1) y

cpT (S3) han generado igual efecto en el rendimiento comercial y a su vez muestran una clara superioridad a los efectos del sustrato de cpT + viruta de madera (S4). Estos resultados coinciden con Ramos (2017), quien obtuvo en la cáscara de arveja el mayor rendimiento con el 31.9 %, determinado así que el sustrato de cáscara de arveja es mejor en cuanto a producción de hongos de *Pleurotus ostreatus* (Balseca et al., 2020).

Un rendimiento aceptable según Bermúdez et al. (2007), debe ser superior al 10 % con esto, se aceptaría todos los rendimientos evaluados en esta investigación ya que el resultado es superior al 10%, determinando así que la producción con los sustratos es aceptable.

### 3.3.4. Productividad biológica (PB) de los tratamientos

**Tabla 3.18**

*Análisis de variancia de la productividad biológica del hongo Pleurotus ostreatus*

| F. variación   | GL | SC    | CM               | Fc    | p-valor |
|----------------|----|-------|------------------|-------|---------|
| Sustrato       | 3  | 1.451 | 0.484            | 4.39* | 0.0110  |
| Error          | 31 | 3.417 | 0.110            |       |         |
| Total          | 34 | 4.867 |                  |       |         |
| CV (%) = 27.86 |    |       | Promedio = 1.19% |       |         |

El análisis de variancia de la productividad biológica se presenta en la tabla 3.18, nos muestra que si existe diferencia significativa estadística en la fuente de variación de los sustratos (p-valor = 0.0110). El coeficiente de variación de 27.86 % nos indica que los datos obtenidos de los resultados están dentro de los datos representativos y que el promedio general de la productividad biológica es de 1.19%.

**Tabla 3.19**

*Prueba de Tukey de la productividad biológica del hongo Pleurotus ostreatus*

| Sustrato                               | PB (%) | N  | Tukey | 0.05 |
|----------------------------------------|--------|----|-------|------|
| cpT + cáscara de arveja picada (S2)    | 1.41   | 10 | a     |      |
| cpT + cáscara de frijol picado (S1)    | 1.26   | 8  | a     | b    |
| Cascarilla y paja de trigo picada (S3) | 1.19   | 9  | a     | b    |
| cpT + viruta de madera (S4)            | 0.85   | 8  |       | b    |

La prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) de la productividad biológica de la tabla 3.19, nos muestra que el sustrato S2 presentó el promedio más alto con 1.41%, el sustrato S1 presentó un promedio de 1.26%, seguido del sustrato S3 que presentó un promedio de 1.19% y finalmente el sustrato S4 que presentó el promedio bajo de 0.85%.

Los sustratos de cpT + cáscara de arveja picada (S2), cpT + cáscara de frijol picado (S1) y cpT (S3) tienen efectos semejantes en la productividad biológica y sólo el sustrato cpT + cáscara de arveja picada (S2) es superior al sustrato de cpT + viruta de madera (S4). Albán (2018), señala que, tomando en cuenta que el hongo al momento de la cosecha es 90 % de agua y 5-10 % de materia seca entendemos que, si el resultado que obtuvo fue de 2.17 de PB, se interpreta que el 2.17 es materia seca y 97.83 es agua por cada 100 gramos de peso fresco del sustrato.

### 3.4. Resultado de calidad del hongo a través de análisis de proteína total

Para el análisis de proteína total del hongo se envió las muestras al Instituto Nacional de Innovación (INIA) quienes reportaron los resultados obtenidos a través del método Kjeldahl (anexo 17) en la tabla 3.20.

**Tabla 3.20**

*Resultados del análisis de proteína total del *Pleurotus ostreatus**

| Sustratos    | S1    | S2    | S3   | S4    |
|--------------|-------|-------|------|-------|
| Proteína (%) | 18.03 | 22.23 | 8.00 | 18.38 |

La tabla 3.20 nos muestra el resultado del análisis de proteína total para cada sustrato, determinando así que el sustrato S2 presentó un 22.23% de proteína calificado como el de mejor, factor que se atribuye a su composición de sustrato; los sustratos S1 y S4 presentaron 18.03 % y 18.38% de proteína respectivamente calificado como buenos; el sustrato S3 presentó el resultado de proteína más bajo con un 8%, factor que se atribuye a la composición nutricional del sustrato. Benavides (2013), señala que el contenido de proteína cruda en *Pleurotus ostreatus* puede oscilar entre 10,5 % y 30,4 % y según Sánchez y Royse (2002), manifiestan que el contenido de proteína de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* se puede mejorar enriqueciendo los sustratos con fuentes orgánicas e inorgánicas de nitrógeno tales como harina de soya, salvado de arroz, trigo, o simplemente urea, lo cual también aumenta la cantidad de proteína.

### 3.5. Resultado de la determinación de factibilidad de la producción del hongo para el mercado

Para determinar la factibilidad de producción se hallaron los siguientes datos:

#### a) Total de cosecha (kg) del hongo *Pleurotus ostreatus* en el trabajo de investigación (tabla 3.21)

**Tabla 3.21**

*Suma del peso total de producción del hongo por tratamiento*

| Sustratos                         | S1      | S2      | S3      | S4      | Total (g) | Kg    |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------|-------|
| Peso fresco de los carpóforos (g) | 2343.78 | 3330.93 | 2655.36 | 1692.35 | 10022.42  | 10.02 |

En la tabla 3.21, nos muestra los datos de la suma total de los carpóforos frescos en su primera cosecha, resultando que el sustrato con mayor peso fue el S2 con 3330.90 g (3.33kg) y el más bajo fue el S4 con 1692.35 g (1.70kg), haciendo una suma total de peso fresco 10.02 kg de hongos.

Según la investigación en el mercado nacional en la tienda virtual de Plaza vea (2023), el precio del hongo fresco es de 5.89 (5.90) soles por 200g de hongo y en las biobodegas de Vacas Felices (2023), 250g de setas ostras cuesta S/10.50 soles.

#### b) Estimación del ingreso de ventas (S/.) del hongo *Pleurotus ostreatus* (tabla 3.22)

Los costos de producción del hongo en condiciones experimentales del presente trabajo (anexo 18) está estimado en un aproximado de S/. 271.99 soles, para una producción de 10Kg de hongos solo en la primera cosecha, al cual se le hallaron los ingresos de venta según precio del mercado.

**Tabla 3.22**

*Datos de estimación de ingreso de ventas según precio de mercado*

| Rendimiento (kg) |          | 10.02        |             |
|------------------|----------|--------------|-------------|
| Contenido        | Cantidad | Precio (S/.) | Ventas (S/) |
| 200 g            | 50.10    | 5.89         | 295.09      |
| 250g             | 40.08    | 10.5         | 420.84      |

La tabla 3.22, nos muestra que el ingreso de venta que se obtendría esta entre 295.09 o 420.84 soles en la primera cosecha.

**c) Estimación de Producción de *Pleurotus ostreatus* al 50%, 30% y 20% (tabla 3.23)**

Hernández et al. (2005), manifiestan que la cosecha del *Pleurotus ostreatus* se divide en tres periodos, en el primero se cosecha el 50 %, en el segundo se cosecha el 30 % y el tercero se cosecha el 20 % de la producción. Según el enunciado se obtuvo los siguientes datos de cosecha.

**Tabla 3.23**

*Datos estimados de producción al 50%, 30%, 20% y precio al S/ 5.89, S/10.50 respectivamente*

| Cosechas     | %          | kg           | Precio (S/5.89) | Precio (S/10.50) |
|--------------|------------|--------------|-----------------|------------------|
| 1            | 50         | 10.02        | 295.09          | 420.84           |
| 2            | 30         | 6.01         | 177.05          | 252.50           |
| 3            | 20         | 4.01         | 118.04          | 168.34           |
| <b>Total</b> | <b>100</b> | <b>20.04</b> | <b>590.18</b>   | <b>841.68</b>    |

En la tabla 3.23, nos muestra la cantidad de las tres cosechas estimadas, obteniendo una producción total de 20 Kg y un ingreso de ventas de 590.18 o 841.68 soles a un precio de 5.90 o 10.50 soles respectivamente.

Para Calderón et al. (2019), quien sostiene que el consumo del producto está dirigido a un público perteneciente a la clase económica A y B (amas de casa de hogares con ingresos económicos altos, con estilos de vida ecológicos y saludables) y entre las edades de 18 a 65 años. Además, sugiere que los medios de comercialización serían a través de dos canales: canal indirecto (supermercados principales) y canal directo (bioferias, mercado de comida saludable), donde el producto con mayor importancia comercial son los hongos preparados en conservas, hongos secos y los frescos. Freundt (2003), concluye que el mercado de este rubro tendrá mayor acogida y un crecimiento progresivo, sobre todo por el bajo costo per cápita referida al costo de producción y la creciente conciencia ambiental y hábitos alimenticios saludables de la población.

## CONCLUSIONES

Acorde a los objetivos planteados se llegó a las siguientes conclusiones:

1. El efecto de los sustratos cpT + cáscara de frijol picado (S1), cpT + cáscara de arveja picada (S2), cpT (S3) y cpT + viruta de madera (S4) fueron homogéneos en crecimiento excepto la altura de estípites, en cuanto a la producción del hongo el sustrato cpT + cáscara de arveja picada (S2) tuvo una mejor respuesta en los parámetros evaluados, expresados en peso fresco (352.03 g.), peso seco (30.89 g.) y unidades de carpóforo (50.67), y el mejor rendimiento, según los parámetros evaluados, expresado por la eficiencia biológica (EB) de 50%, la tasa de producción (TP) de 0.37%, rendimiento comercial de 16.70% y productividad biológica de 1.41% es de sustrato S2.
2. El sustrato S2 (cáscara de frijol picado + cpT) ha promovido un mayor nivel de proteína total de 22.23 % en muestra constituida por estípites y píleo.
3. Se considera factible la producción de los hongos en Ayacucho por la disponibilidad de insumos como los restos de cosecha, disponibilidad de inoculo en el mercado y su valor comercial.

## **RECOMENDACIONES**

En base al trabajo realizado se llegó a las siguientes recomendaciones:

- Es importante hacer una recolección adecuada de los sustratos con buenas características físicas (seco, ausencia de patógenos y limpios), recientemente cosechados o almacenados en un ambiente adecuado.
- Verificar siempre el tamaño de los residuos para realizar las preparaciones.
- Esterilizar adecuadamente el sustrato para en el llenado uniforme y sin complicaciones del micelio.
- Formular estudios de rentabilidad del cultivo del hongo en nuestro medio como una extensión de la actividad agrícola (economía circular).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, N. (2012). *Evaluación del crecimiento de Pleurotus pulmonarius y Pleurotus ostreatus en dos sustratos bajo condiciones naturales en la granja del Municipio de Piedecuesta (Santander)*. [Tesis de título, Universidad Industrial de Santander]. file:///C:/Users/HP/Downloads/silo.tips\_nancyaguilar-villamizar.pdf
- Aguilar, A. y. Bustamante, P. (2019). *Determinación de la proteína y grasa de tres tipos de hongos comestibles: Champiñón (Agaricus bisporus), pleurotus (Pleurotus ostreatus) y Shiitake (Lentinus edodes)*. [Tesis de grado, Universidad Peruana Unión]. repositorio de UPEU: <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/2566>
- Albán, M. (2018). *Cultivo del hongo ostra (Pleurotus ostreatus) en tres tipos de residuos de la madera de bolaina blanca (Guazuma crinita)*. [Tesis de título, Universidad Nacional Agraria la Molina] <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3183>
- Albertó, E. (2008). *Cultivo intensivo de los hongos comestibles: cómo cultivar Champiñones, Gírgolas, Shiitake y otras especies*. Buenos Aires. AR.
- Ardón, C. (2007). *La producción de hongos comestibles* [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://biblioteca.usac.edu.gt>
- Baes, A. (2022). *Tipos de aserrín en la producción de hongos comestibles del género Pleurotus. Ayacucho 2018*. [Tesis para título, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/6332>
- Balseca, J., Tapia, A. y Jácome, S. (2020). Economía circular a través de la producción de hongos comestibles en residuos agrícolas. *Revista mktDescubre - ESPOCH FADE*. (84).  
[Revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/mktDescubre/article/view/564/548](http://Revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/mktDescubre/article/view/564/548)
- Barrera, A. (2016). *El aserrín como material expresivo en el diseño interior* <http://dspace.uazuay.edu.ec>
- Benavides, E. (2019). Evaluación de los subproductos del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) en la obtención de abono orgánico tipo Bocashi. *EIEI ACOFI*, ago. 2019. <https://doi.org/10.26507/ponencia.203>
- Benavides, O. (2013). *Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos para el cultivo de Orellanas (Pleurotus ostreatus)*. [Tesis de Maestría, Universidad de Nariño]. <https://biblioteca.udenar.edu.co/atenea/89544.pdf>

- Bermúdez, R., García, N., Murlot, A. (2007). Fermentación sólida para la producción de *Pleurotus* sp. Sobre mezclas de pulpa de café y viruta de cedro. *Tecnología Química*, XXVII (2), 55-62. <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543753009.pdf>
- Boa, E. (2005). Los hongos silvestres comestibles Perspectiva global de su uso e importancia para la población. *Productos forestales no madereros* (17). FAO. <https://www.fao.org/3/y5489s/y5489s.pdf>
- Calderón, J., Cuevas, M., Calderón, S. y Chavarría, Y. (2019). *Estudio de prefactibilidad para la producción de hongo ostra deshidratado aprovechando los residuos del cacao como sustrato*. [Trabajo de grado, Universidad san Ignacio de Loyola]. <https://hdl.handle.net/20.500.14005/9997>
- Carvajal, G. (2010). *Evaluación de la producción del hongo Pleurotus ostreatus sobre cinco tipos de sustratos (tamo de trigo, tambo de cebada, tambo de vicia, tambo de avena y paja de paramo); enriquecidos con tuza molida, afrecho de cebada y carbonato de calcio*. [Tesis de Grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <https://docplayer.es/29020605-Escuela-de-ciencias-agricolas-y-ambientales-ecaa-informe-final-de-tesis.html>
- Castillo, J. (1987). *Micología general*. Limusa. 208 p
- Catalogue of Life. (2016). *Catalogue of Life* (Col). Consultado el 09 de noviembre 2021. <http://www.catalogueoflife.org/col/search/all/key/pleurotus+ostreatus/fossil/0/match/1>
- Córdova, M. (2021). *Productividad del hongo comestible Pleurotus ostreatus en sustrato de café y determinación del valor nutricional* [Tesis de título, Universidad Peruana Cayetano Heredia]. [https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/9066/Productividad\\_CordovaAlberca\\_Mercy.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/9066/Productividad_CordovaAlberca_Mercy.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cuervo, J. y Garzón, J. (2008). Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos. *Artículo NOVA*, 6(10). <https://doi.org/10.22490/24629448.403>
- Chang, S. y Miles, P. (2004). *Mushrooms. Cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact*. 2da Edition.
- Cha, J. (2005). *Manejo de plagas (pestes) y enfermedades*. En MushWorld, Manual del cultivador de hongos 1. <http://www.hongoscomestiblesymedicinales.com/P/P/oyster%20bien/capitulo%207%20pag.%20187-189.pdf>

- Chang, S. (1997). World production of cultivated edible and medicinal mushrooms in with emphasis on *Lentinus edodes* (Berk.) Sing in china. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 1, 291-300.  
<https://doi.org/10.1615/intjmedmushr.v1.i4.10>.
- Cisterna, C. (2003). *Clasificación eco fisiológica de los hongos comestibles*.  
<https://es.scribd.com/document/253114334/Hongos-Ecofisiologia>
- De la Cruz, R., Areche, F., Segura, S., Lopez, J., De la Cruz, G., Solano, M., Onofre, A., Camayo, B., Otivo, J., Flores, D., Pairazama, M., Dominguez, J., Aguirre, L. y Paricanaza, D. (2023). Posibles efectos de diferentes tipos de residuos agrícolas sobre la seguridad alimentaria y la producción de hongos (*Pleurotus ostreatus*). *Brazilian Journal of Biology*. vol 83. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.273829>.
- De León, M. (2010). *Evaluación de semillas de hongo ostra producidas a partir de hifas vegetativas*. Zunil. (págs. 14 - 50).
- FEDNA (2021). *Paja de cereales trigo y cebada*. Consultado el 09 de enero, 2022.  
[http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/paja-de-cereales-trigo-ycebad](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/paja-de-cereales-trigo-ycebad)
- Furci, G. (2007). *Fungí Austral: Guía de campo de los hongos más vistosos de Chile*. Concepción, Chile: CORMA.
- Francisco, J. y Gea, A. (2011). Cultivo de setas *Pleurotus*. *Tecnología Agroalimentaria*.  
<https://ria.asturias.es/RIA/handle/123456789/1486>
- Freundt, P. (2003). *Producción y comercialización de hongos comestibles para el mercado nacional e internacional*. [Tesis de pregrado, Universidad de Piura].  
<https://hdl.handle.net/11042/1314>
- Gaitán, R., Salmenes, D., Pérez, R., y Mata, G. (2006). *Manual práctico del cultivo de setas, aislamiento, siembra y producción*. Instituto de ecología A. C.  
<http://www1.inecol.edu.mx>
- García, M. (2007). *Cultivo de setas y trufas*. 5 edición. Madrid
- Gavidia, B. y León, Y. (2016). *Evaluación preliminar de la producción de Pleurotus pulmonarius en vainas de frijol (Phaseolus vulgaris), vainas de arveja (Pisum sativa) y tamo de retamo espinoso (Ulex europaeus) como sustratos orgánicos*. [Tesis de título, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá/ Colombia]. <http://hdl.handle.net/11349/2933>.
- Guarín, J. y Ramírez, Á. (2004). *Estudio de Factibilidad técnico -financiero de un cultivo del hongo Pleurotus ostreatus en Cundimarca*. [Trabajo de grado, Pontificia

- Grassi, E., Álvarez, P. y Restelli, Ma. (2019). *Guía para la Producción de Hongos Comestibles. Buenas prácticas de manejo y diseños de espacio de cultivo.*
- Hernández, R., López, C., Suarez, C. y Borrero, M. (2005). Evaluación del crecimiento y Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundimarca. *UNIVERSITAS SCIENTIARUM*. 13 (2). [www.javeriana.edu.co/universitas\\_scientiarum](http://www.javeriana.edu.co/universitas_scientiarum)
- Lesme, R. y Oliva, L. (2010). Potencial energético de los residuos de la industria de la madera en el aserrío “el brujo” de la empresa Gran Piedra Baconao, para la generación de energía eléctrica a partir de un grupo gasificador-motor de combustión interna-generator eléctrico. *Tecnología química*, 3(1) <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543769013.pdf>
- Magae, Y., Kakimoto, Y., Kashiwagi, Y. y Sasaki, T. (1995). Fructing body formation from regenerated mycelium of *Pleurotus ostreatus* protoplasts. *Applied and environmental microbiology*. 49 (2). <https://doi.org/10.1128/aem.49.2.441-442.1985>
- Manyoma, P. (2013). *Utilización de residuos orgánicos lignocelulósicos provenientes de actividades industriales para la producción de hongos comestibles Pleurotus spp. en el distrito especial de Buenaventura, Colombia.* [Tesis de título, Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali.] <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/5654/1/TAA02077.pdf> .
- Martínez, J. (2012). *Cultivo de Pleurotus ostreatus en el valle del fuerte, Sinaloa: una alternativa de aprovechamiento de esquilmos agrícolas.* [Tesis de grado doctor, Universidad Autónoma Indígena de México]. <http://uaim.edu.mx/cgip/PDF/TESIS-JESUS-MARTINEZ-CANEDO.pdf>
- Morán, T., Bautista, J., Sobal, M., Rosales, V., Candelaria, B. y Huicab, Z. (2020) Potencial biotecnológico de residuos vegetales para producir *Pleurotus ostreatus* en zonas rurales de Campeche. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11 (3). <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i3.1925>
- Moreno, M. (2011). *Factibilidad del aprovechamiento de los residuos forestales para su pelletización en ciudad madera chihuahua.* [Tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencia y Tecnología Ambiental, Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. Posgrado]. <https://cimav.repositorioinstitucional>.

- Monterroso, 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 (CepaECS-152)*. [Tesis de título, Universidad de San Carlos de Guatemala]. GT. 58p. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_2546.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2546.pdf)
- Mushwold, (2005).: *Shiitake Cultivation*. Mushroom Growers Handbook 2. <http://www.hongoscomestiblesymedicinales.com/P/liga2.htm>
- NCBI (2015). *National Center for Biotechnology Information Taxonomy*. Consultada el 09. noviembre 2021. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/taxonomy>
- Nieto, J. y Chegwin, C. (2010). Influencia del crecimiento de hongos comestibles sobre sus características nutraceuticas. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 12 (1) <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4808945>
- Paredes, D. (2010). *Obtención de enzimas celulasas a partir de hongos (Pleurotus ostreatus, Pleurotus pulmonarius y Lentinula edodes) utilizando como sustratos los residuos del cultivo del banano (Musa cavendish)*. [Tesis de título, Universidad técnica de Ambato, Ecuador]. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/848>
- Pérez, L., Castañeda, R., González, N., Caraballo, M., Sosa, A., Marrero, I., y Fernández, R. (2006). Principales contaminantes que afectan el cultivo de hongos comestibles en el INIFAT. *Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical ‘‘Alejandro de Humboldt’’*. <https://www.grupoagricoladecuba.gag.cu>
- Plaza Vea (2023). *Compras por categorías - hongos ostra*. Consultado el 12 de noviembre 2023). <https://www.plazavea.com.pe/hongo-ostra-willka-bandeja-200g/p>.
- Quimio, T. (2005). *Manual del cultivador de hongos: cultivo de hongos ostra*. copyright. by mushworld all rights reserved.
- Ramírez, L. y Arango, Á. (2017). *Macromicetos: Generalidades, desinfección y cultivo in vitro*. <http://repositorio.unilibre.edu.co/handle/10901/17600>.
- Ramos, I. (2015). Caracterización química de tres residuos lignocelulósicos generados en la región del cantón Alausí. *Revista del Instituto de Investigaciones de la facultad de 44 geología, minas, metalurgia y ciencias geográficas (FIGMMG-UNMSM)*, 20 (40). <https://doi.org/10.15381/iigeo.v20i40.14393>
- Ramos, E. (2017). *Minimización de residuos lignocelulósicos en la elaboración de sustrato para el cultivo de setas Pleurotus ostreatus en Alausí, provincia de Chimborazo Ecuador*. [Tesis de Grado Doctor, Universidad Nacional Mayor de

[https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/6686/Ramos\\_se%20-%20Resumen.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/6686/Ramos_se%20-%20Resumen.pdf?sequence=2&isAllowed=y).

RAE (2014). *La actualizada y distribuida el 2017*. 23.<sup>a</sup> edición

Restrepo, J. (2021). ¡Qué vaina! La cáscara de frijol, nueva alternativa alimentaria. *UdeA Noticias, Publicado 30/08/2021*. Consultada el 12 de noviembre del 2023.  
<https://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/udea-noticias/udea>

Rinker, D y Kang, S. (2005). *Reciclado del sustrato gastado (residual) de hongos ostra., Manual del cultivador de hongos 1*. En MushWorld (Ed.) 9.  
[http://www.hongoscomestiblesymedicinales.com/P/P/oyster%20bien/capitulo%209%20p ag.%20202-207.pdf](http://www.hongoscomestiblesymedicinales.com/P/P/oyster%20bien/capitulo%209%20p%20ag.%20202-207.pdf)

Rodríguez, N y Jaramillo, C. (2004). Cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus* sobre residuos agrícolas de la zona cafetera. *cenicaféColombia*.  
<https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/582>

Ruggiero, M., Gordon, D., Orrell, T., Bailly, N., Bourgoin, T., Brusca, R., Cavalier, T., Guiry, M. y Kirk, P. (2015). A Higher Level Classification of All Living Organisms. *PLOS ONE 10(6)*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119248>

Sánchez, J. y Royse, D. (2002). la biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. *Publisher: Uteha (Noriega editores)-Ecosur*

SERFOR (2019). Pide a la población no quemar residuos agrícolas y pastos para evitar incendios forestales. *Nota de Prensa*. Consultada el 16 de junio del 2021.  
<https://www.gob.pe › serfor>

Stamets, P. (1993). *Growing Gourmet and Medical Mushrooms*. a companion guide to The Mushroom Cultivator.  
[https://library.uniteddiversity.coop/Permaculture/Growing\\_Gourmet\\_and\\_Medicinal\\_Mushrooms.pdf](https://library.uniteddiversity.coop/Permaculture/Growing_Gourmet_and_Medicinal_Mushrooms.pdf)

Stamets, P. (2005). *Growing gourmet and medicinal mushroom*. 3a edición. Ten Speed Press.  
[https://library.uniteddiversity.coop/Permaculture/Growing\\_Gourmet\\_and\\_Medicinal\\_Mushroom](https://library.uniteddiversity.coop/Permaculture/Growing_Gourmet_and_Medicinal_Mushroom)

Suárez, C. (2010). *Obtención in vitro de micelio de hongos comestibles, Shiitake (Lentinula edodes) y Orellanas (Pleurotus ostreatus y Pleurotus pulmonarius) a partir de aislamientos de cuerpos fructíferos, para la producción de semilla*. [Tesis de título, Universidad nacional de Colombia.]  
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/70516>

- Terzzoli, L. (2020). *Pequeña Guía para la Producción de Hongos en Casa*. Argentina.  
<https://hongos.ar/storage/Materiales/Peque%C3%B1a%20Gu%C3%ADa%2020Producci%C3%B3n%20HongosAR.pdf>
- Tipan, C. (2016). *Evaluación del crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* con el uso de un sustrato de rastrojo de maíz con composición variable de papel*. [Tesis de título, Escuela Politécnica Nacional Ecuador 1].  
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16617>
- Vacas Felices (2023). *Tienda virtual, Setas Tipo Ostra 250g*. – Vacas Felices. Consultada el 12 de noviembre 2023. <https://www.vacasfelices.com/tienda/biobodegas>
- Vallecillo, M. y Medrano, R. (2017). *Composición química del rastrojo de la vaina amonificada del frijol Caupí (*Vigna unguiculada*) (L.) (Walp), como potencial uso en la alimentación de verano*. Santa Rosa, Sabana Grande, Managua, Nicaragua. [Tesis de graduación, Universidad Nacional agraria]  
<https://repositorio.una.edu.ni/3648>
- Vásquez, D. (2022). *Producción de hongos gourmet (*Pleurotus ostreatus* jacq.) mediante el aprovechamiento de residuos lignocelulósicos en la granja experimental la Pradera*. [Tesis de título, Universidades Técnica del Norte Ecuador].  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12153>.
- 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].  
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/919>

## ANEXOS

**Anexo 1.** Figuras del proceso de producción de *Pleurotus ostreatus*



**Figura 1.** Esterilización de los sustratos y el incorporado de cal en el sustrato preparado



**Figura 2.** Embolsado del sustrato y preparación de los panetones para el esterilizado



**Figura 3.** Ubicación de los panetones en el estante para su posterior evaluación



**Figura 4.** Distribución de las bolsas en los estantes y se observa el proceso productivo de los hongos, acondicionando el espacio con bandejas de agua, focos y calentador eléctrico



**Figura 5.** Cosecha de setas

**Anexo 2.** Proceso de llenado del inculo de *Pleurotus ostreatus* en diferentes sustratos



**Figura 6.** Inicio del llenado y el 25% del inculo en los sustratos



**Figura 7.** El 50% y el 100% de sustrato invadido de inculo

### Anexo 3. Datos registrados durante la cosecha del sustrato S1

| Sustrato | Insumo | Bolsa | Puntos de primordios | Altura (cm) | N° de carpóforos | Rendimiento (g) | Materia seca (g) | Diámetro (cm) |
|----------|--------|-------|----------------------|-------------|------------------|-----------------|------------------|---------------|
| S1       | Frijol | b01   | A                    | 11.0        | 57               | 124.30          | 13.46            | 4.0           |
| S1       | Frijol | b01   | B                    | 6.0         | 4                | 11.00           | 0.87             | 2.5           |
| S1       | Frijol | b01   | C                    | 9.5         | 10               | 59.96           | 4.21             | 3.9           |
| S1       | Frijol | b01   | D                    | 5.0         | 1                | 3.86            | 0.62             | 4.0           |
| S1       | Frijol | b01   | E                    | 5.5         | 1                | 9.43            | 0.91             | 6.0           |
| S1       | Frijol | b01   | F                    | 7.9         | 1                | 22.57           | 2.01             | 8.3           |
| S1       | Frijol | b01   | G                    | 8.5         | 2                | 33.55           | 3.15             | 7.5           |
| S1       | Frijol | b02   | A                    | 6.5         | 1                | 17.75           | 1.98             | 6.0           |
| S1       | Frijol | b02   | B                    | 8.0         | 6                | 51.47           | 3.67             | 4.1           |
| S1       | Frijol | b02   | C                    | 9.0         | 8                | 59.66           | 5.01             | 4.4           |
| S1       | Frijol | b02   | D                    | 7.0         | 2                | 54.04           | 5.27             | 3.9           |
| S1       | Frijol | b02   | E                    | 14.0        | 1                | 33.52           | 7.33             | 8.0           |
| S1       | Frijol | b03   | A                    | 9.0         | 3                | 29.65           | 2.79             | 5.0           |
| S1       | Frijol | b03   | B                    | 11.5        | 5                | 24.61           | 3.08             | 4.3           |
| S1       | Frijol | b03   | C                    | 4.0         | 3                | 18.00           | 3.07             | 5.0           |
| S1       | Frijol | b03   | D                    | 2.5         | 1                | 5.56            | 1.09             | 6.0           |
| S1       | Frijol | b03   | E                    | 8.0         | 7                | 83.56           | 7.05             | 5.3           |
| S1       | Frijol | b03   | F                    | 7.5         | 7                | 27.37           | 2.76             | 3.5           |
| S1       | Frijol | b03   | G                    | 7.0         | 3                | 16.47           | 1.97             | 4.2           |
| S1       | Frijol | b03   | H                    | 7.5         | 4                | 30.87           | 2.73             | 4.4           |
| S1       | Frijol | b03   | I                    | 5.0         | 3                | 8.45            | 1.01             | 3.2           |
| S1       | Frijol | b03   | J                    | 10.0        | 9                | 80.06           | 6.69             | 4.0           |
| S1       | Frijol | b03   | K                    | 4.0         | 1                | 11.00           | 1.13             | 6.0           |
| S1       | Frijol | b03   | L                    | 1.0         | 1                | 5.83            | 0.65             | 5.0           |
| S1       | Frijol | b03   | M                    | 5.0         | 4                | 26.47           | 2.81             | 4.2           |
| S1       | Frijol | b04   | A                    | 18.0        | 4                | 110.79          | 14.12            | 13.5          |
| S1       | Frijol | b04   | B                    | 8.0         | 4                | 48.45           | 3.64             | 4.8           |
| S1       | Frijol | b04   | C                    | 6.0         | 3                | 49.90           | 3.63             | 7.7           |
| S1       | Frijol | b04   | D                    | 4.0         | 1                | 28.19           | 2.74             | 9.0           |
| S1       | Frijol | b04   | E                    | 2.0         | 3                | 14.74           | 1.36             | 3.8           |
| S1       | Frijol | b05   | A                    | 8.5         | 12               | 68.56           | 4.81             | 3.2           |
| S1       | Frijol | b05   | B                    | 8.0         | 9                | 72.63           | 6.67             | 4.6           |
| S1       | Frijol | b05   | C                    | 4.5         | 1                | 5.53            | 0.61             | 4.5           |
| S1       | Frijol | b05   | D                    | 13.5        | 2                | 50.07           | 4.79             | 10.0          |
| S1       | Frijol | b05   | E                    | 12.0        | 1                | 20.51           | 7.79             | 5.0           |
| S1       | Frijol | b05   | F                    | 12.0        | 1                | 122.93          | 6.86             | 10.0          |
| S1       | Frijol | b06   | A                    | 8.0         | 7                | 80.73           | 5.22             | 4.7           |
| S1       | Frijol | b06   | B                    | 5.5         | 2                | 20.51           | 1.34             | 5.2           |
| S1       | Frijol | b06   | C                    | 9.0         | 5                | 75.79           | 4.38             | 5.8           |
| S1       | Frijol | b06   | D                    | 5.5         | 1                | 21.37           | 1.61             | 9.5           |
| S1       | Frijol | b06   | E                    | 4.0         | 1                | 11.21           | 0.90             | 7.0           |
| S1       | Frijol | b06   | F                    | 5.5         | 5                | 33.72           | 2.62             | 5.1           |
| S1       | Frijol | b06   | G                    | 6.1         | 2                | 3.89            | 0.97             | 4.0           |
| S1       | Frijol | b07   | A                    | 8.0         | 3                | 34.09           | 2.78             | 5.7           |

|    |        |     |   |      |    |        |      |     |
|----|--------|-----|---|------|----|--------|------|-----|
| S1 | Frijol | b07 | B | 7.0  | 3  | 48.20  | 3.27 | 7.0 |
| S1 | Frijol | b07 | C | 3.0  | 2  | 12.63  | 0.93 | 5.6 |
| S1 | Frijol | b07 | D | 4.0  | 4  | 22.38  | 1.39 | 4.3 |
| S1 | Frijol | b07 | E | 4.0  | 3  | 37.74  | 2.16 | 6.7 |
| S1 | Frijol | b07 | F | 2.5  | 1  | 7.09   | 0.37 | 5.5 |
| S1 | Frijol | b07 | G | 0.5  | 2  | 9.45   | 1.03 | 3.5 |
| S1 | Frijol | b07 | H | 6.8  | 4  | 43.89  | 2.89 | 5.5 |
| S1 | Frijol | b08 | A | 13.5 | 1  | 32.60  | 2.71 | 8.0 |
| S1 | Frijol | b08 | B | 8.0  | 3  | 27.88  | 3.45 | 3.5 |
| S1 | Frijol | b08 | C | 5.0  | 4  | 26.50  | 2.18 | 3.8 |
| S1 | Frijol | b08 | D | 10.0 | 9  | 73.66  | 6.55 | 5.0 |
| S1 | Frijol | b08 | E | 4.0  | 6  | 6.49   | 1.07 | 2.7 |
| S1 | Frijol | b08 | F | 9.0  | 3  | 25.70  | 2.71 | 7.4 |
| S1 | Frijol | b08 | G | 55.0 | 3  | 12.95  | 1.50 | 3.8 |
| S1 | Frijol | b08 | H | 6.5  | 1  | 6.50   | 0.79 | 5.5 |
| S1 | Frijol | b08 | I | 8.0  | 6  | 32.88  | 3.22 | 5.0 |
| S1 | Frijol | b08 | J | 5.0  | 4  | 10.02  | 1.13 | 3.7 |
| S1 | Frijol | b08 | K | 3.5  | 1  | 1.54   | 0.20 | 3.0 |
| S1 | Frijol | b08 | L | 10.0 | 4  | 71.60  | 4.58 | 6.8 |
| S1 | Frijol | b09 | A | 6.0  | 4  | 40.88  | 2.86 | 5.3 |
| S1 | Frijol | b09 | B | 4.0  | 3  | 40.18  | 2.29 | 7.2 |
| S1 | Frijol | b09 | C | 8.0  | 11 | 83.56  | 4.93 | 4.3 |
| S1 | Frijol | b09 | D | 15.0 | 10 | 125.95 | 6.86 | 6.4 |
| S1 | Frijol | b09 | E | 10.5 | 3  | 43.45  | 3.62 | 6.0 |
| S1 | Frijol | b09 | F | 10.0 | 2  | 19.52  | 2.65 | 6.3 |
| S1 | Frijol | b10 | A | 7.5  | 7  | 26.49  | 2.31 | 3.2 |
| S1 | Frijol | b10 | B | 10.0 | 11 | 53.29  | 6.87 | 4.3 |
| S1 | Frijol | b10 | C | 10.0 | 7  | 43.58  | 2.26 | 3.6 |
| S1 | Frijol | b10 | D | 8.0  | 4  | 44.77  | 3.86 | 4.6 |
| S1 | Frijol | b10 | E | 9.0  | 6  | 50.86  | 4.89 | 5.2 |
| S1 | Frijol | b10 | F | 4.0  | 1  | 7.44   | 1.04 | 6.0 |
| S1 | Frijol | b11 | A | 7.0  | 3  | 61.23  | 5.55 | 6.0 |
| S1 | Frijol | b11 | B | 4.5  | 1  | 4.45   | 0.64 | 5.0 |
| S1 | Frijol | b11 | C | 5.5  | 1  | 18.55  | 2.27 | 8.0 |
| S1 | Frijol | b11 | D | 3.0  | 1  | 5.43   | 0.83 | 4.5 |
| S1 | Frijol | b12 | A | 7.0  | 3  | 55.54  | 3.94 | 6.3 |

#### Anexo 4. Datos registrados durante la cosecha del sustrato S2

| Sustrato | Insumo | Bolsa | N° de primordios | Altura (cm) | N° de carpóforos | Rendimiento (g) | Materia seca (g) | Diámetro (cm) |
|----------|--------|-------|------------------|-------------|------------------|-----------------|------------------|---------------|
| S2       | Arveja | b01   | A                | 10.0        | 6                | 84.44           | 5.80             | 4.70          |
| S2       | Arveja | b01   | B                | 6.5         | 2                | 37.30           | 3.27             | 6.75          |
| S2       | Arveja | b01   | C                | 7.0         | 2                | 18.65           | 1.99             | 5.00          |
| S2       | Arveja | b01   | D                | 4.5         | 1                | 16.91           | 1.70             | 7.50          |
| S2       | Arveja | b01   | E                | 1.5         | 1                | 5.46            | 0.56             | 4.50          |
| S2       | Arveja | b01   | F                | 7.0         | 8                | 86.37           | 6.63             | 4.93          |
| S2       | Arveja | b01   | G                | 3.0         | 1                | 10.26           | 0.98             | 3.75          |
| S2       | Arveja | b01   | H                | 3.0         | 1                | 4.87            | 0.55             | 4.50          |
| S2       | Arveja | b01   | I                | 3.0         | 1                | 3.20            | 0.38             | 4.50          |
| S2       | Arveja | b01   | J                | 7.6         | 2                | 40.25           | 2.68             | 6.75          |
| S2       | Arveja | b01   | K                | 3.0         | 2                | 8.46            | 0.25             | 2.75          |
| S2       | Arveja | b02   | A                | 6.5         | 24               | 90.76           | 15.44            | 4.10          |
| S2       | Arveja | b02   | B                | 12.0        | 5                | 79.04           | 6.34             | 6.50          |
| S2       | Arveja | b02   | C                | 3.0         | 1                | 9.65            | 1.11             | 6.00          |
| S2       | Arveja | b02   | D                | 3.5         | 1                | 11.47           | 1.72             | 3.50          |
| S2       | Arveja | b02   | E                | 8.0         | 5                | 26.24           | 2.19             | 4.83          |
| S2       | Arveja | b02   | F                | 8.5         | 10               | 37.35           | 2.42             | 4.00          |
| S2       | Arveja | b02   | G                | 5.6         | 3                | 10.26           | 0.88             | 4.50          |
| S2       | Arveja | b02   | H                | 7.0         | 2                | 14.11           | 2.12             | 5.00          |
| S2       | Arveja | b02   | I                | 4.0         | 1                | 3.74            | 0.72             | 5.00          |
| S2       | Arveja | b02   | J                | 12.0        | 1                | 62.21           | 5.30             | 4.00          |
| S2       | Arveja | b03   | A                | 11.5        | 15               | 116.01          | 8.61             | 4.30          |
| S2       | Arveja | b03   | B                | 11.0        | 12               | 62.43           | 7.08             | 3.43          |
| S2       | Arveja | b03   | C                | 10.0        | 16               | 58.65           | 6.27             | 3.06          |
| S2       | Arveja | b03   | D                | 10.0        | 6                | 77.09           | 5.56             | 5.50          |
| S2       | Arveja | b03   | E                | 4.0         | 2                | 6.77            | 0.73             | 3.50          |
| S2       | Arveja | b03   | F                | 5.0         | 3                | 18.34           | 1.61             | 3.50          |
| S2       | Arveja | b03   | H                | 10.5        | 1                | 27.92           | 3.06             | 9.00          |
| S2       | Arveja | b03   | I                | 10.0        | 5                | 25.27           | 2.41             | 4.67          |
| S2       | Arveja | b03   | G                | 4.0         | 2                | 18.41           | 1.78             | 5.50          |
| S2       | Arveja | b04   | A                | 10.0        | 9                | 142.97          | 12.99            | 5.20          |
| S2       | Arveja | b04   | B                | 5.0         | 1                | 11.50           | 1.27             | 5.00          |
| S2       | Arveja | b04   | C                | 7.0         | 3                | 22.37           | 1.77             | 4.50          |
| S2       | Arveja | b04   | D                | 8.0         | 5                | 39.77           | 1.58             | 4.20          |
| S2       | Arveja | b04   | E                | 5.0         | 6                | 37.97           | 3.78             | 5.00          |
| S2       | Arveja | b04   | F                | 2.0         | 1                | 4.46            | 0.52             | 5.00          |
| S2       | Arveja | b04   | G                | 6.0         | 2                | 7.22            | 1.29             | 9.50          |
| S2       | Arveja | b04   | H                | 3.4         | 1                | 1.20            | 0.30             | 2.70          |
| S2       | Arveja | b04   | I                | 8.0         | 5                | 35.20           | 3.25             | 4.75          |
| S2       | Arveja | b04   | J                | 7.0         | 6                | 31.29           | 3.51             | 4.50          |
| S2       | Arveja | b04   | K                | 5.5         | 3                | 6.36            | 0.84             | 3.75          |
| S2       | Arveja | b04   | L                | 7.0         | 3                | 12.82           | 1.54             | 4.75          |
| S2       | Arveja | b04   | M                | 5.0         | 1                | 3.02            | 0.42             | 3.50          |
| S2       | Arveja | b05   | A                | 7.5         | 38               | 152.01          | 10.49            | 4.00          |
| S2       | Arveja | b05   | B                | 5.0         | 3                | 8.98            | 0.91             | 3.25          |
| S2       | Arveja | b05   | C                | 6.5         | 2                | 28.93           | 2.44             | 5.50          |
| S2       | Arveja | b05   | D                | 5.5         | 3                | 17.25           | 1.59             | 4.00          |
| S2       | Arveja | b05   | E                | 6.0         | 3                | 16.50           | 1.56             | 3.50          |
| S2       | Arveja | b05   | F                | 4.5         | 3                | 20.28           | 1.79             | 3.83          |
| S2       | Arveja | b05   | G                | 2.0         | 5                | 22.67           | 2.41             | 3.67          |
| S2       | Arveja | b05   | H                | 1.0         | 3                | 25.40           | 1.97             | 5.17          |
| S2       | Arveja | b05   | I                | 2.0         | 2                | 9.35            | 1.98             | 4.00          |
| S2       | Arveja | b06   | A                | 7.0         | 2                | 6.78            | 0.66             | 4.25          |
| S2       | Arveja | b06   | B                | 10.0        | 29               | 219.13          | 16.30            | 3.83          |
| S2       | Arveja | b06   | C                | 7.0         | 5                | 28.04           | 2.43             | 3.88          |
| S2       | Arveja | b06   | D                | 8.5         | 7                | 60.10           | 5.00             | 5.36          |
| S2       | Arveja | b07   | A                | 8.0         | 38               | 144.12          | 11.01            | 3.33          |

|    |        |     |   |      |    |        |       |       |
|----|--------|-----|---|------|----|--------|-------|-------|
| S2 | Arveja | b07 | B | 6.0  | 6  | 13.80  | 1.33  | 3.50  |
| S2 | Arveja | b07 | C | 7.0  | 3  | 29.07  | 2.48  | 3.50  |
| S2 | Arveja | b07 | D | 5.0  | 1  | 1.54   | 0.32  | 0.50  |
| S2 | Arveja | b07 | E | 8.0  | 6  | 46.15  | 3.24  | 3.88  |
| S2 | Arveja | b07 | F | 5.0  | 1  | 17.30  | 2.05  | 6.00  |
| S2 | Arveja | b08 | A | 10.0 | 10 | 87.34  | 5.13  | 5.50  |
| S2 | Arveja | b08 | B | 8.0  | 2  | 30.88  | 2.00  | 6.75  |
| S2 | Arveja | b08 | C | 5.5  | 1  | 3.36   | 0.40  | 4.50  |
| S2 | Arveja | b08 | D | 12.0 | 1  | 9.83   | 0.85  | 6.00  |
| S2 | Arveja | b08 | E | 11.0 | 5  | 62.66  | 7.51  | 6.08  |
| S2 | Arveja | b08 | F | 6.5  | 5  | 63.27  | 7.14  | 6.33  |
| S2 | Arveja | b08 | G | 7.5  | 2  | 17.95  | 1.34  | 6.40  |
| S2 | Arveja | b08 | H | 3.0  | 4  | 30.71  | 2.62  | 4.80  |
| S2 | Arveja | b08 | I | 3.5  | 1  | 9.62   | 1.40  | 5.00  |
| S2 | Arveja | b08 | J | 3.0  | 1  | 10.37  | 0.83  | 5.00  |
| S2 | Arveja | b08 | K | 3.0  | 1  | 18.92  | 1.55  | 7.00  |
| S2 | Arveja | b08 | L | 1.0  | 1  | 4.90   | 0.55  | 4.50  |
| S2 | Arveja | b08 | M | 3.0  | 1  | 17.30  | 1.58  | 7.50  |
| S2 | Arveja | b08 | N | 4.5  | 2  | 24.68  | 2.12  | 5.75  |
| S2 | Arveja | b08 | O | 5.6  | 2  | 11.42  | 1.40  | 3.60  |
| S2 | Arveja | b08 | P | 4.5  | 2  | 6.29   | 0.70  | 3.25  |
| S2 | Arveja | b09 | A | 5.5  | 2  | 17.83  | 1.21  | 4.75  |
| S2 | Arveja | b09 | B | 6.0  | 6  | 42.57  | 3.00  | 3.88  |
| S2 | Arveja | b09 | C | 4.0  | 7  | 60.41  | 2.70  | 4.47  |
| S2 | Arveja | b09 | D | 4.5  | 9  | 27.06  | 1.52  | 4.83  |
| S2 | Arveja | b09 | E | 3.5  | 3  | 19.71  | 0.88  | 4.00  |
| S2 | Arveja | b09 | F | 4.0  | 2  | 15.92  | 1.35  | 5.25  |
| S2 | Arveja | b09 | G | 5.5  | 3  | 40.42  | 2.94  | 6.50  |
| S2 | Arveja | b09 | H | 6.5  | 1  | 13.52  | 0.14  | 4.00  |
| S2 | Arveja | b09 | I | 10.0 | 1  | 56.28  | 6.00  | 12.00 |
| S2 | Arveja | b10 | A | 10.0 | 21 | 142.45 | 12.36 | 4.05  |
| S2 | Arveja | b10 | B | 9.0  | 12 | 72.57  | 5.68  | 4.50  |
| S2 | Arveja | b10 | C | 7.0  | 8  | 56.12  | 5.01  | 4.40  |
| S2 | Arveja | b10 | D | 6.0  | 7  | 39.03  | 3.64  | 3.88  |
| S2 | Arveja | b10 | E | 8.4  | 5  | 18.71  | 2.05  | 4.17  |
| S2 | Arveja | b10 | F | 10.0 | 10 | 69.39  | 5.95  | 5.90  |
| S2 | Arveja | b11 | A | 5.5  | 4  | 42.80  | 3.25  | 4.67  |
| S2 | Arveja | b11 | B | 3.0  | 2  | 16.94  | 1.58  | 5.50  |
| S2 | Arveja | b11 | C | 3.0  | 4  | 45.18  | 0.92  | 6.00  |
| S2 | Arveja | b11 | D | 3.0  | 2  | 22.20  | 1.16  | 5.85  |
| S2 | Arveja | b11 | E | 1.0  | 1  | 7.54   | 0.55  | 6.00  |
| S2 | Arveja | b11 | F | 1.5  | 1  | 4.42   | 0.50  | 4.00  |
| S2 | Arveja | b11 | G | 4.0  | 3  | 10.26  | 1.01  | 3.50  |
| S2 | Arveja | b11 | H | 8.0  | 3  | 31.66  | 2.01  | 5.67  |
| S2 | Arveja | b11 | I | 2.0  | 1  | 8.68   | 0.49  | 4.50  |
| S2 | Arveja | b11 | J | 1.5  | 1  | 3.95   | 0.36  | 4.00  |
| S2 | Arveja | b11 | K | 4.0  | 1  | 12.84  | 1.28  | 8.00  |
| S2 | Arveja | b11 | L | 4.0  | 2  | 32.06  | 0.29  | 8.25  |
| S2 | Arveja | b11 | M | 4.0  | 1  | 6.27   | 0.95  | 3.50  |
| S2 | Arveja | b12 | A | 7.0  | 3  | 56.27  | 3.79  | 6.50  |
| S2 | Arveja | b12 | B | 5.5  | 4  | 36.62  | 2.72  | 4.70  |
| S2 | Arveja | b12 | C | 1.0  | 2  | 9.34   | 0.94  | 4.25  |
| S2 | Arveja | b12 | D | 6.5  | 8  | 68.37  | 4.87  | 5.00  |
| S2 | Arveja | b12 | E | 4.0  | 2  | 17.53  | 1.01  | 6.50  |
| S2 | Arveja | b12 | F | 3.0  | 7  | 54.77  | 3.77  | 4.83  |
| S2 | Arveja | b12 | G | 4.0  | 4  | 32.76  | 2.24  | 4.80  |
| S2 | Arveja | b12 | H | 3.0  | 3  | 13.37  | 1.02  | 3.00  |
| S2 | Arveja | b12 | I | 1.5  | 1  | 1.87   | 0.32  | 2.00  |
| S2 | Arveja | b12 | E | 9.1  | 1  | 21.37  | 1.51  | 8.50  |
| S2 | Arveja | b12 | J | 7.1  | 2  | 15.51  | 1.03  | 5.05  |
| S2 | Arveja | b12 | K | 4.0  | 2  | 14.64  | 1.57  | 5.25  |
| S2 | Arveja | b12 | L | 10.0 | 1  | 59.10  | 4.46  | 9.00  |

### Anexo 5. Datos registrados durante la cosecha del sustrato S3

| Sustrato | Insumo | Bolsa | Puntos de primordios | Altura (cm) | N° de carpóforos | Rendimiento (g) | Materia seca (g) | Diámetro (cm) |
|----------|--------|-------|----------------------|-------------|------------------|-----------------|------------------|---------------|
| S3       | Paja   | b01   | A                    | 8.5         | 41               | 150.90          | 12.28            | 3.36          |
| S3       | Paja   | b01   | B                    | 4.5         | 7                | 12.57           | 1.58             | 2.68          |
| S3       | Paja   | b01   | C                    | 3.0         | 1                | 5.23            | 0.62             | 5.50          |
| S3       | Paja   | b01   | D                    | 6.5         | 4                | 31.16           | 2.35             | 5.00          |
| S3       | Paja   | b01   | E                    | 4.5         | 1                | 9.99            | 1.56             | 6.00          |
| S3       | Paja   | b01   | F                    | 5.0         | 9                | 40.22           | 2.85             | 2.75          |
| S3       | Paja   | b02   | A                    | 3.5         | 3                | 34.48           | 3.03             | 6.00          |
| S3       | Paja   | b02   | B                    | 2.5         | 1                | 5.56            | 0.63             | 5.50          |
| S3       | Paja   | b02   | C                    | 3.5         | 3                | 3.11            | 0.40             | 3.00          |
| S3       | Paja   | b02   | D                    | 11.5        | 4                | 61.35           | 3.57             | 7.33          |
| S3       | Paja   | b02   | E                    | 9.0         | 2                | 27.66           | 4.04             | 6.50          |
| S3       | Paja   | b02   | F                    | 10.0        | 1                | 83.62           | 5.98             | 13.00         |
| S3       | Paja   | b03   | A                    | 7.0         | 1                | 3.71            | 0.53             | 6.00          |
| S3       | Paja   | b03   | B                    | 10.0        | 6                | 39.78           | 4.54             | 4.00          |
| S3       | Paja   | b03   | C                    | 7.0         | 3                | 19.56           | 1.79             | 3.50          |
| S3       | Paja   | b03   | D                    | 11.0        | 13               | 102.53          | 7.84             | 4.79          |
| S3       | Paja   | b03   | E                    | 5.0         | 3                | 19.32           | 1.91             | 4.00          |
| S3       | Paja   | b03   | F                    | 4.0         | 1                | 4.36            | 0.40             | 3.50          |
| S3       | Paja   | b03   | G                    | 4.0         | 2                | 5.98            | 0.60             | 2.75          |
| S3       | Paja   | b03   | H                    | 5.0         | 1                | 5.95            | 0.44             | 4.00          |
| S3       | Paja   | b03   | I                    | 4.5         | 4                | 21.43           | 1.74             | 3.50          |
| S3       | Paja   | b03   | J                    | 3.0         | 1                | 2.75            | 0.60             | 3.50          |
| S3       | Paja   | b03   | K                    | 4.0         | 5                | 17.71           | 1.89             | 3.13          |
| S3       | Paja   | b03   | L                    | 2.5         | 3                | 5.62            | 0.74             | 2.17          |
| S3       | Paja   | b03   | M                    | 3.0         | 1                | 4.47            | 0.69             | 5.00          |
| S3       | Paja   | b03   | P                    | 1.0         | 2                | 6.62            | 0.93             | 1.50          |
| S3       | Paja   | b03   | N                    | 3.0         | 6                | 27.73           | 3.11             | 3.60          |
| S3       | Paja   | b03   | O                    | 4.0         | 3                | 9.82            | 1.07             | 3.17          |
| S3       | Paja   | b04   | A                    | 9.5         | 4                | 47.18           | 3.47             | 5.25          |
| S3       | Paja   | b04   | B                    | 8.0         | 15               | 102.50          | 6.25             | 3.70          |
| S3       | Paja   | b04   | C                    | 5.0         | 3                | 10.09           | 0.81             | 2.83          |
| S3       | Paja   | b04   | D                    | 5.0         | 5                | 24.48           | 1.52             | 3.30          |
| S3       | Paja   | b04   | E                    | 2.0         | 2                | 11.67           | 2.23             | 4.00          |
| S3       | Paja   | b04   | F                    | 3.0         | 7                | 33.13           | 2.76             | 4.00          |
| S3       | Paja   | b04   | G                    | 2.0         | 2                | 12.13           | 1.16             | 4.00          |
| S3       | Paja   | b05   | A                    | 7.0         | 20               | 85.87           | 7.14             | 3.52          |
| S3       | Paja   | b05   | B                    | 10.0        | 2                | 7.72            | 1.23             | 2.40          |
| S3       | Paja   | b05   | C                    | 7.0         | 3                | 48.40           | 3.01             | 7.50          |
| S3       | Paja   | b05   | D                    | 9.0         | 5                | 48.97           | 4.37             | 5.00          |
| S3       | Paja   | b05   | E                    | 6.5         | 10               | 28.93           | 2.41             | 3.00          |
| S3       | Paja   | b05   | F                    | 14.0        | 1                | 67.78           | 6.36             | 10.00         |
| S3       | Paja   | b06   | A                    | 4.0         | 8                | 143.88          | 2.76             | 2.83          |
| S3       | Paja   | b06   | B                    | 2.0         | 3                | 9.68            | 0.85             | 4.67          |
| S3       | Paja   | b06   | C                    | 2.0         | 4                | 121.30          | 5.71             | 7.00          |
| S3       | Paja   | b06   | D                    | 5.0         | 4                | 25.58           | 1.90             | 3.67          |
| S3       | Paja   | b06   | E                    | 1.0         | 1                | 13.21           | 1.14             | 6.00          |
| S3       | Paja   | b06   | F                    | 6.5         | 1                | 17.36           | 1.66             | 8.50          |
| S3       | Paja   | b06   | G                    | 9.0         | 1                | 26.75           | 2.30             | 10.00         |
| S3       | Paja   | b06   | H                    | 7.5         | 1                | 13.73           | 0.90             | 8.00          |
| S3       | Paja   | b06   | I                    | 6.0         | 1                | 26.75           | 1.21             | 10.00         |
| S3       | Paja   | b06   | J                    | 8.0         | 2                | 37.64           | 2.16             | 8.75          |
| S3       | Paja   | b07   | A                    | 12.5        | 9                | 78.28           | 5.83             | 3.60          |
| S3       | Paja   | b07   | B                    | 10.0        | 8                | 45.74           | 4.23             | 3.17          |

|    |      |     |   |      |    |        |       |       |
|----|------|-----|---|------|----|--------|-------|-------|
| S3 | Paja | b07 | C | 8.5  | 11 | 46.41  | 4.26  | 2.75  |
| S3 | Paja | b07 | D | 4.0  | 4  | 28.37  | 2.38  | 4.50  |
| S3 | Paja | b07 | E | 3.0  | 5  | 8.72   | 2.11  | 1.63  |
| S3 | Paja | b07 | F | 3.0  | 2  | 9.18   | 1.03  | 3.75  |
| S3 | Paja | b07 | G | 2.0  | 2  | 3.85   | 0.42  | 5.00  |
| S3 | Paja | b07 | H | 4.0  | 6  | 33.94  | 3.20  | 4.25  |
| S3 | Paja | b07 | I | 4.0  | 5  | 21.54  | 0.87  | 3.00  |
| S3 | Paja | b07 | J | 2.0  | 1  | 3.18   | 0.37  | 3.00  |
| S3 | Paja | b07 | K | 5.0  | 4  | 13.01  | 1.63  | 2.38  |
| S3 | Paja | b07 | L | 8.0  | 1  | 26.66  | 2.36  | 4.00  |
| S3 | Paja | b08 | A | 5.0  | 1  | 27.04  | 4.17  | 6.40  |
| S3 | Paja | b08 | B | 8.2  | 1  | 15.94  | 1.29  | 5.00  |
| S3 | Paja | b08 | C | 10.0 | 14 | 142.96 | 8.37  | 5.25  |
| S3 | Paja | b08 | D | 11.0 | 3  | 71.54  | 5.60  | 7.00  |
| S3 | Paja | b08 | F | 1.0  | 1  | 5.18   | 0.48  | 4.00  |
| S3 | Paja | b08 | G | 8.0  | 1  | 23.31  | 7.02  | 4.00  |
| S3 | Paja | b08 | E | 1.5  | 1  | 3.43   | 0.64  | 5.00  |
| S3 | Paja | b09 | A | 10.0 | 34 | 174.75 | 11.84 | 4.24  |
| S3 | Paja | b09 | A | 6.0  | 4  | 35.21  | 2.64  | 4.75  |
| S3 | Paja | b09 | B | 7.0  | 6  | 35.15  | 2.63  | 4.50  |
| S3 | Paja | b09 | C | 10.7 | 3  | 22.89  | 1.78  | 5.00  |
| S3 | Paja | b09 | D | 8.3  | 2  | 10.61  | 0.85  | 5.33  |
| S3 | Paja | b09 | E | 6.0  | 2  | 9.70   | 1.05  | 3.50  |
| S3 | Paja | b09 | F | 8.0  | 4  | 14.85  | 1.15  | 2.88  |
| b3 | Paja | b09 | G | 7.0  | 2  | 6.45   | 0.69  | 2.25  |
| S3 | Paja | b09 | H | 8.0  | 1  | 9.47   | 0.87  | 6.00  |
| S3 | Paja | b09 | I | 5.8  | 4  | 12.34  | 1.45  | 3.50  |
| S3 | Paja | b09 | J | 13.0 | 1  | 19.05  | 1.83  | 9.00  |
| S3 | Paja | b09 | K | 8.5  | 1  | 10.28  | 1.20  | 6.00  |
| S3 | Paja | b10 | A | 7.5  | 10 | 78.80  | 6.36  | 4.81  |
| S3 | Paja | b10 | B | 10.0 | 6  | 19.25  | 1.41  | 4.50  |
| S3 | Paja | b10 | C | 5.0  | 4  | 17.11  | 1.36  | 4.00  |
| S3 | Paja | b10 | D | 4.0  | 2  | 5.23   | 0.54  | 3.50  |
| S3 | Paja | b10 | E | 4.0  | 3  | 7.45   | 0.70  | 4.25  |
| S3 | Paja | b10 | F | 3.0  | 3  | 6.62   | 0.58  | 3.33  |
| S3 | Paja | b10 | G | 3.5  | 2  | 5.26   | 0.43  | 4.50  |
| S3 | Paja | b10 | H | 7.0  | 5  | 30.65  | 2.63  | 4.25  |
| S3 | Paja | b10 | I | 3.9  | 1  | 2.06   | 0.24  | 2.80  |
| S3 | Paja | b10 | J | 11.0 | 3  | 21.12  | 1.90  | 5.00  |
| S3 | Paja | b10 | K | 4.5  | 2  | 6.06   | 0.63  | 3.75  |
| S3 | Paja | b10 | L | 6.5  | 2  | 7.38   | 0.73  | 3.65  |
| S3 | Paja | b10 | M | 4.5  | 1  | 1.05   | 0.19  | 3.30  |
| S3 | Paja | b10 | N | 7.5  | 2  | 23.59  | 2.15  | 8.50  |
| S3 | Paja | b11 | A | 8.0  | 6  | 46.05  | 4.00  | 4.60  |
| S3 | Paja | b11 | B | 10.0 | 2  | 71.64  | 6.02  | 8.50  |
| S3 | Paja | b11 | C | 3.0  | 1  | 3.36   | 0.59  | 3.90  |
| S3 | Paja | b11 | D | 1.5  | 1  | 3.90   | 0.55  | 5.00  |
| S3 | Paja | b11 | E | 4.0  | 3  | 36.30  | 2.65  | 6.00  |
| S3 | Paja | b11 | F | 2.0  | 1  | 3.99   | 0.45  | 4.00  |
| S3 | Paja | b11 | G | 9.0  | 1  | 30.46  | 2.44  | 11.00 |
| S3 | Paja | b11 | H | 2.0  | 1  | 4.24   | 0.40  | 4.00  |
| S3 | Paja | b12 | A | 7.0  | 13 | 69.85  | 5.27  | 2.99  |
| S3 | Paja | b12 | B | 7.0  | 6  | 38.98  | 3.80  | 4.13  |
| S3 | Paja | b12 | C | 9.0  | 3  | 25.11  | 2.05  | 4.50  |
| S3 | Paja | b12 | D | 6.5  | 3  | 20.37  | 2.66  | 3.83  |
| S3 | Paja | b12 | E | 8.0  | 4  | 18.26  | 1.93  | 3.88  |
| S3 | Paja | b12 | F | 8.0  | 10 | 52.20  | 4.49  | 3.83  |
| S3 | Paja | b12 | G | 8.0  | 2  | 5.46   | 1.26  | 3.75  |

## Anexo 6. Datos registrados durante la cosecha del sustrato S4

| Sustrato | Insumo  | Bolsa | Puntos de primordios | Altura (cm) | N° de carpóforos | Rendimiento (g) | Materia seca (g) | Diámetro (cm) |
|----------|---------|-------|----------------------|-------------|------------------|-----------------|------------------|---------------|
| S4       | Aserrín | b01   | D                    | 5.0         | 10               | 46.30           | 4.05             | 3.75          |
| S4       | Aserrín | b01   | E                    | 3.0         | 2                | 6.28            | 0.74             | 2.50          |
| S4       | Aserrín | b01   | F                    | 3.5         | 7                | 34.36           | 2.53             | 3.50          |
| S4       | Aserrín | b01   | A                    | 8.0         | 9                | 59.47           | 4.29             | 8.88          |
| S4       | Aserrín | b01   | B                    | 7.5         | 2                | 18.65           | 1.94             | 5.75          |
| S4       | Aserrín | b01   | C                    | 3.5         | 4                | 22.59           | 2.12             | 3.88          |
| S4       | Aserrín | b02   | C                    | 4.0         | 5                | 27.53           | 1.57             | 3.50          |
| S4       | Aserrín | b02   | D                    | 3.5         | 2                | 15.30           | 1.04             | 3.33          |
| S4       | Aserrín | b02   | E                    | 4.5         | 3                | 25.40           | 1.95             | 4.50          |
| S4       | Aserrín | b02   | F                    | 2.5         | 1                | 1.94            | 0.32             | 4.00          |
| S4       | Aserrín | b02   | G                    | 1.0         | 1                | 0.84            | 0.21             | 3.50          |
| S4       | Aserrín | b02   | H                    | 1.5         | 2                | 7.48            | 1.03             | 3.50          |
| S4       | Aserrín | b02   | I                    | 3.0         | 3                | 7.08            | 1.00             | 4.25          |
| S4       | Aserrín | b02   | A                    | 6.5         | 3                | 49.24           | 2.87             | 3.50          |
| S4       | Aserrín | b02   | B                    | 5.0         | 1                | 17.42           | 1.35             | 1.00          |
| S4       | Aserrín | b02   | J                    | 2.0         | 3                | 36.36           | 2.62             | 7.00          |
| S4       | Aserrín | b03   | C                    | 4.5         | 3                | 16.49           | 1.69             | 5.50          |
| S4       | Aserrín | b03   | D                    | 6.5         | 2                | 18.31           | 1.50             | 5.50          |
| S4       | Aserrín | b03   | E                    | 6.0         | 13               | 73.43           | 5.15             | 3.67          |
| S4       | Aserrín | b03   | F                    | 3.5         | 2                | 2.21            | 0.21             | 3.50          |
| S4       | Aserrín | b03   | G                    | 6.5         | 2                | 14.77           | 1.22             | 4.75          |
| S4       | Aserrín | b03   | H                    | 3.0         | 2                | 4.91            | 0.67             | 1.75          |
| S4       | Aserrín | b03   | A                    | 9.0         | 6                | 47.18           | 3.53             | 6.00          |
| S4       | Aserrín | b03   | I                    | 6.0         | 2                | 8.55            | 1.16             | 5.00          |
| S4       | Aserrín | b03   | J                    | 7.0         | 1                | 5.79            | 0.72             | 9.00          |
| S4       | Aserrín | b03   | B                    | 4.5         | 20               | 109.71          | 9.76             | 3.75          |
| S4       | Aserrín | b04   | E                    | 5.0         | 6                | 39.56           | 3.36             | 5.38          |
| S4       | Aserrín | b04   | F                    | 3.0         | 2                | 9.89            | 0.52             | 4.00          |
| S4       | Aserrín | b04   | G                    | 3.5         | 5                | 19.05           | 1.42             | 5.13          |
| S4       | Aserrín | b04   | H                    | 5.0         | 1                | 7.95            | 0.84             | 4.00          |
| S4       | Aserrín | b04   | I                    | 3.0         | 1                | 12.21           | 0.88             | 3.00          |
| S4       | Aserrín | b04   | A                    | 8.0         | 2                | 33.44           | 1.35             | 4.50          |
| S4       | Aserrín | b04   | B                    | 7.0         | 2                | 14.02           | 1.31             | 4.35          |
| S4       | Aserrín | b04   | C                    | 10.0        | 2                | 13.12           | 3.22             | 7.50          |
| S4       | Aserrín | b04   | D                    | 5.0         | 2                | 27.90           | 3.95             | 4.00          |
| S4       | Aserrín | b04   | J                    | 7.0         | 1                | 7.85            | 0.85             | 3.00          |
| S4       | Aserrín | b04   | K                    | 7.0         | 3                | 14.57           | 1.52             | 4.33          |
| S4       | Aserrín | b04   | L                    | 7.0         | 3                | 17.18           | 2.05             | 5.17          |
| S4       | Aserrín | b05   | D                    | 3.5         | 2                | 22.99           | 1.88             | 5.00          |
| S4       | Aserrín | b05   | A                    | 6.0         | 5                | 29.79           | 2.77             | 3.88          |
| S4       | Aserrín | b05   | B                    | 5.5         | 2                | 12.91           | 1.34             | 2.25          |
| S4       | Aserrín | b05   | C                    | 6.0         | 8                | 47.88           | 2.82             | 4.60          |
| S4       | Aserrín | b06   | E                    | 3.0         | 4                | 32.56           | 1.81             | 4.00          |
| S4       | Aserrín | b06   | F                    | 3.5         | 4                | 69.12           | 3.71             | 5.13          |

|    |         |     |   |      |    |        |       |       |
|----|---------|-----|---|------|----|--------|-------|-------|
| S4 | Aserrín | b06 | A | 6.5  | 1  | 23.69  | 2.00  | 1.50  |
| S4 | Aserrín | b06 | B | 6.5  | 6  | 52.92  | 3.66  | 5.23  |
| S4 | Aserrín | b06 | C | 3.0  | 2  | 18.48  | 1.31  | 3.50  |
| S4 | Aserrín | b06 | D | 3.5  | 2  | 9.13   | 1.59  | 10.50 |
| S4 | Aserrín | b06 | G | 12.0 | 1  | 49.60  | 4.74  | 6.36  |
| S4 | Aserrín | b07 | A | 8.0  | 6  | 101.59 | 13.57 | 6.33  |
| S4 | Aserrín | b07 | B | 6.0  | 2  | 19.14  | 4.12  | 3.25  |
| S4 | Aserrín | b07 | C | 5.0  | 1  | 10.77  | 0.91  | 2.00  |
| S4 | Aserrín | b07 | D | 1.0  | 1  | 2.71   | 0.36  | 1.00  |
| S4 | Aserrín | b07 | E | 7.0  | 1  | 15.22  | 1.55  | 3.50  |
| S4 | Aserrín | b08 | B | 6.5  | 7  | 37.35  | 3.08  | 4.90  |
| S4 | Aserrín | b08 | C | 3.5  | 1  | 38.29  | 2.47  | 7.00  |
| S4 | Aserrín | b08 | A | 5.5  | 15 | 57.83  | 4.35  | 4.86  |
| S4 | Aserrín | b08 | D | 7.0  | 4  | 15.78  | 1.27  | 4.13  |
| S4 | Aserrín | b08 | E | 8.0  | 2  | 5.32   | 0.56  | 5.75  |
| S4 | Aserrín | b08 | F | 11.0 | 2  | 23.69  | 2.08  | 3.25  |
| S4 | Aserrín | b08 | G | 6.0  | 4  | 14.87  | 1.53  | 3.50  |
| S4 | Aserrín | b09 | C | 4.0  | 2  | 32.18  | 1.65  | 4.50  |
| S4 | Aserrín | b09 | D | 2.5  | 3  | 22.18  | 1.27  | 9.50  |
| S4 | Aserrín | b09 | E | 3.0  | 5  | 15.09  | 0.78  | 6.25  |
| S4 | Aserrín | b09 | A | 6.0  | 2  | 71.70  | 5.05  | 2.60  |
| S4 | Aserrín | b09 | B | 5.0  | 2  | 34.50  | 2.95  | 3.60  |
| S4 | Aserrín | b10 | D | 4.0  | 4  | 36.05  | 1.87  | 4.50  |
| S4 | Aserrín | b10 | E | 4.0  | 2  | 41.89  | 2.08  | 3.75  |
| S4 | Aserrín | b10 | F | 1.5  | 1  | 4.66   | 0.19  | 4.00  |
| S4 | Aserrín | b10 | G | 3.0  | 2  | 20.21  | 1.96  | 4.00  |
| S4 | Aserrín | b10 | H | 3.0  | 3  | 17.53  | 1.05  | 5.50  |
| S4 | Aserrín | b10 | A | 5.0  | 6  | 46.70  | 2.44  | 4.75  |
| S4 | Aserrín | b10 | B | 3.0  | 5  | 28.22  | 1.77  | 4.64  |
| S4 | Aserrín | b10 | C | 3.5  | 1  | 4.56   | 0.52  | 6.50  |
| S4 | Aserrín | b11 | B | 6.0  | 3  | 65.14  | 3.79  | 3.67  |
| S4 | Aserrín | b11 | A | 13.0 | 1  | 66.66  | 8.11  | 10.00 |
| S4 | Aserrín | b11 | C | 4.0  | 6  | 85.74  | 4.72  | 5.00  |
| S4 | Aserrín | b12 | D | 5.0  | 3  | 20.28  | 1.80  | 4.00  |
| S4 | Aserrín | b12 | E | 5.5  | 3  | 17.41  | 1.25  | 5.50  |
| S4 | Aserrín | b12 | F | 6.0  | 4  | 38.00  | 2.67  | 7.00  |
| S4 | Aserrín | b12 | A | 8.0  | 8  | 55.34  | 3.69  | 3.10  |
| S4 | Aserrín | b12 | B | 5.0  | 4  | 9.82   | 1.73  | 5.50  |
| S4 | Aserrín | b12 | C | 3.0  | 3  | 8.72   | 0.85  | 7.00  |

**Anexo 7.** Datos de los promedios de las variables número de primordios, número de sombreros por primordio, diámetro de sombreros y peso fresco para el Sustrato (S1)

| Sustrato | Insumo | Bolsa | N° de primordios | Altura (cm) | N° de carpóforos | Rendimiento (g) | Materia seca (g) | Diámetro (cm) |
|----------|--------|-------|------------------|-------------|------------------|-----------------|------------------|---------------|
| S1       | Frijol | b01   | 7                | 7.6         | 76               | 264.67          | 25.23            | 5.2           |
| S1       | Frijol | b02   | 5                | 8.9         | 18               | 216.44          | 23.26            | 5.3           |
| S1       | Frijol | b03   | 13               | 6.3         | 51               | 367.90          | 36.83            | 4.6           |
| S1       | Frijol | b04   | 5                | 7.6         | 15               | 252.07          | 25.49            | 7.8           |
| S1       | Frijol | b05   | 6                | 9.8         | 26               | 340.23          | 31.53            | 6.2           |
| S1       | Frijol | b06   | 7                | 6.2         | 23               | 247.22          | 17.04            | 5.9           |
| S1       | Frijol | b07   | 8                | 4.5         | 22               | 215.47          | 14.82            | 5.5           |
| S1       | Frijol | b08   | 12               | 11.5        | 45               | 328.32          | 30.09            | 4.8           |
| S1       | Frijol | b09   | 6                | 8.9         | 33               | 353.54          | 23.21            | 5.9           |
| S1       | Frijol | b10   | 6                | 8.1         | 36               | 226.43          | 21.23            | 4.5           |

**Anexo 8.** Datos de los promedios de las variables número de primordios, número de sombreros por primordio, diámetro de sombreros y peso fresco para el Sustrato (S2)

| Sustrato | Insumo | Bolsa | N° de primordios | Altura (cm) | N° de carpóforos | Rendimiento (g) | Materia seca (g) | Diámetro (cm) |
|----------|--------|-------|------------------|-------------|------------------|-----------------|------------------|---------------|
| S2       | Arveja | b01   | 11               | 5.10        | 27               | 316.17          | 24.79            | 5.06          |
| S2       | Arveja | b02   | 10               | 7.01        | 53               | 344.83          | 38.24            | 4.74          |
| S2       | Arveja | b03   | 9                | 8.44        | 62               | 410.89          | 37.11            | 4.72          |
| S2       | Arveja | b04   | 13               | 6.07        | 46               | 356.15          | 36.25            | 4.80          |
| S2       | Arveja | b05   | 9                | 4.44        | 62               | 301.37          | 25.14            | 4.10          |
| S2       | Arveja | b07   | 6                | 6.50        | 55               | 251.98          | 20.43            | 3.45          |
| S2       | Arveja | b08   | 16               | 5.73        | 41               | 409.50          | 37.12            | 5.50          |
| S2       | Arveja | b09   | 9                | 5.50        | 34               | 293.72          | 19.74            | 5.52          |
| S2       | Arveja | b10   | 6                | 8.40        | 63               | 398.27          | 34.69            | 4.48          |
| S2       | Arveja | b11   | 13               | 3.42        | 26               | 244.80          | 14.35            | 5.34          |
| S2       | Arveja | b12   | 13               | 5.05        | 40               | 401.52          | 29.25            | 5.34          |

**Anexo 9.** Datos de los promedios de las variables número de primordios, número de sombreros por primordio, diámetro de sombreros y peso fresco para el Sustrato (S3)

| Sustrato | Insumo | Bolsa | N° de primordios | Altura (cm) | N° de carpóforos | Rendimiento (g) | Materia seca (g) | Diámetro (cm) |
|----------|--------|-------|------------------|-------------|------------------|-----------------|------------------|---------------|
| S3       | Paja   | b01   | 6                | 5.3         | 63               | 250.07          | 21.24            | 4.21          |
| S3       | Paja   | b02   | 6                | 6.7         | 14               | 215.78          | 17.65            | 6.89          |
| S3       | Paja   | b03   | 16               | 4.9         | 55               | 297.34          | 28.82            | 3.63          |
| S3       | Paja   | b04   | 7                | 4.9         | 38               | 241.18          | 18.20            | 3.87          |
| S3       | Paja   | b05   | 6                | 8.9         | 41               | 287.67          | 24.52            | 5.24          |
| S3       | Paja   | b06   | 10               | 5.1         | 26               | 435.88          | 20.59            | 6.94          |
| S3       | Paja   | b07   | 12               | 5.5         | 58               | 318.88          | 28.69            | 3.42          |
| S3       | Paja   | b08   | 7                | 6.4         | 22               | 289.40          | 27.57            | 5.24          |
| S3       | Paja   | b09   | 12               | 8.2         | 64               | 360.75          | 27.98            | 4.75          |
| S3       | Paja   | b10   | 14               | 5.9         | 46               | 231.63          | 19.85            | 4.30          |
| S3       | Paja   | b11   | 8                | 4.9         | 16               | 199.94          | 17.10            | 5.88          |
| S3       | Paja   | b12   | 7                | 7.6         | 41               | 230.23          | 21.46            | 3.84          |

**Anexo 10.** Datos de los promedios de las variables número de primordios, número de sombreros por primordio, diámetro de sombreros y peso fresco para el Sustrato (S4)

| Sustrato | Insumo  | Bolsa | Nº de primordios | Altura (cm) | Nº de carpóforos | Rendimiento (g) | Materia seca (g) | Diámetro (cm) |
|----------|---------|-------|------------------|-------------|------------------|-----------------|------------------|---------------|
| S4       | Aserrín | b01   | 6                | 5.1         | 34               | 187.65          | 15.67            | 4.71          |
| S4       | Aserrín | b02   | 10               | 3.4         | 24               | 188.59          | 13.96            | 3.81          |
| S4       | Aserrín | b03   | 10               | 5.7         | 53               | 301.35          | 25.61            | 4.84          |
| S4       | Aserrín | b04   | 12               | 5.9         | 30               | 216.74          | 21.27            | 4.53          |
| S4       | Aserrín | b06   | 7                | 5.4         | 20               | 255.50          | 18.82            | 5.17          |
| S4       | Aserrín | b07   | 5                | 5.4         | 11               | 149.43          | 20.51            | 3.22          |
| S4       | Aserrín | b08   | 7                | 6.8         | 35               | 193.13          | 15.34            | 4.77          |
| S4       | Aserrín | b09   | 5                | 4.1         | 14               | 175.65          | 11.70            | 5.29          |
| S4       | Aserrín | b10   | 8                | 3.4         | 24               | 199.82          | 11.88            | 4.71          |
| S4       | Aserrín | b12   | 6                | 5.4         | 25               | 149.57          | 11.99            | 5.35          |

**Anexo 11.** Datos de los promedios de las variables número de primordios, número de sombreros por primordio, diámetro de sombrero y peso fresco de todos los Sustratos

| Sustrato            | Insumo  | Nº primordios | Altura (cm) | Diámetro (cm) | Nº de carpóforos | Materia seca (g) | Rendimiento (g) |
|---------------------|---------|---------------|-------------|---------------|------------------|------------------|-----------------|
| S1                  | Frijol  | 7             | 7.6         | 5.17          | 76               | 25.23            | 264.67          |
| S1                  | Frijol  | 5             | 8.9         | 5.28          | 18               | 23.26            | 216.44          |
| S1                  | Frijol  | 13            | 6.3         | 4.62          | 51               | 36.83            | 367.90          |
| S1                  | Frijol  | 5             | 7.6         | 7.77          | 15               | 25.49            | 252.07          |
| S1                  | Frijol  | 6             | 9.8         | 6.22          | 26               | 31.53            | 340.23          |
| S1                  | Frijol  | 7             | 6.2         | 5.89          | 23               | 17.04            | 247.22          |
| S1                  | Frijol  | 8             | 4.5         | 5.47          | 22               | 14.82            | 215.47          |
| S1                  | Frijol  | 12            | 11.5        | 4.84          | 45               | 30.09            | 328.32          |
| S1                  | Frijol  | 6             | 8.9         | 5.89          | 33               | 23.21            | 353.54          |
| S1                  | Frijol  | 6             | 8.1         | 4.48          | 36               | 21.23            | 226.43          |
| S2                  | Arveja  | 11            | 5.1         | 5.06          | 27               | 24.79            | 316.17          |
| S2                  | Arveja  | 10            | 7.0         | 4.74          | 53               | 38.24            | 344.83          |
| S2                  | Arveja  | 9             | 8.4         | 4.72          | 62               | 37.11            | 410.89          |
| S2                  | Arveja  | 13            | 6.1         | 4.80          | 46               | 36.25            | 356.15          |
| S2                  | Arveja  | 9             | 4.4         | 4.10          | 62               | 25.14            | 301.37          |
| S2                  | Arveja  | 6             | 6.5         | 3.45          | 55               | 20.43            | 251.98          |
| S2                  | Arveja  | 16            | 5.7         | 5.50          | 41               | 37.12            | 409.50          |
| S2                  | Arveja  | 9             | 5.5         | 5.52          | 34               | 19.74            | 293.72          |
| S2                  | Arveja  | 6             | 8.4         | 4.48          | 63               | 34.69            | 398.27          |
| S2                  | Arveja  | 13            | 3.4         | 5.34          | 26               | 14.35            | 244.80          |
| S2                  | Arveja  | 13            | 5.1         | 5.34          | 40               | 29.25            | 401.52          |
| S3                  | Paja    | 6             | 5.3         | 4.21          | 63               | 21.24            | 250.07          |
| S3                  | Paja    | 6             | 6.7         | 6.89          | 14               | 17.65            | 215.78          |
| S3                  | Paja    | 16            | 4.9         | 3.63          | 55               | 28.82            | 297.34          |
| S3                  | Paja    | 7             | 4.9         | 3.87          | 38               | 18.20            | 241.18          |
| S3                  | Paja    | 6             | 8.9         | 5.24          | 41               | 24.52            | 287.67          |
| S3                  | Paja    | 10            | 5.1         | 6.94          | 26               | 20.59            | 435.88          |
| S3                  | Paja    | 12            | 5.5         | 3.42          | 58               | 28.69            | 318.88          |
| S3                  | Paja    | 7             | 6.4         | 5.24          | 22               | 27.57            | 289.40          |
| S3                  | Paja    | 12            | 8.2         | 4.75          | 64               | 27.98            | 360.75          |
| S3                  | Paja    | 14            | 5.9         | 4.30          | 46               | 19.85            | 231.63          |
| S3                  | Paja    | 8             | 4.9         | 5.88          | 16               | 17.10            | 199.94          |
| S3                  | Paja    | 7             | 7.6         | 3.84          | 41               | 21.46            | 230.23          |
| S4                  | Aserrín | 6             | 5.1         | 4.71          | 34               | 15.67            | 187.65          |
| S4                  | Aserrín | 10            | 3.4         | 3.81          | 24               | 13.96            | 188.59          |
| S4                  | Aserrín | 10            | 5.7         | 4.84          | 53               | 25.61            | 301.35          |
| S4                  | Aserrín | 12            | 5.9         | 4.53          | 30               | 21.27            | 216.74          |
| S4                  | Aserrín | 7             | 5.4         | 5.17          | 20               | 18.82            | 255.50          |
| S4                  | Aserrín | 5             | 5.4         | 3.22          | 11               | 20.51            | 149.43          |
| S4                  | Aserrín | 7             | 6.8         | 4.77          | 35               | 15.34            | 193.13          |
| S4                  | Aserrín | 5             | 4.1         | 5.29          | 14               | 11.70            | 175.65          |
| S4                  | Aserrín | 8             | 3.4         | 4.71          | 24               | 11.88            | 199.82          |
| S4                  | Aserrín | 6             | 5.4         | 5.35          | 25               | 11.99            | 149.57          |
| Promedio            |         | 7.6           | 5.0         | 4.6           | 27.0             | 16.7             | 201.7           |
| Desviación muestral |         | 2.4           | 1.1         | 0.7           | 12.0             | 4.7              | 46.7            |
| %                   |         | 31.1          | 22.0        | 14.4          | 44.4             | 28.3             | 23.1            |

**Anexo 12.** Datos para la correlación del rendimiento y caracteres evaluados en la producción de *Pleurotus ostreatus*

| Sustratos | Insumo  | Nº de primordios | Altura (cm) | Diámetro (cm) | Nº de carpóforos | Materia seca (g) | Rendimiento (g) |
|-----------|---------|------------------|-------------|---------------|------------------|------------------|-----------------|
| T         | S       | Y2               | Y3          | Y4            | Y5               | Y6               | Y7              |
| S1        | Frijol  | 7                | 7.6         | 5.17          | 76               | 25.23            | 264.67          |
| S1        | Frijol  | 13               | 6.3         | 4.62          | 51               | 36.83            | 367.90          |
| S1        | Frijol  | 6                | 9.8         | 6.22          | 26               | 31.53            | 340.23          |
| S1        | Frijol  | 7                | 6.2         | 5.89          | 23               | 17.04            | 247.22          |
| S1        | Frijol  | 8                | 4.5         | 5.47          | 22               | 14.82            | 215.47          |
| S1        | Frijol  | 12               | 11.5        | 4.84          | 45               | 30.09            | 328.32          |
| S1        | Frijol  | 6                | 8.9         | 5.89          | 33               | 23.21            | 353.54          |
| S1        | Frijol  | 6                | 8.1         | 4.48          | 36               | 21.23            | 226.43          |
| S2        | Arveja  | 10               | 7.0         | 4.74          | 53               | 38.24            | 344.83          |
| S2        | Arveja  | 9                | 8.4         | 4.72          | 62               | 37.11            | 410.89          |
| S2        | Arveja  | 13               | 6.1         | 4.80          | 46               | 36.25            | 356.15          |
| S2        | Arveja  | 9                | 4.4         | 4.10          | 62               | 25.14            | 301.37          |
| S2        | Arveja  | 6                | 6.5         | 3.45          | 55               | 20.43            | 251.98          |
| S2        | Arveja  | 16               | 5.7         | 5.50          | 41               | 37.12            | 409.50          |
| S2        | Arveja  | 9                | 5.5         | 5.52          | 34               | 19.74            | 293.72          |
| S2        | Arveja  | 6                | 8.4         | 4.48          | 63               | 34.69            | 398.27          |
| S2        | Arveja  | 13               | 5.1         | 5.34          | 40               | 29.25            | 401.52          |
| S3        | Paja    | 6                | 5.3         | 4.21          | 63               | 21.24            | 250.07          |
| S3        | Paja    | 16               | 4.9         | 3.63          | 55               | 28.82            | 297.34          |
| S3        | Paja    | 7                | 4.9         | 3.87          | 38               | 18.20            | 241.18          |
| S3        | Paja    | 6                | 8.9         | 5.24          | 41               | 24.52            | 287.67          |
| S3        | Paja    | 10               | 5.1         | 6.94          | 26               | 20.59            | 435.88          |
| S3        | Paja    | 12               | 5.5         | 3.42          | 58               | 28.69            | 318.88          |
| S3        | Paja    | 12               | 8.2         | 4.75          | 64               | 27.98            | 360.75          |
| S3        | Paja    | 14               | 5.9         | 4.30          | 46               | 19.85            | 231.63          |
| S3        | Paja    | 7                | 7.6         | 3.84          | 41               | 21.46            | 230.23          |
| S4        | Aserrín | 6                | 5.1         | 4.71          | 34               | 15.67            | 187.65          |
| S4        | Aserrín | 10               | 3.4         | 3.81          | 24               | 13.96            | 188.59          |
| S4        | Aserrín | 10               | 5.7         | 4.84          | 53               | 25.61            | 301.35          |
| S4        | Aserrín | 12               | 5.9         | 4.53          | 30               | 21.27            | 216.74          |
| S4        | Aserrín | 7                | 5.4         | 5.17          | 20               | 18.82            | 255.50          |
| S4        | Aserrín | 7                | 6.8         | 4.77          | 35               | 15.34            | 193.13          |
| S4        | Aserrín | 8                | 3.4         | 4.71          | 24               | 11.88            | 199.82          |
| S4        | Aserrín | 6                | 5.4         | 5.35          | 25               | 11.99            | 149.57          |
| Promedio  |         | 9.18             | 6.39        | 4.80          | 42.50            | 24.23            | 289.94          |

**Anexo 13.** Datos de los promedios de los cálculos de eficiencia biológica (%), tasa de producción, tasa de biodegradación (%) y rendimiento en (%) para el Sustrato (S1)

| SUSTRATO S1 (FRIJOL) |                                   |                            |                                  |                                 |                                      |
|----------------------|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Repetición           | EB (%)<br>eficiencia<br>biológica | (TP) tasa de<br>producción | Bs (%) tasa de<br>biodegradación | Rendimiento<br>Comercial<br>(%) | Productividad<br>Biológica PB<br>(%) |
| b01                  | 38                                | 0.3                        | 65                               | 13                              | 1.3                                  |
| b03                  | 41                                | 0.4                        | 56                               | 18                              | 1.8                                  |
| b05                  | 37                                | 0.3                        | 53                               | 17                              | 1.6                                  |
| b06                  | 26                                | 0.2                        | 53                               | 12                              | 0.9                                  |
| b07                  | 24                                | 0.2                        | 55                               | 11                              | 0.7                                  |
| b08                  | 42                                | 0.3                        | 61                               | 16                              | 1.5                                  |
| b09                  | 40                                | 0.3                        | 56                               | 18                              | 1.2                                  |
| b10                  | 29                                | 0.3                        | 61                               | 11                              | 1.1                                  |
| <b>PROM</b>          | <b>35</b>                         | <b>0.3</b>                 | <b>58</b>                        | <b>15</b>                       | <b>1.2</b>                           |

**Anexo 14.** Datos de los promedios de los cálculos de eficiencia biológica (%), tasa de producción, tasa de biodegradación (%) y rendimiento en (%) para el Sustrato (S2)

| SUSTRATO S2 (ARVEJA) |                                   |                            |                                  |                                 |                                      |
|----------------------|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Repetición           | EB (%)<br>eficiencia<br>biológica | (TP) tasa de<br>producción | Bs (%) tasa de<br>biodegradación | Rendimiento<br>Comercial<br>(%) | Productividad<br>Biológica PB<br>(%) |
| b01                  | 53                                | 0.4                        | 70                               | 16                              | 1.2                                  |
| b02                  | 55                                | 0.4                        | 69                               | 17                              | 1.9                                  |
| b03                  | 58                                | 0.4                        | 65                               | 21                              | 1.9                                  |
| b04                  | 42                                | 0.3                        | 58                               | 18                              | 1.7                                  |
| b05                  | 38                                | 0.3                        | 60                               | 15                              | 1.3                                  |
| b08                  | 67                                | 0.5                        | 70                               | 20                              | 1.9                                  |
| b07                  | 28                                | 0.2                        | 56                               | 13                              | 1.0                                  |
| b09                  | 41                                | 0.3                        | 64                               | 15                              | 1.0                                  |
| b12                  | 58                                | 0.4                        | 66                               | 20                              | 1.5                                  |
| <b>PROM</b>          | <b>49</b>                         | <b>0.4</b>                 | <b>65</b>                        | <b>17</b>                       | <b>1.4</b>                           |

**Anexo 15.** Datos de los promedios de los cálculos de eficiencia biológica (%), tasa de producción, tasa de biodegradación (%) y rendimiento en (%) para el Sustrato (S3)

| SUSTRATO S3 (PAJA) |                                   |                            |                                  |                              |                                   |
|--------------------|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Repetición         | EB (%)<br>eficiencia<br>biológica | (TP) tasa de<br>producción | Bs (%) tasa de<br>biodegradación | Rendimiento<br>Comercial (%) | Productividad<br>Biológica PB (%) |
| b01                | 41                                | 0.3                        | 70                               | 13                           | 1.1                               |
| b03                | 66                                | 0.5                        | 77                               | 15                           | 1.4                               |
| b04                | 36                                | 0.3                        | 66                               | 12                           | 0.9                               |
| b06                | 48                                | 0.3                        | 55                               | 22                           | 1.0                               |
| b07                | 71                                | 0.5                        | 77                               | 16                           | 1.4                               |
| b08                | 48                                | 0.3                        | 70                               | 14                           | 1.4                               |
| b09                | 50                                | 0.3                        | 64                               | 18                           | 1.4                               |
| b10                | 31                                | 0.2                        | 63                               | 12                           | 1.0                               |
| b12                | 23                                | 0.2                        | 51                               | 12                           | 1.1                               |
| <b>PROM</b>        | <b>47</b>                         | <b>0.3</b>                 | <b>65</b>                        | <b>15</b>                    | <b>1.2</b>                        |

**Anexo 16.** Datos de los promedios de los cálculos de eficiencia biológica (%), tasa de producción, tasa de biodegradación (%) y rendimiento en (%) para el Sustrato (s4)

| <b>SUSTRATO S4 (ASERRIN)</b> |                                    |                                |                                      |                                  |                                       |
|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Repetición</b>            | <b>EB (%) eficiencia biológica</b> | <b>(TP) tasa de producción</b> | <b>Bs (%) tasa de biodegradación</b> | <b>Rendimiento Comercial (%)</b> | <b>Productividad Biológica PB (%)</b> |
| b01                          | 24                                 | 0.2                            | 61                                   | 9                                | 0.8                                   |
| b02                          | 20                                 | 0.1                            | 53                                   | 9                                | 0.7                                   |
| b03                          | 34                                 | 0.2                            | 56                                   | 15                               | 1.3                                   |
| b04                          | 48                                 | 0.3                            | 77                                   | 11                               | 1.1                                   |
| b06                          | 36                                 | 0.3                            | 65                                   | 13                               | 0.9                                   |
| b08                          | 22                                 | 0.1                            | 56                                   | 10                               | 0.8                                   |
| b10                          | 20                                 | 0.1                            | 51                                   | 10                               | 0.6                                   |
| b12                          | 18                                 | 0.1                            | 58                                   | 7                                | 0.6                                   |
| <b>PROM</b>                  | <b>28</b>                          | <b>0.2</b>                     | <b>60</b>                            | <b>11</b>                        | <b>0.8</b>                            |

**Anexo 17.** Resultados del análisis de proteína total según método Kjeldahl en el laboratorio LABSAF- Canaán

| <b>I. Resultado del análisis</b>                   |        |    |                   |             |             |             |
|----------------------------------------------------|--------|----|-------------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>ITEM</b>                                        |        |    | <b>1</b>          | <b>2</b>    | <b>3</b>    | <b>4</b>    |
| Código de laboratorio                              |        |    | HO005-CA-23       | HO006-CA-23 | HO007-CA-23 | HO008-CA-23 |
| Matriz analizada                                   |        |    | Hongo             | Hongo       | Hongo       | Hongo       |
| Fecha de muestreo                                  |        |    | 2021-05-10        | 2021-05-10  | 2021-05-10  | 2021-05-10  |
| Hora de inicio de muestreo (h)                     |        |    | -                 | -           | -           | -           |
| Condición de la muestra                            |        |    | Conservada        | Conservada  | Conservada  | Conservada  |
| Código/identificación de la muestra por el cliente |        |    | T1                | T2          | T3          | T4          |
| Ensayo                                             | Unidad | LC | <b>Resultados</b> |             |             |             |
| Proteína                                           | %      | -  | 18.03             | 22.23       | 1.40        | 18.38       |

| <b>II. Resultado del análisis</b>                  |               |           |                  |
|----------------------------------------------------|---------------|-----------|------------------|
| <b>ITEM</b>                                        |               |           | <b>1</b>         |
| Código de laboratorio                              |               |           | HO008-CA-23      |
| Matriz analizada                                   |               |           | Hongo comestible |
| Fecha de muestreo                                  |               |           | 10/05/2021 (*)   |
| Hora de inicio de muestreo (h)                     |               |           | -                |
| Condición de la muestra                            |               |           | Conservada       |
| Código/identificación de la muestra por el cliente |               |           | T3               |
| <b>Ensayo</b>                                      | <b>Unidad</b> | <b>LC</b> |                  |
| Proteína (**)                                      | %             | - -       | <b>8.23</b>      |

**Anexo 18.** Estimación de costo de producción de *Pleurotus ostreatus* (experimental)

| N°           | Descripción                           | Unidad   | PU S/ | Cantidad | Sub total             |
|--------------|---------------------------------------|----------|-------|----------|-----------------------|
| <b>1</b>     | <b>Servicios</b>                      |          |       |          | <b>110.00</b>         |
|              | 1.1. Alquiler de equipos (picadora)   | Global   | 30    | 2        | 60.00                 |
|              | 1.2. Transporte                       | Pasaje   | 10    | 2        | 20                    |
|              | 1.3. Alimentación                     | Viaje    | 30.0  | 1        | 30.00                 |
| <b>2</b>     | <b>Bienes (materiales)</b>            |          |       |          | <b>73.32</b>          |
|              | 2.1. Estantes metálicos               | unidad   | 180.0 | 2        | 3.6                   |
|              | 2.2 Semillas (trigo)                  | Kg       | 2.5   | 6        | 15.00                 |
|              | 2.3. Bolsas de polipropileno          | Ciento   | 9.    | 2        | 4.5                   |
|              | 2.4. Tubos de 2"                      | Unidad   | 12    | 1        | 12.00                 |
|              | 2.5. Bolsas negras                    | Ciento   | 2     | 2        | 4.00                  |
|              | 2.6. Papel kraf                       | Unidad   | 0.3   | 10       | 3.00                  |
|              | 2.7. Materiales de escritorio         |          |       |          | 1.5                   |
|              | 2.8. Bolsas de polipropileno pequeñas | Ciento   | 4     | 5        | 20                    |
|              | 2.9. Alcohol medicinal                | Lt       | 9     | 1        | 9                     |
|              | 2.10. Focos                           | Unidad   | 12    | 2        | 0.48                  |
|              | 2.11. Bandejas                        | Unidades | 2     | 3        | 0.12                  |
|              | 2.12. Nebulizadores                   | Unidad   | 1.5   | 2        | 0.12                  |
| <b>3</b>     | <b>Insumos</b>                        |          |       |          | <b>85</b>             |
|              | Semillas de <i>pleurotus</i>          | Kg       | 5     | 16       | 80                    |
|              | Cal                                   | Kg       | 3     | 1        | 3                     |
|              | Cascara de arveja                     |          |       |          |                       |
|              | Cascara de frejol                     |          |       |          |                       |
|              | Cascarilla de trigo                   |          |       |          |                       |
|              | Paja de trigo                         |          |       |          |                       |
|              | Viruta de madera                      |          |       |          |                       |
| <b>4</b>     | <b>Imprevistos</b>                    |          |       |          | <b>3.67</b>           |
| <b>Total</b> |                                       |          |       |          | <b>S/271.99 (272)</b> |

## **Producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, utilizando diferentes residuos de cosecha agrícola e industrial, Ayacucho - 2750 msnm.**

Bach. Elizabeth Palomino Castro,  
Dr. Juan Ramiro Palomino Malpartida,  
Dr. Cayo García Blasquez Morote  
Área de investigación: Medio Ambiente  
Línea de investigación: Sistema de producción agrícola

### **RESUMEN**

La producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* como fuente proteica de la alimentación humana aprovechando los restos de cosechas agrícolas y promoviendo el cuidado del medio ambiente, ha permitido desarrollar el presente trabajo de investigación con el objetivo de determinar cuál es el sustrato a base de residuos de cosecha agrícola e industrial que promueva el mejor crecimiento, producción, rendimiento y calidad proteica del hongo, determinando así la factibilidad de producción para el mercado según resultados obtenidos en los 4 tipos de sustratos: S1 (cpT + cáscara de frijol picado), S2 (cpT + cáscara de arveja picada), S3 (cascarilla y paja picada de trigo \_ cpT) y S4 (cpT + viruta de madera) con 12 repeticiones, utilizando el Diseño Completamente Randomizado (DCR) con ANOVA y la prueba de contraste Tukey ( $\alpha:0,05$ ) si existe significación. Las variables evaluadas fueron: crecimiento (cm), producción (g) y rendimiento (%). El ambiente de incubación y producción presento una temperatura promedio de 20°C y una humedad relativa 62%. En conclusión, la mejor repuesta que se obtuvo en el crecimiento fue del S1, que produjo 10.11 primordios de 5.32 cm de diámetro de sombrero con una altura de 7.86 cm, en la producción fue el S2, con 50.67 unidades de sombreros con un peso fresco de 352.03 g y un peso seco de 30.89 g y en el rendimiento fue el S2, con una eficiencia biológica (EB) de 50%, una tasa de producción (TP) de 0.37%, un rendimiento comercial (RN) de 16.70 % y una productividad biológica (PB) de 1.41%. El mejor contenido de proteína total fue del S2 con un 22.23% y el análisis de la factibilidad de producción es positiva por la disponibilidad de insumos, el valor económico y nutricional que ofrece el producto.

**Palabras clave.** *Pleurotus ostreatus*, sustrato, paja, residuos agrícolas e industrial, producción.

## **Production of the edible mushroom *Pleurotus ostreatus*, using different agricultural and industrial harvest residues, Ayacucho - 2750 msnm.**

### **ABSTRACT**

The production of the edible mushroom *Pleurotus ostreatus* as a protein source for human nutrition, taking advantage of the remains of agricultural crops and promoting care for the environment, has allowed the development of this research work with the objective of determining what is the substrate based on mushroom waste. agricultural and industrial harvest that promotes the best growth, production, yield and protein quality of the fungus, thus determining the feasibility of production for the market according to results obtained in the 4 types of substrates: S1 (cpT + chopped bean shell), S2 ( cpT + chopped pea husk), S3 (husk and chopped wheat straw \_ cpT) and S4 (cpT + wood chip) with 12 repetitions, using the Completely Randomized Design (RCD) with ANVA and the Tukey contrast test ( $\alpha :0.05$ ) if there is significance. The variables evaluated were: growth (cm), production (g) and yield (%). The incubation and production environment had an average temperature of 20°C and a relative humidity of 62%. In conclusion, the best response obtained in growth was S1, which produced 10.11 primordia of 5.32 cm in hat diameter with a height of 7.86 cm, in production it was S2, with 50.67 units of hats with a fresh weight. of 352.03 g and a dry weight of 30.89 g and the yield was S2, with a biological efficiency (BE) of 50%, a production rate (TP) of 0.37%, a commercial yield (RN) of 16.70% and a productivity biological (PB) of 1.41%. The best total protein content was S2 with 22.23% and the analysis of production feasibility is positive due to the availability of inputs, the economic and nutritional value that the product offers.

**Keywords:** *Pleurotus ostreatus*, substrate, straw, agricultural and industrial waste, production.

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, se ha convertido en una alternativa para la alimentación humana debido a su posibilidad de obtener grandes cantidades en pequeñas áreas a bajo costo y en un periodo de tiempo corto, empleando residuos agrícolas e industriales disponibles para su cultivo. Ayacucho es una de las regiones productoras de diversos cultivos, donde se genera grandes cantidades de residuos de cosecha, los cuales en su mayoría de los casos son quemados, arrojados en los campos, ríos y basureros contribuyendo así al daño del ecosistema y medio ambiente, según Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, (SERFOR, 2019). También, la región cuenta con la industria maderera que generan residuos como las virutas que ocupan espacio y pueden constituir un peligro para la población (Moreno, 2011). Ante ello una alternativa biológica para el aprovechamiento de estos residuos agrícolas e industriales que se generan, es el cultivo de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*) considerado como una buena opción para la biotransformación en alimentos y medicina de gran valor (Chang & Miles, 2004).

Estos hongos necesitan de carbono, nitrógeno y compuestos inorgánicos como fuentes nutritivas disueltas que absorben del sustrato a través de la secreción de enzimas digestivas (celulasa). Las principales fuentes de carbono son la celulosa, hemicelulosa y lignina, las cuales se encuentran en la mayoría de los residuos de cosechas e industriales (MushWorld, 2005). Además, Rinker & Kang (2005) indican que, una vez finalizados los ciclos de producción se puede realizar un manejo postcosecha como el compostaje para nutrir suelos productivos o también ser destinado como alimento para el ganado y así obtener una producción, limpia, de calidad y amigable con el medio ambiente, de allí la importancia de la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en la región, debido al contenido de proteína y al aprovechamiento adecuado de los residuos agrícolas e industriales que se generan en la ciudad de Ayacucho, contribuyendo así la seguridad alimentaria, la innovación en la agricultura, el cuidado del medio ambiente y el ecosistema. El propósito de este proyecto fue Seleccionar el sustrato a base de residuos de cosecha agrícola e industrial que propicia el mejor crecimiento, producción, rendimiento y calidad del *Pleurotus ostreatus* en relación con la producción de cascarilla y paja picada de trigo (cpT) en condiciones de laboratorio y evaluar la factibilidad de la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* para el mercado, en base a los datos obtenidos y el análisis del trabajo de investigación.

## **II. METODOLOGÍA**

### **2.1. Ubicación del experimento**

El trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de horticultura y semillas a condiciones controladas, en la Escuela Profesional de Agronomía de la UNSCH, ubicado en las coordenadas UTM: de 74°13'13"O y 13°8'36"S a 2750 msnm en el distrito de Ayacucho, en la provincia de Huamanga del departamento de Ayacucho.

### **2.2. Factores de estudio experimental**

Los factores de estudio fueron tipos de sustrato: S1, cpT + cáscara de frijol picado; S2, cpT + cáscara de arveja picada; S3 (control), cascarilla y paja picada de trigo (cpT) y S4, cpT + viruta de madera. Los parámetros que se evaluaron fueron: número de primordios, altura del estípite al píleo, diámetro de píleo o sombrero, número de sombreros por cuerpo fructífero, peso fresco del cuerpo fructífero, peso seco del cuerpo fructífero, eficiencia biológica (EB), tasa de producción (TP), tasa de biodegradación (Bs), productividad biológica (PB) y rendimiento comercial (RN).

### **2.3. Diseño experimental**

El trabajo tuvo como interés explicar el efecto que tuvo los residuos utilizados en la producción, llevándose a cabo bajo el Diseño Completamente Randomizado (DCR), con 4 tipos de sustrato y 12 repeticiones, haciendo un total de 48 unidades experimentales, las cuales fueron formuladas de acuerdo con la cantidad de sustratos e insumos disponibles en la región.

### **2.4. Procedimientos del experimento**

La recolección de los sustratos se realizó en campos de cultivos, durante y después de la cosecha y la viruta se recolectó de la carpintería. Los sustratos recolectados se seleccionaron, limpiaron, picaron, pesaron y se prepararon para ser pasteurizados, a través del método de inmersión en agua hervida por 12 horas aproximadamente, luego fueron escurridos en mallas, mezclados con 2% de Cal ( $\text{CaCO}_3$ ), después se llenaron 2 kg de sustrato húmedo en bolsas de polipropileno, seguidamente se inoculó con 40 g de *Pleurotus ostreatus*, luego se esterilizó en la autoclave por 45' a 121°C y finalmente se trasladó al ambiente acondicionado para la incubación, con condiciones de oscuridad, para ello se empleó bolsas oscuras y plástico negro, con el que se cubrió el espacio acondicionado, la fructificación requiere de condiciones de luz constante, humedad relativa, temperatura y riego, factores que determinaron la cosecha a los 3 días después de la aparición del primordio.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*

Según el análisis de varianza, en los parámetros evaluados del número de primordios y diámetro del píleo, se observa que no existe diferencia significativa estadística en los diferentes sustratos con un p-valor de 0.3920 y 0.1588 respectivamente. Hernández et al. (2005), obtuvieron resultados similares, concluyendo así que la composición del sustrato no influye cuantitativamente en su crecimiento sino las condiciones ambientales presentes son los que determinan su crecimiento.

El análisis de variancia de la altura del estípite nos muestra que existe diferencia significativa estadística en los diferentes sustratos con un p-valor de 0.0202.

**Tabla 1**

*Prueba de Tukey de la Altura de los estípites del Hongo Pleurotus ostreatus*

| Sustrato                               | Altura (cm) | N | Tukey 0.05 |   |
|----------------------------------------|-------------|---|------------|---|
| cpT + cáscara de frijol picado (S1)    | 7.86        | 8 | a          |   |
| cpT + cáscara de arveja picada (S2)    | 6.34        | 9 | a          | b |
| Cascarilla y paja de trigo picada (S3) | 6.26        | 9 | a          | b |
| cpT + viruta de madera (S4),           | 5.14        | 8 |            | b |

cpT: cascarilla y paja picada de trigo.

La prueba de Tukey nos muestra que el sustrato S1 presenta el promedio más alto con 7.86 cm y no difiere de los sustratos S2 y S3 presentando efectos similares; sin embargo, supera significativamente al sustrato S4. Córdova (2021) postula que en la altura del hongo no es influencia de los sustratos sino de la condición ambiental presente.

#### 3.2. Producción del hongo *Pleurotus ostreatus*

En los parámetros evaluados de número de hongo, peso fresco del hongo y el peso seco del hongo, se observó que existe una diferencia significativa estadística en la fuente de variación de los sustratos con un p-valor de 0.0005, 0.0176 y 0.0007 respectivamente. El promedio general de producción fue de 42.50 unidades de hongos, 289.94 g peso fresco y 25,36 g de peso seco.

**Tabla 2***Prueba de Tukey del Número de Hongos de Pleurotus ostreatus*

| Sustrato                              | N.º de hongos | N | Tukey 0.05 |   |
|---------------------------------------|---------------|---|------------|---|
| cpT + cáscara de arveja picada (S2)   | 50.67         | 9 | a          |   |
| Cascarilla, paja de trigo picada (S3) | 48.00         | 9 | a          | b |
| cpT + cáscara de frijol picado (S1)   | 39.00         | 8 | a          | b |
| cpT + viruta de madera + (S4)         | 30.63         | 8 |            | b |

La prueba de Tukey nos muestra que el sustrato S2 presentó un mayor número de 50.67 unidades de hongos y no difiere del S3 y S1, pero supera altamente al S4. De la cruz et al. (2023) menciona que, el alto predominio de lignocelulosa en los sustratos utilizados para el cultivo del *Pleurotus* son las pajas de cereales que son materias necesarias para el crecimiento del hongo (Sánchez & Royse, 2002), el cual influyó en los resultados obtenidos (tabla 2).

**Tabla 3***Prueba de Tukey del Peso Fresco del Hongo Pleurotus ostreatus*

| Sustrato                               | Peso fresco g | N | Tukey 0.05 |   |
|----------------------------------------|---------------|---|------------|---|
| cpT + cáscara de arveja picada (S2)    | 352.03        | 9 | a          |   |
| Cascarilla y paja de trigo picada (S3) | 294.85        | 9 | a          |   |
| cpT + cáscara de frijol picado (S1)    | 292.97        | 8 | a          |   |
| cpT + viruta de madera (S4)            | 211.54        | 8 |            | b |

La prueba de Tukey nos muestra que el sustrato S2 presentó el peso fresco más alto con 352.03 g y no difiere del S1 y S3, superan altamente en peso fresco del hongo del S4. Estos resultados obtenidos coinciden con Balseca et al. (2020), quien obtuvo el valor más alto de peso fresco en la vaina de arveja, trabajando en condiciones similares a mi experimento.

**Tabla 4***Prueba de Tukey del Peso Seco (materia seca) de los Hongos de Pleurotus ostreatus*

| Sustrato                              | MS (g) | N | Tukey 0.05 |   |
|---------------------------------------|--------|---|------------|---|
| cpT + cáscara de arveja picada (S2)   | 30.89  | 9 | a          |   |
| cpT + cáscara de frijol picado (S1)   | 25.00  | 8 | a          |   |
| Cascarilla, paja de trigo picada (S3) | 23.48  | 9 | a          | b |
| cpT + viruta de madera (S4)           | 16.82  | 8 |            | b |

La prueba de Tukey nos muestra que el sustrato S2 presentó un peso seco de 30.89 g y no difiere del S1 y S3, pero supera altamente al S4. Ramos (2017), obtuvo un resultado similar en el peso de biomasa en el sustrato evaluado de cáscara de arveja en la producción de *Pleurotus ostreatus*.

### 3.3. Rendimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*

**Eficiencia biológica (EB).** El análisis de variancia de la eficiencia biológica del hongo nos muestra que existe diferencia significativa estadística alta en la fuente de variación de los sustratos (p-valor = 0.0016).

**Tabla 5**

*Prueba de Tukey de Eficiencia Biológica del Hongo Pleurotus ostreatus*

| Sustrato                               | EB (%) | N  | Tukey 0.05 |   |
|----------------------------------------|--------|----|------------|---|
| cpT + cáscara de arveja picada (S2)    | 50.00  | 10 | a          |   |
| Cascarilla y paja de trigo picada (S3) | 46.00  | 9  | a          |   |
| cpT + cáscara de frijol picado (S1)    | 34.63  | 8  | a          | b |
| cpT + viruta de madera + (S4)          | 27.75  | 8  |            | b |

La prueba de Tukey nos muestra que el sustrato S2 presentó el promedio más alto con un 50% y no difiere de S1 y S3, pero supera al S4, que presentó el promedio más bajo de 27.75%. Estos resultados coinciden con Baes (2022), quien obtuvo una eficiencia biológica de 59.33% de *Pleurotus ostreatus*. Benavides (2013), señala que las diferencias de eficiencias biológicas encontradas en los sustratos se atribuyen a la disponibilidad de los nutrientes, por tal motivo algunas combinaciones de sustratos ofrecen mejores rendimientos. Sánchez & Royse (2002) más Carvajal (2010), consideran que la calidad productiva de un sustrato se percibe aceptable a partir de eficiencias biológicas de 50 %, como un valor mínimo de producción económicamente rentable para *Pleurotus*. *Ostreatus*, determinado así que el S2 fue el mejor.

**Tasa de biodegradación (Bs).** El análisis de variancia de la tasa de biodegradación nos muestra que no existe diferencia significativa estadística en la fuente de variación de los sustratos (p-valor = 0.0489) y el promedio general de la tasa de biodegradación fue de 62.51 %. Monterroso (2009) mencionan que la importancia de la biodegradación es dar una idea general de la facilidad que tendrán los hongos de absorber los nutrientes contenidos en los sustratos.

**Tasa de producción (TP).** El análisis de variancia para la tasa de producción nos muestra que existe diferencia significativa estadística alta (p-valor = 0.0009).

**Tabla 6**

*Prueba de Tukey de la Tasa de Producción del Hongo Pleurotus ostreatus*

| Sustrato                               | TP (%) | N  | Tukey 0.05 |   |
|----------------------------------------|--------|----|------------|---|
| cpT + cáscara de arveja picada (S2)    | 0.37   | 10 | a          |   |
| Cascarilla y paja de trigo picada (S3) | 0.32   | 9  | a          |   |
| cpT + cáscara de frijol picado (S1)    | 0.29   | 8  | a          | b |
| cpT + viruta de madera (S4)            | 0.18   | 8  |            | b |

La prueba de Tukey nos muestra que el sustrato S2 presentó el promedio más alto con 0.37% y no difiere del S1 y S1, pero supera altamente al S4, que presentó el promedio más bajo de 0.18%. La tasa de producción es el potencial productivo diario de un determinado hongo después de ser sembrado (Sánchez & Royse, 2002).

**Rendimiento Comercial (RN).** El análisis de variancia del rendimiento comercial nos muestra que si existe diferencia significativa estadística (p-valor = 0.0017).

**Tabla 7**

*Prueba de Tukey del Rendimiento Comercial del Hongo Pleurotus ostreatus*

| Sustrato                               | RN (%) | N  | Tukey 0.05 |   |
|----------------------------------------|--------|----|------------|---|
| cpT + cáscara de arveja picada (S2)    | 16.70  | 10 | a          |   |
| Cascarilla y paja de trigo picada (S3) | 14.89  | 9  | a          |   |
| cpT + cáscara de frijol picado + (S1)  | 14.50  | 8  | a          |   |
| cpT + viruta de madera + (S4)          | 10.50  | 8  |            | b |

La prueba de Tukey nos muestra que el sustrato S2 presentó el promedio más alto con 16.70 % y no difiere de S1 y S3, superando al S4. que presentó el promedio más bajo de 10.50 %. Estos resultados coinciden con Ramos (2017), quien obtuvo en la cáscara de arveja el mayor 54 rendimiento con el 31.9 %, determinado así que el sustrato de cáscara de arveja es mejor en cuanto a producción de hongos de *Pleurotus ostreatus* (Balseca et al., 2020).

Un rendimiento aceptable según Bermúdez et al. (2007), debe ser superior al 10 % con esto, se aceptaría todos los rendimientos evaluados en esta investigación ya que el resultado es superior al 10%, determinando así que la producción con los sustratos es aceptable.

**Productividad biológica (PB) de los tratamientos.** El análisis de variancia de la productividad biológica nos muestra que si existe diferencia significativa estadística (p-valor = 0.0110).

**Tabla 8**

*Prueba de Tukey de la Productividad Biológica del Hongo Pleurotus ostreatus*

| Sustrato                               | PB (%) | N  | Tukey | 0.05 |
|----------------------------------------|--------|----|-------|------|
| cpT + cáscara de arveja picada (S2)    | 1.41   | 10 | a     |      |
| cpT + cáscara de frijol picado (S1)    | 1.26   | 8  | a     | b    |
| Cascarilla y paja de trigo picada (S3) | 1.19   | 9  | a     | b    |
| cpT + viruta de madera (S4)            | 0.85   | 8  |       | b    |

La prueba de Tukey nos muestra que el sustrato S2 presentó el promedio más alto con 1.41% y supera al S4, que presentó un promedio bajo de 0.85%. Albán (2018), señala que, tomando en cuenta que el hongo al momento de la cosecha es 90 % de agua y 5-10 % de materia seca.

### 3.4. Resultado de calidad del hongo a través de análisis de proteína total

El análisis de proteína total se realizó en el Instituto Nacional de Innovación (INIA) por el método Kjeldahl, obteniendo un resultado, donde el sustrato S2 presento un 22.23% de proteína total calificando como el mejor, respecto a S1, S3 y S4 con 18.03%, 8% y 18.38 % respectivamente, atribuyendo como el factor determinante a la composición y preparación del sustrato.

### 3.5. Resultado de la determinación de factibilidad de la producción del hongo para el mercado.

Para la determinación de factibilidad se halló la suma total de cosecha (kg), resultando 10.02 kg de hongos fresco, donde el sustrato S2 obtuvo la mejor producción con 3.33kg. Según los mercados comerciales de Plaza vea y Vacas felices, el ingreso de ventas seria entre 295.09 o 420.84 soles en la primera cosecha; Sin embargo, se proyectó en 3 cosechas con lo que se hizo la valorización y se obtendría una producción total de 20 Kg y un ingreso de ventas de 590.18 soles a un precio de 5.90 soles con un peso de 200g o 841.68 soles a un precio 10.50 soles con un peso 250 g.

## CONCLUSIONES

1. El efecto de los sustratos S1, S2, S3 y S4 fueron homogéneos en crecimiento excepto en el parámetro evaluado de la altura de estípite, en cuanto a la producción del hongo el sustrato S2 tuvo una mejor respuesta con 50.67 unidades de carpóforo, un peso fresco de 352.03 g y un peso seco de 30.89 g. El mejor rendimiento en los parámetros evaluados de eficiencia biológica (EB) con 50%, la tasa de producción (TP) con 0.37%, rendimiento comercial con 16.70% y productividad biológica con 1.41%, fue del sustrato S2.
2. El sustrato S2 ha promovido un mayor nivel de proteína total de 22.23 % en muestra constituida por estípite y píleo.
3. Se considera factible la producción de los hongos en Ayacucho por la disponibilidad de insumos como los restos de cosecha, disponibilidad de inóculo en el mercado, su valor comercial y nutracéutica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albán, M. (2018). *Cultivo del hongo ostra (Pleurotus ostreatus) en tres tipos de residuos de la madera de bolaina blanca (Guazuma crinita)*. [Tesis de título, Universidad Nacional Agraria la Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3183>
- Baes, A. (2022). *Tipos de aserrín en la producción de hongos comestibles del género Pleurotus. Ayacucho 2018*. [Tesis para título, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/6332>
- Balseca, J., Tapia, A. y Jácome, S. (2020). Economía circular a través de la producción de hongos comestibles en residuos agrícolas. *Revista mktDescubre - ESPOCH FADE*. (84). [Revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/mktdescubre/article/view/564/548](http://revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/mktdescubre/article/view/564/548)
- Benavides, E. (2019). Evaluación de los subproductos del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) en la obtención de abono orgánico tipo Bocashi. *EIEI ACOFI*, ago. 2019. <https://doi.org/10.26507/ponencia.203>
- Bermúdez, R., García, N., Mourlot, A. (2007). Fermentación sólida para la producción de *Pleurotus* sp. Sobre mezclas de pulpa de café y viruta de cedro. *Tecnología Química*, XXVII (2), 55-62. <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543753009.pdf>

- Carvajal, G. (2010). *Evaluación de la producción del hongo Pleurotus ostreatus sobre cinco tipos de sustratos (tamo de trigo, tambo de cebada, tambo de vicia, tambo de avena y paja de paramo); enriquecidos con tuza molida, afrecho de cebada y carbonato de calcio*. [Tesis de Grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <https://docplayer.es/29020605-Escuela-de-ciencias-agricolas-y-ambientales-ecaa-informe-final-de-tesis.htm>
- Córdova, M. (2021). *Productividad del hongo comestible Pleurotus ostreatus en sustrato de café y determinación del valor nutricional*. [Tesis de título, Universidad Peruana Cayetano Heredia]. [https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/9066/Productividad\\_CordovaAlberca\\_Mercy.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/9066/Productividad_CordovaAlberca_Mercy.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Chang, S. y Miles, P. (2004). *Mushrooms. Cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact*. 2da Edition.
- De la Cruz, R., Areche, F., Segura, S., Lopez, J., De la Cruz, G., Solano, M., Onofre, A., Camayo, B., Otivo, J., Flores, D., Pairazama, M., Dominguez, J., Aguirre, L. y Paricanaza, D. (2023). Posibles efectos de diferentes tipos de residuos agrícolas sobre la seguridad alimentaria y la producción de hongos (*Pleurotus ostreatus*). *Brazilian Journal of Biology*. vol 83. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.273829>.
- Hernández, R., López, C., Suarez, C. y Borrero, M. (2005). Evaluación del crecimiento y Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundimarca. *UNIVERSITAS SCIENTIARUM*. 13 (2). [www.javeriana.edu.co/universitas\\_scientiarum](http://www.javeriana.edu.co/universitas_scientiarum)
- Monterroso, 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 (CepaECS-152)*. [Tesis de título, Universidad de San Carlos de Guatemala]. GT. 58p. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_2546.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2546.pdf)
- Moreno, M. (2011). *Factibilidad del aprovechamiento de los residuos forestales para su pelletización en ciudad madera chihuahua*. [Tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencia y Tecnología Ambiental, Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. Posgrado]. <https://cimav.repositorioinstitucional>.
- Mushwold, (2005).: *Shiitake Cultivation*. Mushroom Growers Handbook 2. <http://www.hongoscomestiblesymedicinales.com/P/liga2.htm>
- Ramos, E. (2017). *Minimización de residuos lignocelulósicos en la elaboración de sustrato para el cultivo de setas Pleurotus ostreatus en Alausí, provincia de*

*Chimborazo Ecuador*. [Tesis de Grado Doctor, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].

[https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/6686/Ramos\\_se%20-%20Resumen.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/6686/Ramos_se%20-%20Resumen.pdf?sequence=2&isAllowed=y).

Rinker, D y Kang, S. (2005). *Reciclado del sustrato gastado (residual) de hongos ostra., Manual del cultivador de hongos 1*. En MushWorld (Ed.) 9. [http://www.hongoscomestiblesymedicinales.com/P/P/oyster%20bien/capitulo%209%20p ag.%20202-207.p](http://www.hongoscomestiblesymedicinales.com/P/P/oyster%20bien/capitulo%209%20p%20ag.%20202-207.p)

Sánchez, J. y Royse, D. (2002). la biología y el cultivo de *Pleurotus spp.* Publisher: Uteha (Noriega editores)-Ecosur.

SERFOR (2019). Pide a la población no quemar residuos agrícolas y pastos para evitar incendios forestales. *Nota de Prensa*. Consultada el 16 de junio del 2021. <https://www.gob.pe › serfor>

**UNSCH**FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRARIAS

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**  
**Bach. ELIZABETH PALOMINO CASTRO**  
**R.D. N° 051-2024-UNSCH-FCA-D**

En la ciudad de Ayacucho a los veinte días del mes de marzo del año dos mil veinticuatro, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del jurado conformado por el Ph.D. Nery Luz Santillana Villanueva, Dr. Juan Ramiro Palomino Malpartida como asesor, Dra. Roberta Esquivel Quispe y M.Sc. Guillermo Carrasco Aquino; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, utilizando diferentes residuos de cosecha agrícola e industrial, Ayacucho - 2750 msnm.** Para obtener el Título Profesional de Ingeniera Agrónoma presentado por la Bachiller **ELIZABETH PALOMINO CASTRO**. El señor Decano, previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

| Jurado evaluador                     | Exposición | Respuestas a las preguntas | Generación de conocimiento | Promedio |
|--------------------------------------|------------|----------------------------|----------------------------|----------|
| Ph.D. Nery Luz Santillana Villanueva | 15         | 15                         | 16                         | 15       |
| Dr. Juan Ramiro Palomino Malpartida  | 17         | 16                         | 17                         | 17       |
| Dra. Roberta Esquivel Quispe         | 16         | 16                         | 15                         | 16       |
| M.Sc. Guillermo Carrasco Aquino      | 14         | 13                         | 14                         | 14       |
| PROMEDIO GENERAL                     |            |                            |                            | 16       |

Acto seguido se invita al sustentante y público en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.

  
.....  
Ph.D. Nery Luz Santillana Villanueva  
Presidente

  
.....  
Dr. Juan Ramiro Palomino Malpartida  
Asesor

  
.....  
Dra. Roberta Esquivel Quispe  
Jurado

  
.....  
M.Sc. Guillermo Carrasco Aquino  
Jurado

  
.....  
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza  
Secretario Docente

**UNSCH**FACULTAD DE CIENCIAS  
**AGRARIAS**

## CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, miembro de la comisión de docentes instructores responsables de operativisar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por RR N° 294-2022-UNSCH-R y la R.D. N° N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo titulado;

**Producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, utilizando diferentes residuos de cosecha agrícola e industrial, Ayacucho - 2750 msnm.**

Autor : Elizabeth Palomino Castro

Asesor : Juan Ramiro Palomino Malpartida

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante la RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de **quince por ciento (15 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

**Nota:** Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2408987151

Ayacucho, 26 de junio de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
Facultad de Ciencias Agrarias  
  
Ing. Edgar Tenorio Mancilla  
Coordinador de Control de originalidad de  
trabajo de Investigación y tesis - FCA

# Producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, utilizando diferentes residuos de cosecha agrícola e industrial, Ayacucho - 2750 msnm.

*por* Elizabeth Palomino Castro

---

**Fecha de entrega:** 26-jun-2024 10:15a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2408987151

**Nombre del archivo:**

Tesis\_INFORME\_DE\_TESIIS\_DE\_PRODUCCION\_DEL\_HONGO\_COMESTIBLE\_Pleurotus\_ostreatus.pdf (2.58M)

**Total de palabras:** 24217

**Total de caracteres:** 114308

Producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*,  
utilizando diferentes residuos de cosecha agrícola e  
industrial, Ayacucho - 2750 msnm.

INFORME DE ORIGINALIDAD

|                     |                     |               |                         |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| 15%                 | 15%                 | 1%            | 8%                      |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

FUENTES PRIMARIAS

|   |                                                                |     |
|---|----------------------------------------------------------------|-----|
| 1 | Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga | 4%  |
|   | Trabajo del estudiante                                         |     |
| 2 | repositorio.unjbg.edu.pe                                       | 2%  |
|   | Fuente de Internet                                             |     |
| 3 | repositorio.lamolina.edu.pe                                    | 1%  |
|   | Fuente de Internet                                             |     |
| 4 | repository.udistrital.edu.co                                   | 1%  |
|   | Fuente de Internet                                             |     |
| 5 | hdl.handle.net                                                 | 1%  |
|   | Fuente de Internet                                             |     |
| 6 | repositorio.utn.edu.ec                                         | 1%  |
|   | Fuente de Internet                                             |     |
| 7 | repositorio.unsch.edu.pe                                       | 1%  |
|   | Fuente de Internet                                             |     |
| 8 | Submitted to Universidad Continental                           | <1% |
|   | Trabajo del estudiante                                         |     |

|    |                                                                                                                    |      |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 9  | <a href="https://repositorio.unsaac.edu.pe">repositorio.unsaac.edu.pe</a><br>Fuente de Internet                    | <1 % |
| 10 | <a href="http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080">literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080</a><br>Fuente de Internet | <1 % |
| 11 | <a href="https://es.m.wikipedia.org">es.m.wikipedia.org</a><br>Fuente de Internet                                  | <1 % |
| 12 | <a href="http://apirepositorio.unh.edu.pe">apirepositorio.unh.edu.pe</a><br>Fuente de Internet                     | <1 % |
| 13 | <a href="http://repositorio.usil.edu.pe">repositorio.usil.edu.pe</a><br>Fuente de Internet                         | <1 % |
| 14 | <a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a><br>Fuente de Internet                               | <1 % |
| 15 | <a href="http://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a><br>Fuente de Internet                         | <1 % |
| 16 | <a href="http://fddocuments.mx">fddocuments.mx</a><br>Fuente de Internet                                           | <1 % |
| 17 | <a href="#">Submitted to uncedu</a><br>Trabajo del estudiante                                                      | <1 % |
| 18 | <a href="http://revistas.esPOCH.edu.ec">revistas.esPOCH.edu.ec</a><br>Fuente de Internet                           | <1 % |
| 19 | <a href="http://repositorio.unia.edu.pe">repositorio.unia.edu.pe</a><br>Fuente de Internet                         | <1 % |
| 20 | <a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a><br>Fuente de Internet                                               | <1 % |

|                        |                                                                |      |
|------------------------|----------------------------------------------------------------|------|
| 21                     | Submitted to Institución Tecnológica Metropolitana de Medellín | <1 % |
| Trabajo del estudiante |                                                                |      |

|                    |                        |      |
|--------------------|------------------------|------|
| 22                 | repositorio.uta.edu.ec | <1 % |
| Fuente de Internet |                        |      |

|                    |               |      |
|--------------------|---------------|------|
| 23                 | es.scribd.com | <1 % |
| Fuente de Internet |               |      |

|                    |                                    |      |
|--------------------|------------------------------------|------|
| 24                 | revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe | <1 % |
| Fuente de Internet |                                    |      |

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo