

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN RECURSOS  
NATURALES RENOVABLES**



**PRODUCCIÓN DE LOS HONGOS COMESTIBLES *Polyporus arcularius* y *Polyporus tenuiculus* SOBRE TRES RESIDUOS DE ORIGEN AGRÍCOLA**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
MENCIÓN FORESTALES**

**PRESENTADO POR:**

**ALIDA NATALIA PEREZ RENGIFO**

**Tingo María – Perú**

**2025**



**ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 013-2025-FRNR-UNAS**

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 26 de noviembre 2024, a horas 4:00 p.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“PRODUCCIÓN DE LOS HONGOS COMESTIBLES *Polyporus arcularius* y *Polyporus tenuiculus* SOBRE TRES RESIDUOS DE ORIGEN AGRÍCOLA”**

Presentado por el Bachiller: **ALIDA NATALIA PEREZ RENGIFO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENA”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, **mención: FORESTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 16 de enero de 2025

  
Dr. CESAR SAMUEL LOPEZ LOPEZ  
PRESIDENTE

  
Dr. CASIANO AGUIRRE ESCALANTE  
MIEMBRO

  
Ing. MSc. WARREN RIOS GARCIA  
MIEMBRO



  
Dr. LADISLAO RUIZ RENGIFO  
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN - DGI  
REPOSITORIO INSTITUCIONAL - UNAS  
Correo: [repositorio@unas.edu.pe](mailto:repositorio@unas.edu.pe)



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 078 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

### CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un Índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

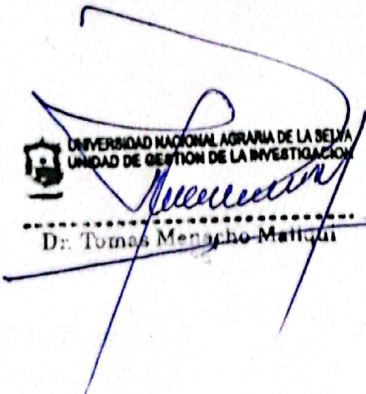
Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, mención: Forestales

Tipo de documento:

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

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
PRODUCCIÓN DE LOS HONGOS COMESTIBLES <i>Polyporus arcularius</i> y <i>Polyporustenuiculus</i> SOBRE TRES RESIDUOS DE ORIGEN AGRÍCOLA	ALIDA NATALIA PEREZ RENGIFO	13 % Trece

Tingo María, 20 de marzo de 2025

  
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN  
Dr. Tomas Menacho-Matigui

C.C. Archivo

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

## FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES



#### **PRODUCCIÓN DE LOS HONGOS COMESTIBLES *Polyporus arcularius* y *Polyporus tenuiculus* SOBRE TRES RESIDUOS DE ORIGEN AGRÍCOLA**

Autor(a) : Alida Natalia, Perez Rengifo

Asesor : Dr. Ladislao Ruiz Rengifo

Programa : Valoración de la biodiversidad y recursos naturales

Línea : Manejo, Conservación de la Biodiversidad y Recursos Naturales

Eje temático : Micología

Lugar de ejecución : UNAS – Tingo María

Duración del trabajo : Siete meses

Financiamiento : S/ 1424,85

FEDU : No

Propio : Si

Otros : No

Tingo María, Perú

2025

## DEDICATORIA

A Dios; por ser mi guía y darme  
la sabiduría diaria.

A mis padres Juan Pérez Isla y Dalia  
Rengifo Isla de Pérez; por su amor, dedicación,  
apoyo y enseñarme a nunca rendirme ante los  
obstáculos y ser cada día mejor, este logro  
también es suyo.

A mis hijos Salvador y Gael, porque son  
mi razón para luchar en la vida y lograr mis  
metas; y mis hermanos Silvia, Ceci y José por todo  
su amor y apoyo en este proyecto profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme la vida y salud para realizar la tesis; en segundo lugar, a mis padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todo mis objetivos profesionales y académicos, son los que con su cariño me han impulsado a persistir en mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades.

Agradecer mis hijos Salvador y Gael por su paciencia y amor por el tiempo que estuve lejos de ellos, este esfuerzo de estar separados es para el futuro de ellos.

Le agradezco profundamente a mi asesor el Dr. Ladislao Ruiz Rengifo por su apoyo, dedicación, guía y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada.

Durante este tiempo de realizar la tesis diversas personas participaron directa e indirectamente a quien deseo expresar mi más profundo reconocimiento y agradecimiento: Dra. Tania Guerrero Vejarano e Ing. Indira Álvarez Naveros, por su apoyo incondicional en toda la ejecución de mi tesis.

## ÍNDICE

	Página
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>Objetivo General</b> .....	2
<b>Objetivo Específicos</b> .....	2
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
<b>2.1. Bases teóricas</b> .....	3
<b>2.1.1. Familia Polyporaceae</b> .....	3
<b>2.1.2. El hongo comestible <i>Polyporus arcularius</i></b> .....	3
<b>2.1.3. El hongo comestible <i>Polyporus tenuiculus</i></b> .....	5
<b>2.1.4. Los hongos comestibles cultivables</b> .....	6
<b>2.1.5. Fases del cultivo de hongos comestibles en bloques esterilizados</b> .....	8
<b>2.2. Bases conceptuales</b> .....	10
<b>2.2.1. Hongos de pudrición blanca</b> .....	10
<b>2.2.2. La celulosa</b> .....	11
<b>2.3. Estado de arte</b> .....	11
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	14
<b>3.1. Lugar de ejecución</b> .....	14
<b>3.1.1. Ubicación política</b> .....	14
<b>3.1.2. Ubicación geográfica</b> .....	14
<b>3.1.3. Condiciones climáticas (Estación Meteorológica José Abelardo Quiñones, 2022)</b> .....	15
<b>3.2. Materiales y equipos</b> .....	15
<b>3.2.1. Materiales</b> .....	15
<b>3.2.2. Equipos</b> .....	15
<b>3.2.3. Material genético</b> .....	15
<b>3.3. Metodología</b> .....	15
<b>3.3.1. Recolección del material genético</b> .....	15
<b>3.3.2. Aislamiento del micelio</b> .....	16
<b>3.3.3. Preparación, esterilizado y plaqueado del medio de cultivo (PDA y EMA)</b> .....	16
<b>3.3.4. Incubación a temperatura ambiente</b> .....	16
<b>3.3.5. Caracterización del crecimiento micelial in vitro de <i>Polyporus tenuiculus</i> en dos medios de cultivo sintéticos</b> .....	16

3.3.6. Evaluación de la eficiencia biológica, el rendimiento y la tasa de producción de <i>P. arcularius</i> y <i>P. tenuiculus</i> en tres residuos de origen agrícola.....	17
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>21</b>
4.1. Crecimiento micelial In vitro de <i>Polyporus arcularius</i> y <i>Polyporus tenuiculus</i> en dos medios de cultivo sintéticos .....	21
4.2. Eficiencia biológica, rendimiento y tasa de productividad de <i>P. arcularius</i> en tres residuos de origen agrícola .....	23
4.2.1. Eficiencia biológica de <i>P. arcularius</i> .....	24
4.2.2. Rendimiento de <i>P. arcularius</i> .....	26
4.2.3. Tasa de productividad de <i>Polyporus arcularius</i> .....	29
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>32</b>
<b>VI. PROPUESTAS A FUTURO .....</b>	<b>33</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>34</b>
Anexo.....	40

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Caracterización morfológica del crecimiento micelial de <i>P. arcularius</i> y <i>P. tenuiculus</i> en dos medios de cultivo.....	17
2. Esquema del análisis de varianza (ANVA).....	20
3. Características morfológicas de <i>P. arcularius</i> y <i>P. tenuiculus</i> .....	21
4. Estadísticos de la eficiencia biológica de <i>P. arcularius</i> sembrados en distintos residuos de origen agrícola. ....	24
5. ANVA para el efecto de los residuos de origen agrícola sobre la eficiencia biológica de <i>P. arcularius</i> . ....	25
6. Estadísticos del rendimiento de <i>P. arcularius</i> sembrados en distintos residuos de origen agrícola.....	26
7. ANVA para el efecto de los residuos de origen agrícola sobre el rendimiento de <i>P. arcularius</i> . ....	27
8. Prueba Tukey para el efecto de los residuos de origen agrícola sobre el rendimiento de <i>P. arcularius</i> .....	28
9. Estadísticos de la tasa de productividad de <i>P. arcularius</i> sembrados en distintos residuos de origen agrícola. ....	29
10. ANVA para el efecto de los residuos de origen agrícola sobre la tasa de productividad de <i>P. arcularius</i> .....	31
11. Datos del crecimiento micelial de <i>P. arcularius</i> en dos medios de cultivo. ....	41
12. Datos del crecimiento micelial de <i>P. tenuiculus</i> en dos medios de cultivo.....	41
13. Datos de eficiencia biológica, rendimiento y tasa de productividad de <i>P. arcularius</i> . ....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Distribución de <i>Polyporus arcularius</i> (1878 - 2023).....	3
2.	Distribución de <i>Polyporus tenuiculus</i> (1980 - 2019). ....	6
3.	Ubicación de los puntos de colecta y ejecución de la tesis. ....	14
4.	Esquema de distribución de los tratamientos. ....	19
5.	Comportamiento del crecimiento micelial del género <i>Polyporus</i> en dos medios de cultivo.....	22
6.	Basidioma de <i>P. arcularius</i> y <i>P. tenuiculus</i> sembrados en residuos agrícolas.....	23
7.	Eficiencia biológica de <i>P. arcularius</i> sembrados en distintos residuos de origen agrícola.....	24
8.	Rendimiento de <i>P. arcularius</i> sembrados en distintos residuos de origen agrícola. ....	26
9.	Tasa de productividad de <i>P. arcularius</i> sembrados en distintos residuos de origen agrícola. ....	30
10.	Obtención de los ejemplares de hongos. ....	43
11.	Medición de sus características para su identificación.....	43
12.	Aislamiento del micelio.....	44
13.	Guías utilizadas para la identificación de las especies en estudio.....	44
14.	Siembra de la parte basal del himenio de carpóforo. ....	45
15.	Crecimiento de micelios en medio de cultivo EMA. ....	45
16.	Crecimiento de los micelios procedentes del BRUNAS. ....	46
17.	Sustrato aserrín de cajonería.....	46
18.	Colonización en sustrato aserrín de cajonería. ....	47
19.	Inicio de fructificación en sustrato aserrín de cajonería.....	47
20.	Fructificación en sustrato aserrín de cajonería. ....	48
21.	Producción de <i>P. arcularius</i> en sustrato aserrín de cajonería. ....	48
22.	Sustrato bagazo de caña. ....	49
23.	Sustrato rastrojo de arroz.....	49
24.	<i>P. arcularius</i> cosechados.....	50
25.	<i>P. arcularius</i> secos. ....	50

26.	siembra para la multiplicación de micelios de <i>P. tenniculus</i> en un medio de trigo.....	51
27.	Siembra de <i>P. tenniculus</i> en sustrato de aserrín. ....	51
28.	Colonización de <i>P. tenniculus</i> en sustrato de aserrín. ....	52
29.	Colonización de <i>P. tenniculus</i> en sustrato de bagazo de caña de azúcar. ....	52
30.	Colonización de <i>P. tenniculus</i> en sustrato de rastrojo de arroz. ....	53

## RESUMEN

El objetivo fue evaluar la capacidad productiva del hongo nativo comestible *Polyporus arcularius* y *Polyporus tenuiculus* sobre cuatro residuos de origen agrícola. Para tal fin, se procedió la colección de los hongos, el aislamiento, producción de semillas y la producción de basidiomas. La colección de los basidiomas se realizó en el Jardín Botánico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva y el aislamiento y producción de semillas en el Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, asimismo, se logró el aislamiento, pruebas de crecimiento y caracterización morfológica del micelio en medios de cultivo comerciales, y las “semillas” producidas a base de trigo sin pelar invadido de micelio. El hongo comestible *Polyporus arcularius* obtuvo mayor velocidad de crecimiento de micelio, logrando colonizar toda el área de las placas Petri de 90 mm de diámetro en siete días; mientras que, el hongo *Polyporus tenuiculus* alcanzó a colonizar toda el área de la placa en nueve días; en el caso de la prueba de crecimiento micelial en los medios de cultivo no presentaron diferencia significativa entre agar extracto de malta (EMA) y agar papa dextrosa (PDA). En la fase de producción de *Polyporus arcularius*, mostró mejores valores de producción en promedio sembradas en residuo a base de aserrín de cajonería; en cuanto a la eficiencia biológica y la tasa de producción, los residuos a base de caña de azúcar, rastrojo de arroz y aserrín de cajonería no tuvieron una respuesta significativa, y finalmente, *Polyporus tenuiculus* no mostró resultados de producción sobre las variables evaluadas. Mediante esta investigación, se logra un avance significativo en cuanto al conocimiento de estos hongos nativos, que son consumidos como alimento por la población del campo.

**Palabras clave:** hongos, residuos agrícolas, aislamiento.

## ABSTRACT

The objective was to evaluate the productive capacity of the native *Polyporus arcularius* and *Polyporus tenuiculus* edible mushrooms on four [types of] waste of agricultural origin. To this end, the mushrooms were collected, isolated, the seeds were produced, and basidiomata were produced. The collection of the basidiomata was done in the Universidad Nacional Agraria de la Selva's botanical garden and the isolation and seed production [was done] in the school of natural renewable resources' mycology and propagation technology laboratory; at the same time, the isolation, growth tests and a morphological characterization of the mycelium in commercial cultivation mediums, and the "seeds" produced from the unpeeled wheat invaded by mycelium were achieved. With the *Polyporus arcularius* edible mushroom, the greatest velocity of growth was obtained for the mycelium; achieving a colonization of all of the area on the 90 mm diameter petri dished in seven days. Meanwhile, with the *Polyporus tenuiculus* the colonization of the whole area within the dish was achieved in nine days. In the case of the test for the mycelium growth in the culture mediums, no significant differences were presented between the malt extract agar (MEA; EMA in Spanish) and the potato dextrose agar (PDA). During the production phase of the *Polyporus arcularius*, better average values were shown for the planting done on a base of wood shavings waste; with respect to the biological efficiency and the production rate, the sugar cane, rice stubble and wood shavings bases did not give a significant response; and finally, with *Polyporus tenuiculus* there were no production results shown for the evaluated variables. Through this research, significant progress was made with respect to the understanding of these native mushrooms, which are consumed as food by the rural population.

**Keywords:** mushrooms, agriculture waste, isolation

## I. INTRODUCCIÓN

Se tiene un estimado de que suelen existir cerca de las 70 000 especies de hongos Macromycetes que ya son conocidas y se encuentran identificadas, de los mismos hay alrededor de 5000 especies que se caracterizan por ser seta comestible en algún grado y otras 2 000 especies tienen la característica de ser seta comestible de buena calidad. Además, se logró reportar que solo unas 100 especies de hongos comestibles lograron llevarse a cabo investigaciones a nivel experimental, de estos solo hay unas 50 especies que fueron desarrollados con fines económicos, de lo descrito anteriormente, solamente existen 30 especies de hongos comestibles cultivadas a un nivel de escala comercial y finalmente hay seis especies que se cultivan a nivel de escala industrial (Hernández y López, 2006). Por lo expuesto, el mercado de producir hongos comestibles tiene un amplio espectro y que a un alcance experimental y cultivo aun suele quedar bastante por explorar.

A nivel alimenticio, el hongo comestible, posee dos veces más el contenido de proteínas respecto a los vegetales y suelen disponer de los nueve aminoácidos esenciales, detallando a la leucina y lisina (siendo carente en muchos cereales). Además, suelen poseer elevada cantidad de minerales (pudiendo superar a la carne de varios peces), poco contenido de carbohidratos y calorías.

Existen diversas especies de hongos comestibles y entre ellos se encuentran la amplia gama de especies pertenecientes al género *Polyporus*, los cuales resulta factible producir empleando residuos agroindustriales; dichos residuos como el aserrín de cajonería, bagazo de caña, tallo del maíz y la paja de arroz son fáciles de acceder en la ciudad de Tingo María, motivo por el cual se genera la interrogante ¿Hasta qué punto es viable producir *Polyporus arcularius* y *Polyporus tenuiculus* utilizando sustratos elaborados a partir de residuos agrícolas?

La importancia del estudio radica en que, se centran en la búsqueda de nuevas especies silvestres de hongos comestibles para ampliar la cantidad de especies que se encuentren a disposición del consumo humano. No existen reportes del cultivo de especies de *Polyporus*, en la provincia de Leoncio Prado. Se sabe que el género *Polyporus* crece de forma natural sobre troncos muertos y diferentes sustratos lignocelulósicos (Ruán-Soto et al., 2004), por lo que es interesante evaluar si *P. arcularius* y *P. tenuiculus* podrían cultivarse en desechos lignocelulósicos de este lugar. La hipótesis planteada fue: ¿es posible obtener la producción de los hongos comestibles *Polyporus arcularius* y *Polyporus tenuiculus* mediante el uso de residuos

de origen agrícola?, respecto a lo expresado en los párrafos anteriores y con la finalidad de conocer su comportamiento de la especie en estudio, se consideró como objetivos lo siguiente:

### **Objetivo General**

Evaluar la capacidad productiva del hongo comestible *Polyporus arcularius* y *Polyporus tenuiculus* sobre tres residuos de origen agrícola.

### **Objetivo Específicos**

- Caracterizar el crecimiento micelial in vitro de *Polyporus arcularius* y *Polyporus tenuiculus* en dos medios de cultivo sintéticos.
- Evaluar la eficiencia biológica, el rendimiento y la tasa de productividad de *Polyporus arcularius* y *Polyporus tenuiculus* en tres residuos de origen agrícola.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Bases teóricas

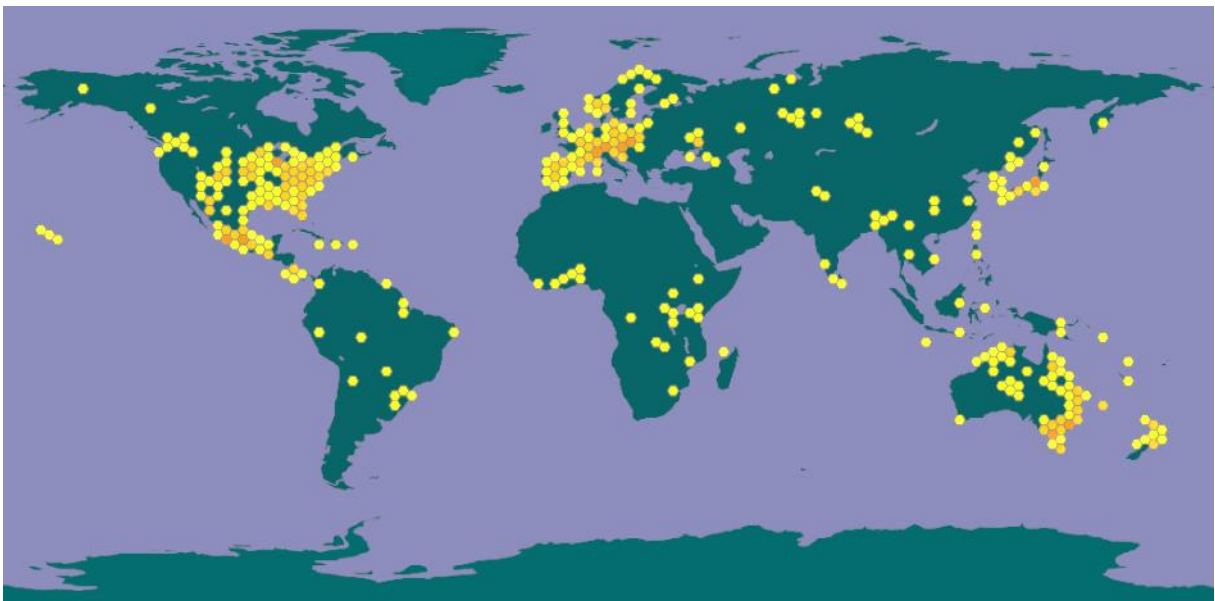
#### 2.1.1. Familia Polyporaceae

Los poliporáceos son hongos que abarcan variedades con una textura carnosa, sombreros que muestran fibras o escamas, pies sólidos, y una estructura en forma de tubos que permanece adherida firmemente a la carne del sombrero. Se caracterizan por ser mayormente blancos o de un tono pálido, y sus esporas tienden a ser alargadas, lisas y no amiloides (es decir, no cambian de color al entrar en contacto con sustancias yodadas). Estos hongos suelen crecer en madera, como troncos y ramas en descomposición. Algunos también establecen relaciones simbióticas con las raíces de los árboles mediante los filamentos de su micelio, lo que se conoce como micorrizas (García, 2001).

Se encuentran principalmente en regiones tropicales, desempeñan un papel significativo en la naturaleza al contribuir a la descomposición de la madera muerta. Esto, a su vez, reintroduce en el medio ambiente sustancias y elementos que otros seres vivos, como plantas y animales, pueden asimilar. Sin embargo, algunas especies de estos hongos son parásitas de los árboles y pueden causar daños en los bosques y en las industrias madereras, ya que su micelio provoca la descomposición de la madera (Dueñas, 2010).

#### 2.1.2. El hongo comestible *Polyporus arcularius*

La distribución de *P. arcularius* entre el año 1878 hasta el año 2023 fueron registrados en 2 783 ocasiones y se las georreferenció (GBIF Secretariat, 2022b).



Fuente: GBIF Secretariat (2022a).

**Figura 1.** Distribución de *Polyporus arcularius* (1878 - 2023).

Posee sombrero con un diámetro que oscila entre 3 y 5 cm. Al principio es semiesférico, luego se vuelve convexo y, finalmente, se aplana, presentando una depresión en el centro. Su margen está cubierto de pelos y se enrolla cuando es joven, para después curvarse hacia adentro. La superficie del sombrero es seca y tiene una textura finamente fibrosa y escamosa, con pelos, y su color varía de marrón amarillento a marrón grisáceo. Los poros son angulosos y poligonales, comprimidos, y varían en tamaño, siendo más grandes en el centro y más pequeños hacia el borde y el pie del hongo. Tienen un color que va desde blanco hasta crema. El pie es cilíndrico, relativamente corto, y puede ser recto o curvado en la base; presenta una textura finamente fibrosa y a veces se ensancha ligeramente en la base; está cubierto de pequeños pelos de color blanquecino. La carne del hongo es delgada, fibrosa y resistente, volviéndose dura a medida que madura; es de color blanco, tiene un sabor dulce y un ligero aroma fúngico (Sociedad Micológica Extremeña [MICOEX], 2016).

*Lentinus arcularius* (*Polyporus arcularius*) es un hongo poliporoso medicinal, Hoang et al. (2022) identificaron tres aislados de *L. arcularius* utilizando métodos moleculares y morfológicos en Vietnam. Además, se investigaron las actividades antimicrobianas y antioxidantes de sus metabolitos intracelulares y/o extracelulares. Las fracciones de acetato de etilo y n-butanol fueron los extractos más activos contra bacterias Gram-positivas y Gram-negativas (*Escherichia coli* VTCC 12014, *Pseudomonas aeruginosa* VTCC 12273 y *Staphylococcus aureus* VTCC 10658) y hongos (*Candida albicans* VTCC 20568, *Saccharomyces cerevisiae* VTCC 20146 y *Aspergillus niger* VTCC 30001). Estas fracciones también mostraron la mayor actividad antioxidante por  $\alpha, \alpha$ -difeníl- $\beta$ -picril-hidrazilo como agente de radicales libres o el porcentaje más alto con una inhibición del 75-100%. Estos resultados sugieren que *L. arcularius* podría ser un hongo medicinal potencial con efectos antimicrobianos y antioxidantes.

Bayburt et al. (2020) optimizaron el sustrato y el tipo de cultivo para enzimas modificadoras de lignina, decoloración de seis colorantes sintéticos y micoremediación de efluentes textiles artificiales a escala de biorreactor por *Lentinus arcularius*. Lograron una decoloración de casi el 90% para todos los colorantes en cada uno de los dos ciclos sucesivos en la escala del matraz. Después de cuatro ciclos, la actividad enzimática retuvo el 63% todavía. Tanto la peroxidasa de manganeso como las enzimas lacasas de *L. arcularius* tienen un papel en la decoloración de los tintes textiles. En la escala del reactor de inmersión, se determinó una relación lineal entre la decoloración y la desintoxicación de los colorantes probados; la decoloración del 88% del efluente se llevó a una disminución del 80% en la mortalidad de los nauplios de camarón de salmuera.

En el año 2010, el hongo *P. arcularius* fue incluido en el género *Lentinus* en base a estudios moleculares, aunque el hongo no mostró elementos lentinoides. *L. arcularius* también es considerado un hongo medicinal debido a sus actividades anticancerígenas y anti-sarcoma 180 (Ohtsuka et al., 1973). Además, este hongo también ha sido reconocido por su producción de compuestos bioactivos secundarios, como isodrimenediol, drimenediol y sesquiterpenos relacionados (Fleck et al., 1996), así como los ácidos isocryptopóricos H [ácido 3-carboxi-2-(2,5,5,8a-tetrametil-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahidro-naftalen-1-ilmetoxi)-pentanodioico] e isocryptopórico I [ácido 3-carboxi-2-(6-hidroxi-2,5,5,8a-tetrametil-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahidro-naftalen-1-ilmetoxi)-pentanodioico] (Cabrera et al., 2006).

La actividad antimicrobiana (AMA) y la actividad antioxidante (AOA) de *L. arcularius* han sido examinadas por varios estudios (Yamac y Bilgili, 2006; Sum et al., 2019; Demir y Yamac, 2008). En cada estudio, se utilizaron diferentes extracciones con solventes, y cada extracto mostró diferentes actividades contra distintos microorganismos como *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* y *Candida tenuis* (Yamac y Bilgili, 2006). Sin embargo, en otro informe, *L. arcularius* inhibió a *C. tenuis* (Sum et al., 2019) y *S. aureus* (Demir y Yamac, 2008). Se ha reportado la actividad antioxidante de extractos de cuerpo fructífero y micelio de *P. arcularius* (Prasad et al., 2015).

*Lentinus arcularius* (Polyporaceae) es una especie de hongo de pudrición blanca que produce lacasa (Okino et al., 2000; Jegatheesan y Eyini, 2015), peroxidasa (Okino et al., 2000), tirosinasa (Marková et al., 2016) y al menos tres tipos de carboximetilcelulosa (Ishihara et al., 2005).

Jegatheesan y Eyini (2014) llegaron a la conclusión de que, se podría obtener un aumento de casi tres veces en la producción de lacasa (28,30 IU/ml) en *P. arcularius* al compararla con los experimentos de control en un medio de sales básicas, con un mayor contenido de 0,5 g/l de extracto de levadura y un adicional de 250  $\mu$ M de  $\text{CuSO}_4$  en los medios de nutrientes a los 15 días de incubación.

### **2.1.3. El hongo comestible *Polyporus tenuiculus***

La distribución de *P. tenuiculus* entre el año 1980 hasta el año 2019 (Figura 2) fueron registrados en 753 ocasiones y se las georeferenció (GBIF Secretariat, 2022b).

Es una especie natural de América Central y del Sur, es consumida por diferentes grupos étnicos de la región (Omarini et al., 2009a). Además, para el año 2009, los mismos autores recomiendan que, hicieron el primer informe del cultivo de *P. tenuiculus* en residuos lignocelulósicos, y es una especie prometedora tanto para la producción comercial como para su uso potencial en la degradación de otros residuos biológicos.



Fuente: GBIF Secretariat (2022b).

**Figura 2.** Distribución de *Polyporus tenuiculus* (1980 - 2019).

Los cuerpos fructíferos están estipulados con un himenio poroide. El pileo es de blanquecino a amarillento cuando está fresco y se vuelve más oscuro cuando está seco, la superficie es fibrilosa a lisa, y se pueden encontrar creciendo en bosques en el bosque lluvioso del norte de Argentina y el sur de Brasil (Borges et al., 2002). Esta especie se caracteriza por un himenóforo poroide con poros grandes (3-5 por cm) y carne blanda. Es recolectado y cosechado junto con otros hongos comestibles por diferentes grupos étnicos del bosque. Ruán-Soto et al. (2004 y 2006) informaron que se vende en México, principalmente en los mercados de la llanura costera del Golfo de México. Esta especie también se consume en Guatemala y en la Amazonia peruana y brasileña. Sin embargo, no se sabe nada sobre el comportamiento de este hongo en diferentes sustratos de desecho y su capacidad de bioconversión. *P. tenuiculus* (Polyporales, Basidiomycetes) es un miembro de la familia Polyporaceae (Kirk et al., 2001).

#### **2.1.4. Los hongos comestibles cultivables**

La producción comercial mundial de hongos ha mejorado progresivamente durante la última década, aumentando un 35,9% entre 1995 y 2005. La producción mundial comprende alrededor de 5 x 10<sup>6</sup> toneladas de peso fresco/año, aunque, en la actualidad, solo unos pocos géneros de basidiomicetos (*Agaricus*, *Lentinula*, *Pleurotus*, *Auricularia*, *Volvariella*, *Flammulina*, *Tremella* y algunos otros) se cultivan industrialmente (Kues y Liu, 2000).

El cultivo de hongos no solo reduce el impacto ambiental de los desechos utilizados como sustrato, sino que también proporciona una alternativa económicamente

aceptable para la producción de alimentos con alta calidad nutricional y sabor (Philippoussis et al., 2007). Varios desechos lignocelulósicos abundantemente disponibles se pueden utilizar como sustratos baratos para la producción de hongos, como trigo, arroz, paja de arroz, aserrín, desechos de algodón, mazorcas de maíz, pulpa de café, residuos de viticultura, desechos de molinos de aceite de oliva y pasto varilla (Salmones et al., 2005). En la actualidad se cultivan en todo el mundo varias especies de hongos comestibles, como *Pleurotus ostreatus*, *P. sajor-caju*, *P. pulmonarius*, *P. cornucopiae*, *Lentinula edodes*, *Agrocybe aegerita*, *Volvariella volvacea* y *Polyporus umbellatus*, que utilizan diferentes residuos lignocelulósicos para su cultivo con una alta tasa de bioconversión (Sekiya et al., 2005).

Los hongos comestibles cultivables se han convertido en una opción viable y sostenible para complementar la dieta humana, gracias a su alto contenido proteico y su fácil producción bajo condiciones controladas. A diferencia de otros sistemas agrícolas que requieren insumos y prácticas que a menudo afectan negativamente el medio ambiente, el cultivo de hongos se basa en un enfoque más ecológico. Según Regés (1990), los hongos comestibles se desarrollan en sustratos compuestos por residuos de origen vegetal y animal, como la paja de cereales, aserrín y estiércol de animales, lo que simula procesos naturales de descomposición. Este enfoque de producción no solo recicla subproductos agrícolas y ganaderos, sino que también evita el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas que son comunes en otros cultivos. Este modelo de cultivo, en esencia, promueve una agricultura circular en la que se reduce el desperdicio y se optimiza el uso de recursos. De esta manera, el cultivo de hongos no solo satisface la demanda alimentaria de proteínas, sino que lo hace de forma sostenible, lo que es crucial en un contexto de crisis ambiental global.

La capacidad de los hongos comestibles para prosperar en ambientes controlados y en una variedad de sustratos no convencionales los convierte en una fuente accesible de nutrientes para poblaciones que podrían tener dificultades para acceder a otras proteínas de origen animal o vegetal. Su producción requiere menos tierra y agua en comparación con la agricultura tradicional, lo que los hace una opción atractiva desde un punto de vista ecológico y económico. Además, Regés (1990) destaca que, durante el cultivo, se añaden suplementos nitrogenados como el sulfato de amonio y la urea para facilitar la descomposición del sustrato y el crecimiento adecuado del hongo. Esta suplementación no solo asegura una producción eficiente, sino que también contribuye a mejorar el perfil nutricional del producto final. Los hongos son ricos en vitaminas, minerales, antioxidantes, y proteínas, por lo que los expertos los recomiendan como un componente clave en una dieta equilibrada (Regés, 1990). Desde una perspectiva nutricional, el consumo regular de hongos comestibles

puede ayudar a prevenir deficiencias de micronutrientes en las poblaciones, al tiempo que se promueve una dieta más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

### **2.1.5. Fases del cultivo de hongos comestibles en bloques esterilizados**

#### **2.1.5.1. Semilla**

El proceso de obtención de la semilla de hongos comestibles es fundamental para asegurar un crecimiento eficiente y controlado del micelio. Este material es el responsable de expandir metabólicamente al hongo, permitiendo su desarrollo óptimo en los sustratos de producción (Stamets, 2000).

La semilla se obtiene a partir de cultivos puros de micelio, los cuales se mantienen criopreservados en medios nutritivos como agar. A partir de allí, el micelio es transferido a tubos de ensayo y posteriormente a recipientes más grandes, como cajas de Petri o botellas planas con agares nutritivos específicos para hongos, donde se incrementa su volumen. El paso crucial en esta etapa es la preparación del sustrato a base de granos de cereales como trigo, sorgo, cebada o arroz, que deben ser hidratados y cocidos para alcanzar una humedad ideal del 45%. Una vez hidratados, el micelio es inoculado en los granos, proporcionando las condiciones ambientales necesarias, como temperatura y humedad, para su óptimo crecimiento (Rodríguez y Gómez, 2001). Este proceso asegura que la semilla del hongo esté en las mejores condiciones para ser utilizada en la etapa de inoculación, garantizando así la eficiencia del cultivo. La correcta preparación y manejo de la semilla es clave para evitar contaminaciones y obtener un cultivo productivo.

#### **2.1.5.2. Inoculación**

La inoculación es la etapa crítica en la que la semilla del hongo se introduce en el sustrato previamente preparado y esterilizado. Según Rodríguez y Gómez (2001), este proceso debe llevarse a cabo en un ambiente cerrado y altamente controlado para evitar la contaminación, la cual puede ser devastadora para el establecimiento del micelio. Se recomienda realizar la inoculación en un mesón previamente desinfectado y en un espacio libre de corrientes de aire. El sustrato, compuesto habitualmente por residuos vegetales y animales, es inoculado con la semilla, permitiendo que el micelio comience a colonizar el material. Este proceso es esencial para garantizar que el micelio logre invadir completamente el sustrato en las etapas posteriores. La limpieza y desinfección del área de trabajo son aspectos clave, ya que cualquier agente contaminante puede comprometer el crecimiento del hongo, ralentizando o impidiendo su desarrollo adecuado. Esta fase determina la viabilidad del cultivo, por lo que una ejecución precisa y cuidadosa es indispensable para maximizar la productividad. Además, el

sustrato inoculado debe manejarse con cuidado, evitando el contacto directo con agentes externos que puedan introducir contaminantes durante el proceso.

Los desechos, ya sean de origen agrícola o industrial, se han utilizado como sustratos en el cultivo de hongos. Un factor crucial que se considera en este proceso es la relación entre el carbono y el nitrógeno, ya que esto afecta directamente el desarrollo del micelio, el peso del hongo y su producción (Grimm & Wösten, 2018).

Los métodos de cultivo de hongos varían según la región geográfica, lo que ha llevado a la realización de diversos estudios para evaluar su capacidad de crecimiento en diferentes tipos de residuos, como paja de trigo, paja de cebada, cascarilla de arroz, cáscara de maíz, bagazo de caña, e incluso combinaciones de estos materiales (Sadh et al., 2018).

A los sustratos se les puede añadir suplementos, que aportan elementos nutritivos como nitrógeno, fósforo, potasio y carbohidratos con la cual se incrementa la producción y disminuye el tiempo de formación del primordio (Philippoussis et al., 2007).

**Bagazo de caña.** En la caña de azúcar, genera residuos lignocelulósicos que corresponden al 25% de su peso total de la planta, estos residuos lo conforman las hojas verdes, hojas secas, la caña sobrante y el cogollo (Ruiz, 2017). El bagazo es un sustrato utilizado para la producción de hongos y está compuesto por 50% de celulosa, 25% de lignina y 25% de hemicelulosa (Ferreira et al., 2018).

### **2.1.5.3. Incubación**

La incubación es una fase crucial en el cultivo de hongos comestibles, ya que es durante este periodo cuando el micelio coloniza por completo el sustrato. Fernández (2004) destaca que este proceso debe llevarse a cabo en un ambiente controlado, preferiblemente en un cuarto oscuro y cerrado, para evitar la interferencia de la luz y otros factores externos que podrían afectar el desarrollo del micelio. Las condiciones óptimas para la incubación incluyen una temperatura constante que oscile entre los 20 y 28 °C, con una humedad relativa del 70 al 80%. Estas condiciones permiten que el micelio se expanda eficientemente por todo el sustrato. Durante la incubación, es fundamental controlar las variables ambientales, ya que cualquier fluctuación en la temperatura o la humedad puede retrasar o impedir el desarrollo del micelio. La iluminación también debe mantenerse al mínimo, dado que la mayoría de las especies de hongos comestibles requieren poca luz durante esta fase. Este control meticuloso de las condiciones ambientales asegura que el micelio esté en las mejores condiciones para la fructificación, lo que a su vez garantiza una producción óptima y de alta calidad.

#### **2.1.5.4. Fructificación**

La fructificación es el momento en el que los hongos comestibles comienzan a formar sus cuerpos fructíferos, una vez que el micelio ha invadido completamente el sustrato. En esta etapa, las condiciones ambientales deben ajustarse para estimular la formación de los primordios o "pines", los cuales se desarrollarán en hongos maduros. Según Fernández (2004), es esencial aumentar la humedad relativa y la exposición a la luz en esta fase, imitando las condiciones naturales que favorecen el crecimiento de los hongos en su hábitat original. La temperatura también debe modificarse para asemejarse al entorno natural del hongo, lo que varía según la especie cultivada. Estos ajustes en las condiciones ambientales son críticos para asegurar una fructificación exitosa. Si bien la etapa de incubación se realiza en condiciones oscuras y secas, la fructificación requiere un entorno más húmedo y con niveles de luz adecuados para estimular el desarrollo de los cuerpos fructíferos. Un manejo adecuado de esta fase garantiza una cosecha abundante y de calidad, lo que es esencial para la rentabilidad del cultivo de hongos comestibles.

#### **2.1.5.5. Cosecha**

La cosecha es la etapa final del cultivo de hongos comestibles, en la cual se recolectan los cuerpos fructíferos formados durante la fructificación. Oei (2003) señala que esta recolección se lleva a cabo manualmente, utilizando un movimiento de torsión en la base del estípe o, en algunos casos, una cuchilla estéril para evitar la contaminación de los puntos de crecimiento en el sustrato. Esta fase debe realizarse con precisión para maximizar la productividad del cultivo, que generalmente se divide en tres periodos de recolección. Durante el primer periodo, se obtiene el 50% de la producción total, seguido del 30% en el segundo, y el 20% en el tercero. Debido a que existen varios factores que pueden influenciar la productividad del cultivo: la cosecha o floreada en que se elimina la tierra de cobertura de la CH en proceso, la fragmentación de la CH, la re-suplementación y el momento de volver a aplicar la tierra de cobertura (tapado).

Más allá de tres cosechas, la productividad del sustrato disminuye significativamente, y el riesgo de contaminación aumenta considerablemente, lo que limita la viabilidad económica del cultivo. Un manejo adecuado durante la cosecha no solo asegura una mayor producción, sino que también reduce el riesgo de contaminación, garantizando un producto final de alta calidad listo para el mercado o el consumo.

## **2.2. Bases conceptuales**

### **2.2.1. Hongos de pudrición blanca**

Los hongos de pudrición blanca son los degradadores de lignina más eficientes en su entorno natural. La capacidad de los hongos de pudrición blanca para degradar la lignina depende de la producción de un sistema enzimático lignolítico extracelular, compuesto principalmente por lacasa, peroxidasa de lignina, peroxidasa de manganeso y oxidasas generadoras de peróxido de hidrógeno (Hatakka, 1994). Estas enzimas no son específicas y, en consecuencia, oxidan un amplio espectro de sustratos estructuralmente diferentes, como compuestos fenólicos altamente tóxicos y colorantes azoicos (Rodríguez et al., 1999).

### 2.2.2. La celulosa

Es un polímero de unidades de glucosa unidas por enlaces  $\beta$ -1,4-glucosídicos, es el carbohidrato más abundante en la biosfera. La celulosa se produce a una tasa estimada de  $4 \times 10^7$  toneladas año<sup>-1</sup>. La celulosa es la fuente de carbono renovable a gran escala más prometedora para soluciones a largo plazo a problemas energéticos, químicos y de recursos alimenticios (Murai et al., 1998). La tecnología más útil para utilizar celulosa es la conversión biológica a alcohol a través de celooligosacáridos; sin embargo, la despolimerización de la celulosa en celooligosacáridos con enzimas comerciales sigue siendo costosa (Wood e Ingram, 1992).

### 2.3. Estado de arte

Investigación sobre avance del conocimiento en estudios sobre los hongos comestibles en la parte de la amazonia del Perú, hace referencia de las especies que se conocen sobre hongos comestibles en la amazonia de Perú, donde se registraron a 15 especies de estos tipos hongos: *Auricularia delicata*, *Auriculria auricula*, *Favolus brasiliensis*, *Lentinus concavus*, *Oudemansiella canarii*, *Panus badius*, *Pleurotus djamor*, *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus sp.*, *Polyporus arcularius*, *Polyporus cratrellus*, *Polyporus sp.*, *Polyporus tenuiculus*, *Polyporus tricoloma* y *Schizophyllum commune*; poseen diferencias en las preferencias para ser consumidos por parte de los pueblos amazónicos o comunidades, siendo necesario que se incrementen más los estudios con fines de que se promuevan sus cultivos (Ruiz et al., 2018).

Omarini et al. (2009a) realizaron la investigación sobre las innovaciones respecto a producir alimentos, enfocados en producir *Polyporus tenuiculus* (basidiomicetes), quienes caracterizaron el tamaño de los hongos según la cepa y evaluaron la eficiencia biológica en los distintos sustratos a base de aserrín de sauce (100%) y paja de trigo (80%) + salvado de trigo (15%) + harina de soja (5%). Logrando mayor eficiencia biológica (EB%) con el sustrato a base de paja de trigo suplementada.

Omarini et al. (2009b) determinaron las condiciones óptimas para la producción del cuerpo fructífero de *P. tenuiculus*, ensayaron dos cepas en paja de trigo y aserrín con o sin suplementos. Se necesitaron sesenta días de incubación a 25 grados °C para producir un bloque sólido. El mayor rendimiento se obtuvo con la cepa ICFC 383/00 cultivada en aserrín de sauce suplementado. En un segundo experimento se utilizó la cepa ICFC 383/00 y diferentes suplementos para mejorar la eficiencia biológica (EB) y determinar los rasgos de calidad y su capacidad de biodegradación. Los mayores rendimientos se obtuvieron en aserrín con un 25% de suplementos alcanzando el 82,7% de EB. Los suplementos aumentaron el número de rubores, generalmente de cuatro a cinco, lo que contribuyó a aumentar los rendimientos. El tipo de sustrato tuvo un efecto significativo en los diámetros corporales fructíferos de *P. tenuiculus*, y los hongos más grandes se cosecharon en sustrato suplementado con el mayor EB coincidiendo con la mayor pérdida de materia seca en sustratos. *P. tenuiculus* mostró una capacidad para degradar el aserrín, causando una disminución de 67,2-74,5% en celulosa, 80,4-85,7% en hemicelulosa y 60,6-66,2% en contenido de lignina al final del ciclo de cultivo. La disminución de la hemicelulosa fue relativamente mayor que la de la celulosa y la lignina en los sustratos suplementados.

En Tingo María, Salazar (2018) al investigar sustratos provenientes de la agroindustria en la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (Pleurotus), obtuvo mayor producción del hongo con el sustrato a base de paja de arroz ( $60,13 \pm 15,56$  g).

Apaza (2018) al desarrollar el trabajo sobre la producción de *Pleurotus djamor* usando sustratos provenientes de los residuos agrícolas en Tingo María, logró mejor resultado con el sustrato a base de paja de arroz, donde determinó la fructificación en un periodo de 13 días a la siembra, con hongos frescos cuyo peso promedio fue 199,31 g, siendo su eficiencia biológica del 70,09% y en el caso de la tasa de producción registró una media de 5,75.

El estudio llevado a cabo por Guerra y Taboada (2014), lograron determinar de mejor tratamiento al utilizar como componente del sustrato a 25% de tamo de frijol más un 75% de aserrín de eucalipto (T<sub>4</sub>), necesitando solamente 63 días luego de sembrado para colonizar por el micelio; al utilizar el sustrato conformado por 25% bagazo de caña añadido un 75% de cascarilla de arroz (T<sub>12</sub>) se colonizó en 84 días, para los dos tratamientos se observó poca producción de hongos, aunque presentaban elevado peso y tamaño. La conclusión al que llegaron fue, que el medio sin compostaje suele generar menor tiempo para ser colonizado, es precoz y hay cosecha; aplicar el compostaje suele forjar cambios del pH que es desfavorable en producir el hongo *Lentinus edodes*, además, en ciertas situaciones suele inhabilitar que se propague el micelio y aparezcan los primordios. Como resultado reportaron adicionalmente un

68,4% de eficiencia biológica y se cosechó en cuatro ocasiones en el T<sub>4</sub>; pero en el T<sub>12</sub>, hubo 27,2% de eficiencia biológica, se cosechó en tres oportunidades, aunque los hongos fueron más pequeños posteriormente.

Motato et al. (2006) utilizaron sustratos que contenían residuos de *Musa paradisiaca* y aserrín de *Cariniana piriformes* (abarco) con fines de producir *Pleurotus djamor*, logrando obtener mejor resultado con el sustrato de hojas de Musa (100%), con 24,1% de eficiencia biológica que se observó pasado las dos cosechas.

Pavlich (2001) cultivó hongos comestibles originarios del Perú como es el caso de *Pleurotus ostreatus* y *Auricularia fuscusuccinea* que fueron colectados en Maranura del departamento del Cusco y también *P. ostreatus* que se obtuvo de Chanchamayo en el departamento de Junín, usó como sustratos a los restos de trigo, coronta de maíz y al afrecho del trigo. *P. ostreatus* registró 64,5% de eficiencia biológica, 2,5% respecto a la tasa de producción y 485,5 g por cosecha del rendimiento de carpóforo por bolsa.

Salas (2019) investigó la productividad de *Pleurotus djamor* empleando a la cáscara de café en mezcla a la paja de arroz suplementado con maíz molido como sustrato, ha logrado mayor producción utilizando la paja de arroz suplementado con 20 g de maíz molido, adicionalmente obtuvo mayor rendimiento, tasa de producción y eficiencia biológica.

Salmones (2017) publicó el estudio sobre “*Pleurotus djamor*, un hongo con potencial aplicación biotecnológica para el neotrópico” registró los atributos nutrimentales y funcionales de esta especie, su capacidad de biosíntesis y biodegradabilidad en distintos procesos biotecnológicos, como la producción de alimento, transformación del resto orgánico debido a que secretan enzimas ligninocelulolíticas y su aplicación a remediar el suelo y agua, entre otros.

Ruiz (2021) al investigar sobre cultivo de cuatro cepas de hongos comestibles perteneciente al género *Pleurotus* empleando como sustrato a los restos del tallo de maíz y la paja de arroz, logró mejores respuestas a la producción de setas frescas y eficiencia biológica con el sustrato a base de paja de arroz con tres cepas distintas.

Villar (2021) investigó sobre sustratos provenientes de residuos agrícolas empleados para producir *Pleurotus djamor* en Tingo María, logró mejor eficiencia biológica del 66,39%, rendimiento del 24,63% y una tasa de producción del 4,31% con sustrato a base de tallo de maíz.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo experimental se realizó en el Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. En la fase de laboratorio se realizó el aislamiento de los hongos nativos y la producción de semilla (micelio en grano de trigo) y la fase de producción de los hongos (campo) se realizó en un ambiente que simule a un invernadero.

##### 3.1.1. Ubicación política

Distrito : Rupa Rupa  
Provincia : Leoncio Prado  
Departamento : Huánuco

##### 3.1.2. Ubicación geográfica

Latitud sur : 09° 09' 00''  
Longitud oeste : 75° 59' 00''  
Altitud : 641 msnm.



Figura 3. Ubicación de los puntos de colecta y ejecución de la tesis.

### 3.1.3. Condiciones climáticas (Estación Meteorológica José Abelardo Quiñones, 2022)

Temperatura máxima	: 29,4 ° C
Temperatura mínima	: 19,5 ° C
Temperatura media anual	: 24,2 ° C
Precipitación promedio anual	: 3 200 mm
Humedad relativa	: 80 %

## 3.2. Materiales y equipos

### 3.2.1. Materiales

Los materiales son: placa Petri, frascos Erlenmeyer, pinzas, alcohol, lejía, Ceftriaxoma (antibiótico), bolsas de polipropileno 6x12x6, paraflim, vasos de precipitación, termóhigrómetro, andamios de madera y materiales de oficina.

### 3.2.2. Equipos

Comprendieron: Cámara de flujo laminar, refrigeradora, autoclave, horno esterilizador en seco, estufa, equipos de cómputo, cámara digital, balanza y autoclave.

### 3.2.3. Material genético

Especie del hongo *Polyporus arcularius* y *Polyporus tenuiculus*.

## 3.3. Metodología

### 3.3.1. Recolección del material genético

Los especímenes del hongo *P. arcularius* fue recolectado del Jardín Botánico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva y en el caso de *P. tenuiculus* se recolectó del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS); la salida para poder encontrar los hongos se realizó previamente a la ocurrencia de lluvias seguidas por periodos de tres días, luego se optó por realizar salidas en horas de la mañana donde se observó distintos lugares que presentaban madera en proceso de descomposición, una vez encontrados los hongos, se procedió a utilizar una cuchilla para poder cortar parte de la madera donde se sostenía el hongo, se procedía colocarlos en hojas de las plantas aledañas para que se las colocaran en bolsas plásticas y se las transportó hacia el Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación.

Una vez trasladada al Laboratorio, se procedió a describir sus características externas y posteriormente, mediante herramientas como guías o catálogos se llevó a cabo su identificación como “Taxonomía, ecología y diversidad de poliporus” (Volk y Ryvarde, 1992), y “Genera of polypores, nomenclature and taxonomy” (Robledo, 2006) con la asistencia del profesional responsable de Laboratorio, lo que permitió su identificación adecuada.

### **3.3.2. Aislamiento del micelio**

A los especímenes de hongos, con la ayuda de un bisturí se ha extraído pequeñas secciones de la parte basal del himenio de carpóforo (0,5 cm de sección aproximadamente), las secciones fueron desinfectadas en una solución de 10 partes de agua destilada y una parte de hipoclorito de sodio (lejía) por el tiempo de tres minutos (10:1 x 1”), la sección fue enjuagado con agua destilada y secada con papel filtro, luego fue sembrada en el medio de cultivo (PAD) que se colocó en tres placas Petri por especie de hongo. Para la siembra se ha tenido que utilizar los medios de cultivo EMA y PDA y con la indumentaria adecuada se trabajó en la cámara de flujo laminar lo cual previamente fue esterilizado con rayos UV, se colocó en dicho medio dos porciones del himenio y se taparon las placas Petri asegurándolos con parafilm y ser transportadas a la incubadora que se caracteriza por ser un medio oscuro donde por un periodo entre los 5 a 7 días ya se observaron los micelios crecidos (Ruiz et al, 2022, Ruiz et al, 2018).

### **3.3.3. Preparación, esterilizado y plaqueado del medio de cultivo (PDA y EMA)**

La preparación se hizo agregando 1 000 ml de agua destilada en un vaso de precipitación de capacidad de 2 000 ml, se adicionó 39 gramos de medio comercial de agar papa dextrosa, así como 59 gramos de agar extracto de malta (HIMEDIA M096-500G y M137-500G respectivamente), se llevó a hervir en una estufa donde se observa que hay un cambio de la coloración inicial hasta que quede transparente, esto se logra agitando constantemente con una varilla de vidrio para homogenizar y diluir el medio. El medio se colocó en un matraz donde se le tuvo que tapar empleando algodón y papel, se le tuvo que esterilizar en una autoclave a 121 grados de temperatura y 15 lb de presión por un periodo de 15 minutos, seguidamente se extrajo, se dejó enfriar para que al día siguiente se proceda al plaqueado en la cámara de flujo laminar. Se obtuvieron seis placas por cada medio de cultivo al que se le había añadido ceftriaxona para evitar agentes contaminantes, luego se realizó el corte de los micelios en cuadros y se procedió a sembrar en el centro de las placas con los medios de cultivo.

### **3.3.4. Incubación a temperatura ambiente**

Después de inocular en micelio de los hongos en las placas se colocó en la cámara incubadora por una semana a temperatura ambiente y en oscuridad para su propagación. Debido a que el micelio se propagó con rapidez en oscuridad.

### **3.3.5. Caracterización del crecimiento micelial in vitro de *Polyporus tenuiculus* en dos medios de cultivo sintéticos**

La caracterización del crecimiento micelial fue realizada utilizando dos medios de cultivo Agar papa dextrosa y Agar extracto de malta. Se realizó la distribución en

cuadrantes al medio de cultivo dentro de la placa con la cual se pudo realizar las mediciones de sus diámetros empleando una regla graduada; además, se realizó la caracterización morfológica.

**Tabla 1.** Caracterización morfológica del crecimiento micelial de *Polyporus arcularius* y *Polyporus tenuiculus* en dos medios de cultivo

	<b>Características morfológicas</b>	<b>Código</b>
Tipo de crecimiento	Homogéneo	1
	Irregular	2
	Ralo	3
	Con anillos de crecimiento	4
Textura	Algodonosas	1
	Aborlada	2
	Venosa	3
	Aterciopelada	4
	Cerosa	5
Color	Blanco	1
	Blanquecino	2
	Rojo a rojizo	3
	Amarillento	4
Micelio aéreo	Regular	1
	Escaso	2
	Ausente	3

Fuente: Ángel (2006).

### **3.3.6. Evaluación de la eficiencia biológica, el rendimiento y la tasa de producción de *P. arcularius* y *P. tenuiculus* en tres residuos de origen agrícola**

#### **3.3.6.1. Sustratos utilizados y esterilizado**

Los sustratos donde se realizó la siembra del micelio de los hongos en estudio fueron residuos agroindustriales a base de bagazo de caña de azúcar, rastrojo de arroz y aserrín de cajonería.

El bagazo de caña de azúcar se obtuvo mediante compra directa de un comerciante que se dedicaba a la venta de jugo proveniente de esta gramínea y su puesto se localiza cerca al control policial del Centro de Investigación y Producción Tulumayo en el

distrito de Pueblo Nuevo, mientras que, en el caso del rastrojo de arroz y el aserrín de cajonería se obtuvieron en el distrito José Crespo y Castillo cuya capital es conocido como Aucayacu. Una vez obtenidos los sustratos se tuvieron que secarlas por un periodo de dos semanas. En el caso del bagazo de caña se tuvo que enjuagarlos con la finalidad de que se elimine parte del exceso de azúcar contenido, luego se procedió a picarlos para que se sometían a un composteo por un periodo de dos meses teniendo siempre en cuenta mantener la humedad con riegos aplicados en periodos semanales. Transcurrido el composteo, se sometió a un esterilizado por un periodo de dos horas.

### **3.3.6.2. Multiplicación de micelio de los fungi en estudio**

La multiplicación permitió obtener la cantidad necesaria para sembrar en los sustratos a experimentar. La siembra para la multiplicación de micelios se realizó en una preparación de la semilla.

Este medio consistió a base de trigo resbalado, el cual fue limpiado a fin de quitar las impurezas y hervido por un periodo de tiempo entre 12 minutos, escurrido y depositado en bolsas de polietileno en una cantidad de 250 gramos/bolsa y su autoclavado correspondiente.

Luego en la cámara de flujo laminar se procedió a inocular el micelio de los fungi en cada una de las bolsas conteniendo el trigo, se colocaron un número de dos trozos de micelio cuya dimensión fue de 2 cm<sup>2</sup> ubicadas en cada extremo de la parte superior de las bolsas y luego fueron colocadas en una incubadora a temperatura ambiente y en oscuridad por un periodo de 15 a 20 días donde se observaba una coloración blanquecina que es debido a la presencia de micelios.

### **3.3.6.3. Siembra de micelio (semilla) de los fungi en estudio**

Los sustratos ya esterilizados en el momento que se requiera para la siembra, se esperó que enfriara a temperatura ambiente, luego fueron depositados en bolsas de polipropileno cuyas dimensiones fueron 9 cm x 14 cm x 1.5 mm, intercalando una capa de sustrato con una de inóculo en la cantidad de aproximadamente 4% del peso del sustrato, considerando los tratamientos.

De los sustratos considerados en el estudio como el bagazo de caña, rastrojo de arroz y aserrín de cajonería, se instalaron seis repeticiones, haciendo un total de 18 unidades experimentales:

- T<sub>1</sub> : Bagazo de caña
- T<sub>2</sub> : Rastrojo de arroz
- T<sub>3</sub> : Aserrín de cajonería

### 3.3.6.4. Tratamientos

Los tratamientos en estudio fueron distribuidos en seis repeticiones o bolsas con sustratos (**Figura 4**).

Especie de fungi	Tratamientos	Repeticiones					
		1	2	3	4	5	6
<i>Polyporus arcularius</i>	T <sub>1</sub>	x	x	x	x	x	x
	T <sub>2</sub>	x	x	x	x	x	x
	T <sub>3</sub>	x	x	x	x	x	x
<i>Polyporus tenuiculus</i>	T <sub>1</sub>	x	x	x	x	x	x
	T <sub>2</sub>	x	x	x	x	x	x
	T <sub>3</sub>	x	x	x	x	x	x

**Figura 4.** Esquema de distribución de los tratamientos.

Las bolsas con los sustratos sembrados fueron colocadas a temperatura ambiente en oscuridad por 15 días, luego de este tiempo se observó para verificar los posibles crecimientos del micelio en los sustratos.

### 3.3.6.5. Variables evaluadas

Variable independiente:

Tres sustratos a base de residuos agrícolas (bagazo de caña, rastrojo de arroz y aserrín de cajonería).

Variable dependiente:

Capacidad productiva del hongo *P. tenuiculus*, donde se evaluaron las variables respuesta:

**Eficiencia biológica (%)**. Peso en fresco de hongos cosechados sobre el peso del sustrato seco por cien de las dos cosechas.

**Rendimiento (%)**. Peso en kilogramos (Kg) del hongo en fresco en las dos cosechas sobre el área ocupada por las bolsas.

**Tasa de productividad (%)**. Mediante la expresión matemáticas; Eficiencia biológica/(Período de colonización del sustrato + período de fructificación en días). Ríos et al. (2017).

**Taza de corrida del micelio (días)**. Tiempo determinado en días en el cual el hongo coloniza el sustrato, evidenciado con el cambio de color a blanco y la compactación del bloque (Variable continua, cuantitativa, de razón).

### 3.3.6.6. Diseño del experimento

Para el análisis del efecto de los sustratos sobre el crecimiento y producción de *Polyporus tenuiculus*, se empleó el Diseño Completamente al Azar (DCA), con 8 repeticiones y para las comparaciones entre los niveles de tratamientos se utilizó la prueba de Tuckey a un nivel de significancia del 5,0% ( $\alpha = 0,05$ ).

Este diseño se utilizó con la finalidad de determinar la variación que existe entre los niveles, dentro de cada sustrato.

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

Siendo:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta

$\mu$  = Efecto de la media general

$\tau_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = Efecto aleatorio o error experimental

$i = 1, 2, \dots, t$      $t$  = número de tratamientos

$j = 1, 2, \dots, r_i$      $r_i$  = número de repeticiones por tratamiento

**Tabla 2.** Esquema del análisis de varianza (ANVA).

Fuentes de variación	Grados de libertad
Tratamientos (sustratos)	$t-1 = 3 - 1 = 2$
Error experimental	$t(r-1) = 3(8 - 1) = 21$
Total	$tr-1 = 3*8 - 1 = 23$

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

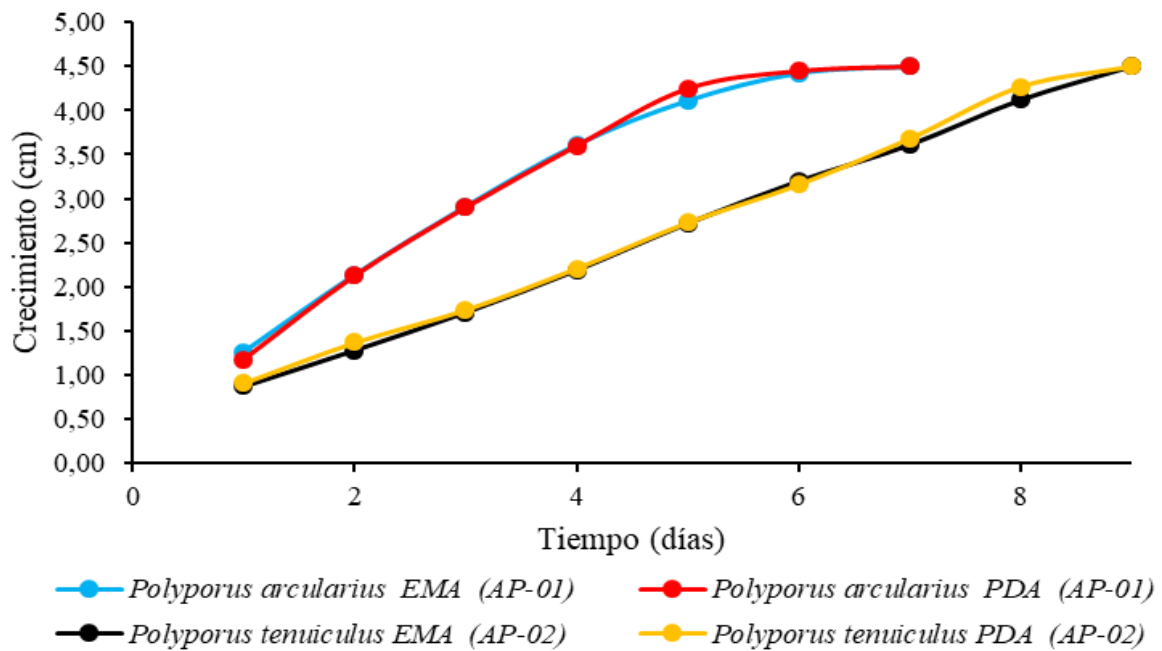
### 4.1. Crecimiento micelial In vitro de *Polyporus arcularius* y *Polyporus tenuiculus* en dos medios de cultivo sintéticos

Las características de las especies en estudio presentan una tabla comparativa de las características morfológicas de dos especies de hongos, **Polyporus arcularius** (*P. arcularius*) y **Polyporus tenuiculus** (*P. tenuiculus*). Las características comparadas son: **A. Tipo de crecimiento:** *P. arcularius* presenta un crecimiento con anillos de crecimiento, lo que sugiere que el hongo desarrolla capas concéntricas a medida que crece y para *P. tenuiculus*, por otro lado, tiene un crecimiento homogéneo, sin la formación de anillos visibles. **B. Textura:** *P. arcularius* tiene una textura algodonosa, lo que indica que su estructura es suave y fibrosa, similar al algodón; mientras que *P. tenuiculus* presenta una textura venosa, lo que sugiere que su estructura es más fibrosa y con un patrón que recuerda a venas o redes, **C. Color:** *P. arcularius* tiene un color blanquecino, lo que le da un aspecto más claro y suave y *P. tenuiculus* tiene un color blanco, sin variaciones perceptibles en comparación con *P. arcularius* y **D. Micelio aéreo:** *P. arcularius* y *P. tenuiculus*, presentan ausencia de micelio aéreo, lo que significa que no desarrollan estructuras que crecen fuera del sustrato como en otros hongos, el cual se detalla en la **Tabla 3**.

**Tabla 3.** Características morfológicas de *P. arcularius* y *P. tenuiculus*.

Características morfológicas	<i>P. arcularius</i>	<i>P. tenuiculus</i>
Tipo de crecimiento	Con Anillos de crecimiento	Homogéneo
Textura	Algodonosas	Venosa
Color	Blanquecino	Blanco
Micelio aéreo	Ausente	Ausente

Se observaron diferencias en el crecimiento de los micelios de las dos especies de *Polyporus*, siendo más rápido el desarrollo de los micelios de *P. arcularius*, que alcanzaron su tamaño máximo en siete días en todas las placas Petri de 90 mm de diámetro, mientras que los micelios de *P. tenuiculus* lo hicieron a los nueve días. Además, se notó que no hubo una diferencia significativa en el crecimiento micelial en el medio de cultivo. (**Figura 5**).



**Figura 5.** Comportamiento del crecimiento micelial del género *Polyporus* en dos medios de cultivo.

*P. arcularius* mostró un mayor crecimiento micelial a los 7 días de sembrado en dos medios de cultivo sintético (PDA y EMA). Sin embargo, estos no son los únicos medios adecuados para cultivar esta especie, ya que Jegatheesan y Eyini (2014) utilizaron un extracto de levadura para aumentar la producción de la enzima oxidasa lacasa en *P. arcularius*. El estudio del resumen se centra en el crecimiento micelial de *P. arcularius* en dos medios sintéticos, PDA y EMA, y resalta el tiempo de crecimiento de 7 días como un dato relevante. Ver figura 5.

Jegatheesan y Eyini (2014), en su investigación, exploraron el uso de un extracto de levadura no solo como medio de cultivo, sino con el propósito de incrementar la producción de una enzima específica (lacasa), lo cual muestra un enfoque diferente y más específico hacia la optimización del cultivo de esta especie.

Ambos estudios coinciden en que *P. arcularius* puede cultivarse de manera efectiva, pero el trabajo de Jegatheesan y Eyini (2014) introduce un aspecto adicional: el uso de suplementos específicos (extracto de levadura) para mejorar la producción de enzimas, mientras que el resumen se enfoca más en las condiciones generales de crecimiento del hongo.

#### 4.2. Eficiencia biológica, rendimiento y tasa de productividad de *P. arcularius* en tres residuos de origen agrícola

Solamente se logró la observación de cuerpos fructíferos en *P. arcularius* provenientes del Jardín botánico, mientras que en caso de *Polyporus tenuiculus* colectadas del BRUNAS logró el crecimiento del micelio en todo el sustrato (**Figura 6**).



**Figura 6.** Basidioma de *P. arcularius* y *P. tenuiculus* sembrados en residuos agrícolas.

La ausencia de emisión de cuerpos fructíferos por parte de *P. tenuiculus* puede atribuirse a los factores ambientales como la temperatura, debido a que estas variaciones de comportamiento lo registraron Omarini et al. (2009b) al realizar ensayos en dos cepas del fungi mencionado, resaltando que la cepa ICFC 233/00 e ICFC 383/00 necesitaron 65 días de incubación a 25 °C para producir un bloque sólido, reportando mayor rendimiento con la cepa ICFC 383/00 cultivada en aserrín de sauce suplementado; la producción (EB: 82,7%) se vio influenciada al incluir suplementos (25%) al aserrín con un 25%. Resultados muy alentadores en *P. tenuiculus* reportan al obtener una degradación del aserrín de sauce, causando una disminución de 67,2-74,5% en celulosa, 80,4-85,7% en hemicelulosa y 60,6-66,2% en contenido de lignina al final del ciclo de cultivo, comportamiento muy alentador en donde se debe seguirla búsqueda de sustratos adecuados para la producción de esta especie de hongo como lo reportado por Omarini et al. (2009a) que estuvo conformado a base de paja de trigo en un 80% + salvado de trigo en un 15% y harina de soja en un 5%.

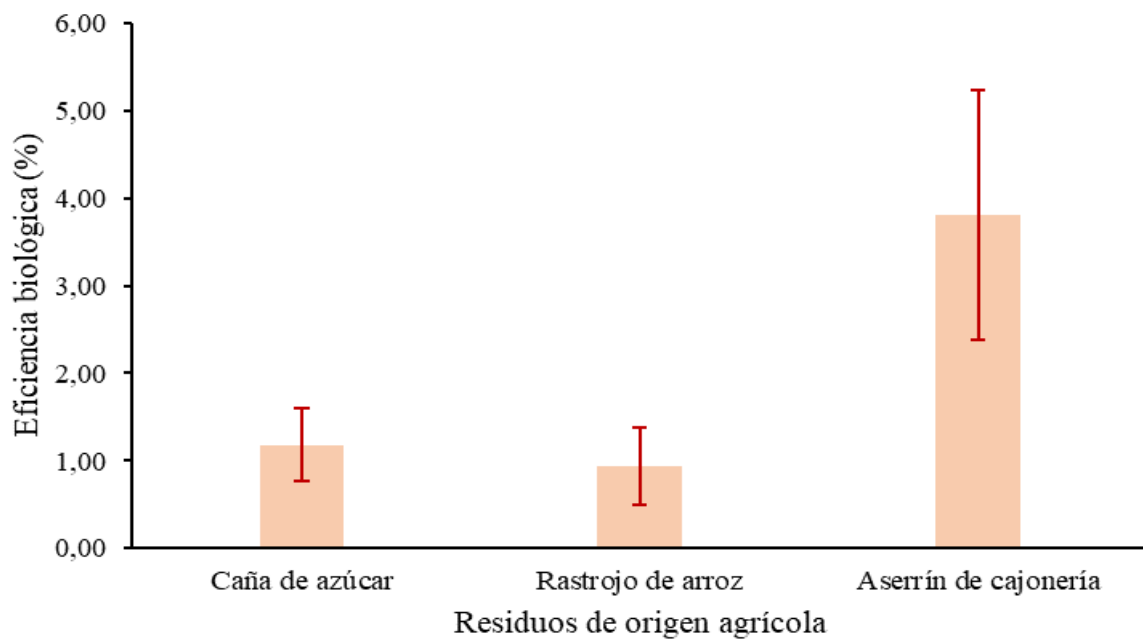
#### 4.2.1. Eficiencia biológica de *P. arcularius*

En todos los tratamientos utilizados hubo repeticiones donde no se encontró valores correspondientes a la eficiencia biológica. Además, los datos registraron alta variabilidad respecto a las repeticiones establecidas, siendo reflejado en el valor del coeficiente de variabilidad (Tabla 4 y Figura 7).

**Tabla 4.** Estadísticos de la eficiencia biológica de *P. arcularius* sembrados en distintos residuos de origen agrícola.

Residuos de origen agrícola	N	Media	Mínimo	Máximo	CV (%)
Caña de azúcar	6	1,18	0,00	2,53	85,73
Rastrojo de arroz	6	0,94	0,00	2,37	114,45
Aserrín de cajonería	6	3,81	0,00	10,19	91,74
Total	18	1,97	0,00	10,19	124,24

N: repeticiones; CV: Coeficiente de variación.



**Figura 7.** Eficiencia biológica de *P. arcularius* sembrados en distintos residuos de origen agrícola

La eficiencia biológica de *Polyporus arcularius* en términos generales fue baja para todos los sustratos, en comparación con el caso de *Pleurotus ostreatus* que creció mejor en sustrato paja de arroz (Salazar, 2018), porque tiene similitud morfológica en crecimiento. Se pudiera incrementar el rendimiento y reducir el tiempo de formación del

primordio añadiendo los suplementos nutritivos como Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Carbohidratos que son de mucha utilidad para el cultivo de hongos.

El uso de diferentes residuos de origen agrícola no repercutió de manera significativa sobre la eficiencia biológica de *P. arcularius*. Además, hubo factores que no se pudo controlar debido a que el coeficiente de variación registró un valor del 42,78% (**Tabla 5**).

**Tabla 5.** ANVA para el efecto de los residuos de origen agrícola sobre la eficiencia biológica de *P. arcularius*.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Residuos de origen agrícola	2,282	2	1,141	3,061	0,077
Error experimental	5,593	15	0,373		
Total	7,875	17			

CV: 42,78%. ANVA realizado con datos transformados  $(x+0,5)^{1/2}$

La eficiencia biológica se refiere a la capacidad de un organismo para realizar un ciclo de vida completo o producir biomasa utilizando un recurso dado. En este caso, *Pleurotus ostreatus* parece tener una ventaja sobre *Polyporus arcularius*, lo cual puede ser explicado por su mayor adaptabilidad a sustratos orgánicos como la paja de arroz. Esto es consistente con los resultados de *P. ostreatus* en otros estudios. Por ejemplo, en investigaciones previas de Zied *et al.* (2011), se encontró que *Pleurotus ostreatus* tiene una alta eficiencia de descomposición en sustratos lignocelulósicos, lo que podría explicar su rendimiento superior en la paja de arroz. Además, *P. ostreatus* es conocido por su habilidad para descomponer lignina y celulosa, lo que lo hace particularmente eficiente en la degradación de residuos agrícolas.

La similitud morfológica entre estos dos hongos es interesante y merece un análisis más profundo. Aunque ambos hongos presentan características como la formación de basidiomas (fructificaciones) y el desarrollo de micelio en sustratos lignocelulósicos, *Pleurotus ostreatus* generalmente muestra un crecimiento más agresivo y rápido. Esto podría estar relacionado no solo con la morfología, sino también con diferencias en los mecanismos fisiológicos que afectan la velocidad de colonización y la producción de esporas. Según Domínguez *et al.* (2013), los hongos de la familia *Pleurotaceae* como *P. ostreatus* suelen tener una mayor plasticidad en su crecimiento, lo que les permite adaptarse rápidamente a diferentes sustratos.

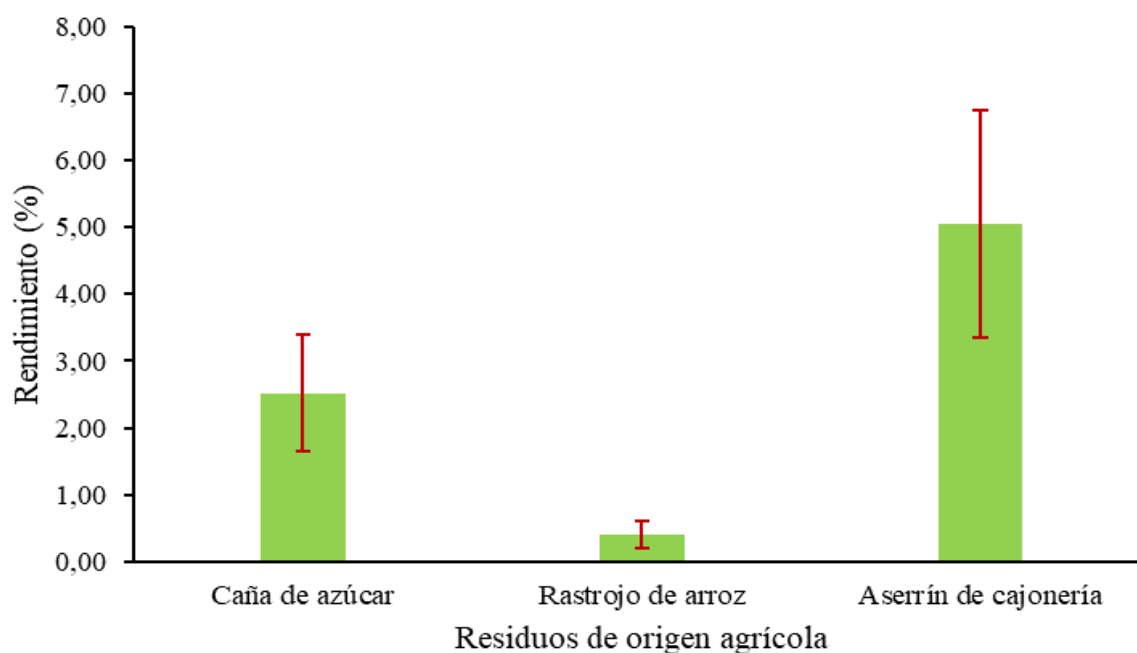
#### 4.2.2. Rendimiento de *P. arcularius*

El rendimiento de *P. arcularius* que fueron cultivados en diferentes residuos de origen agrícola fue muy variable, siendo el valor más elevado cuando se utilizó el rastrojo de arroz debido a su elevado valor del coeficiente de variación respecto a las repeticiones establecidas (Tabla 6 y Figura 8).

**Tabla 6.** Estadísticos del rendimiento de *P. arcularius* sembrados en distintos residuos de origen agrícola.

Residuos de origen agrícola	N	Media	Mínimo	Máximo	CV (%)
Caña de azúcar	6	2,52	0,00	4,97	84,36
Rastrojo de arroz	6	0,41	0,00	1,18	119,48
Aserrín de cajonería	6	5,04	0,00	11,75	82,69
Total	18	2,66	0,00	11,75	120,76

N: repeticiones; CV: Coeficiente de variación.



**Figura 8.** Rendimiento de *P. arcularius* sembrados en distintos residuos de origen agrícola.

El bajo rendimiento de *Polyporus arcularius* se debe a los factores ambientales según Sadh et al. (2018), el cual aclara que los métodos de cultivo de hongos varían según la región geográfica, se realizó estudios con diferentes tipos de residuos, como paja de trigo, paja de cebada, cascarilla de arroz, cáscara de maíz, bagazo de caña, e incluso combinaciones de estos materiales.

El uso de los diferentes residuos de origen agrícola repercutió de manera significativa sobre el rendimiento del hongo comestible *P. arcularius* en donde se contrasta la hipótesis del estudio correspondiente a que al menos uno de los residuos utilizados en el experimento presentó mayor rendimiento del hongo comestible mencionado (**Tabla 7**).

**Tabla 7.** ANVA para el efecto de los residuos de origen agrícola sobre el rendimiento de *P. arcularius*.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-valor
Residuos de origen agrícola	4,703	2	2,351	4,535	0,029*
Error experimental	7,778	15	0,519		
Total	12,481	17			

CV: 45,86%.

\*: Existen diferencias estadísticas significativas.

ANVA realizado con datos transformados  $(x+0,5)^{1/2}$

En la prueba de comparación de medias se determinó que, al emplear como sustrato al aserrín de cajonería, se obtuvo mayor promedio del rendimiento del hongo comestible *Polyporus arcularius*, mientras que el menor valor promedio se muestra en el sustrato rastrojo de arroz (**Tabla 8**).

El bajo rendimiento de *Polyporus arcularius* podría explicarse por su sensibilidad a ciertos factores ambientales como la temperatura, la humedad y la composición química del sustrato. Según lo mencionado por Sadh et al. (2018), el clima y los recursos disponibles en una región específica pueden afectar la eficiencia del cultivo de hongos. Por ejemplo, *P. arcularius*, al ser un hongo que se encuentra principalmente en ambientes forestales, podría no estar bien adaptado a los sustratos agrícolas o a las condiciones de temperaturas y humedad fuera de su rango natural. Este fenómeno es similar a lo reportado por Sánchez et al. (2015), quienes destacan que la temperatura y la humedad relativa son factores críticos para el crecimiento óptimo de los hongos y pueden influir significativamente en su rendimiento

Según Sadh et al. (2018), los residuos como la paja de trigo, cebada, cascarilla de arroz y otros, tienen características químicas y físicas que pueden ser más o menos favorables para diferentes especies de hongos. Los residuos ricos en lignina, como la paja de trigo, son ideales para especies de hongos que tienen una alta capacidad de descomposición de la lignina, como *Pleurotus ostreatus*. Sin embargo, *Polyporus arcularius*, que también descompone la lignina, pero de manera menos eficiente que otras especies, puede tener

dificultades con estos sustratos. En este sentido, estudios de *Méndez et al.* (2016) sugieren que los hongos de la familia *Polyporaceae* suelen ser más eficientes en sustratos lignocelulósicos que se encuentran en ambientes naturales, como los troncos de madera o la hojarasca, que en los residuos agrícolas que no tienen las mismas características.

Otro punto clave en la discusión es el uso de combinaciones de sustratos. *Sadh et al.* (2018) mencionan que las combinaciones de diferentes residuos, como la paja de cebada con cascarilla de arroz o el bagazo de caña, pueden ofrecer un sustrato más equilibrado que favorezca el crecimiento de algunos hongos. *Zied et al.* (2012) también observan que la combinación de sustratos puede ayudar a mejorar la disponibilidad de nutrientes, lo que puede compensar algunas deficiencias de un material individual. Este enfoque también puede beneficiar a *Polyporus arcularius* si se encuentran mezclas que se ajusten mejor a sus necesidades nutricionales y de estructura.

**Tabla 8.** Prueba Tukey para el efecto de los residuos de origen agrícola sobre el rendimiento de *P. arcularius*.

Residuos de origen agrícola	Repetición	Rendimiento (%)	Subconjunto
Caña de azúcar	6	1,61	Ab
Rastrojo de arroz	6	0,93	B
Aserrín de cajonería	6	2,18	A

Letras diferentes demuestran diferencias estadísticas significativas.

*Hoang et al.* (2022) reporta que *P. arcularius* posee capacidades antimicrobianas, antioxidantes y características medicinales, también en el uso de decoloración de colorantes sintéticos y la micoremediación de efluentes textiles artificiales debido a que poseen la peroxidasa de manganeso y las enzimas lacasas (*Bayburt et al.*, 2020).

El bagazo de caña de azúcar registró el segundo lugar después del sustrato a base de aserrín de cajonería, esto a pesar de que *Ferreira et al.* (2018) indica que, el bagazo es un sustrato utilizado para la producción de hongos y está compuesto por 50% de celulosa, 25% de lignina y 25% de hemicelulosa, que son fuente de alimento para que proliferen el hongo *P. arcularius*.

La importancia de encontrar un sustrato adecuado por cada especie de hongo radica en la variabilidad de reportes, tal es el caso de *Pleurotus djamor* que fue cultivado

en paja de arroz obteniéndose mayores rendimientos (Apaza, 2018 y Ruiz, 2021), muy divergente a lo reportado para *P. arcularius* en el presente estudio.

El bajo rendimiento de *Polyporus arcularius* en comparación con otras especies de hongos comestibles puede explicarse por una serie de factores ambientales y de sustrato, como destacan Sadh et al. (2018). Los diferentes métodos de cultivo en función de la región geográfica y los tipos de residuos disponibles son determinantes para el éxito de los cultivos de hongos. Además, la elección del sustrato adecuado y la adaptación a las condiciones locales son factores críticos para maximizar el rendimiento de especies como *Polyporus arcularius*. A pesar de sus limitaciones en ciertos sustratos, este hongo puede ofrecer resultados positivos si se eligen los materiales adecuados y se optimizan las condiciones de cultivo.

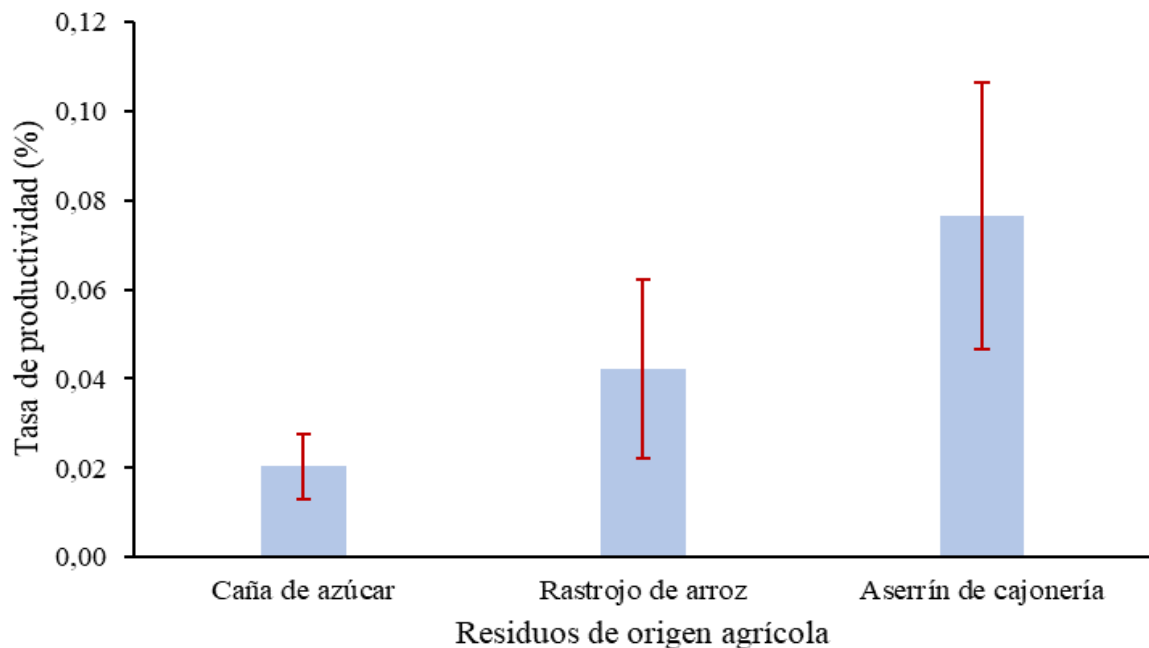
#### 4.2.3. Tasa de productividad de *Polyporus arcularius*

En términos generales, la productividad del hongo *P. arcularius* fue baja en todos los tratamientos aplicados. Además, se observó una gran variabilidad en los datos de esta variable, ya que el coeficiente de variación registrado fue muy alto para cada tratamiento (Tabla 9 y Figura 9).

**Tabla 9.** Estadísticos de la tasa de productividad de *P. arcularius* sembrados en distintos residuos de origen agrícola.

Residuos de origen agrícola	N	Media	Mínimo	Máximo	CV (%)
Caña de azúcar	6	0,02	0,00	0,05	88,40
Rastrojo de arroz	6	0,04	0,00	0,12	116,70
Aserrín de cajonería	6	0,08	0,00	0,21	95,76
Total	18	0,05	0,00	0,21	117,29

N: repeticiones; CV: Coeficiente de variación.



**Figura 9.** Tasa de productividad de *P. arcularius* sembrados en distintos residuos de origen agrícola.

Se registró la fructificación de *P. arcularius* en los residuos de origen agrícola con la cual realizar esta actividad favorece su uso para ayudar a la descomposición de estos residuos se lleven a cabo con mayor facilidad generando en cierta medida un ingreso adicional por la producción de alimento, esto se logra gracias a las características de *P. arcularius* que es una especie de hongo de pudrición blanca que produce lacasa (Okino et al., 2000; Jegatheesan y Eyini, 2015) que viene a ser una enzima que está involucrada en la descomposición de compuestos fenólicos, que son componentes de la lignina y otros polímeros presentes en la estructura de la madera, también produce peroxidasa (Okino et al., 2000) que son enzimas que contribuyen a la descomposición de la lignina y otros componentes orgánicos al catalizar reacciones de oxidación, las peroxidasa utilizan el peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) como co-sustrato para catalizar reacciones de oxidación ayudando a que se rompan los enlaces químicos en los compuestos fenólicos presentes en la lignina y otros polímeros, dicha acción facilita la fragmentación de la estructura lignocelulósica, lo que a su vez hace que la madera sea más accesible para otras enzimas lignocelulolíticas, como las celulasas y hemicelulasas con lo cual se obtiene una la degradación gradual del residuo lignocelulósico y la obtención de nutrientes por parte de los hongos de pudrición blanca. Además, Marková et al. (2016) consideran que produce tirosinasa que cumple la función de catalizar la oxidación de la tirosina, lo que lleva a la formación de radicales libres y productos oxidados, dicha oxidación

puede tener efectos importantes en la estructura de la lignina y otros componentes de la madera, contribuyendo así a su descomposición y fragmentación.

Otros aspectos muy importantes en *P. arcularius* es que pueden seguir realizándose estudios sobre las potencialidades de utilidad que se le puedan asignar, tal es el caso de las pruebas llevadas a cabo por Bayburt et al. (2020) donde optimizaron el sustrato y el tipo de cultivo para enzimas modificadoras de lignina, decoloración de seis colorantes sintéticos y micoremediación de efluentes textiles artificiales a escala de biorreactor, logrando cerca del 90% en decoloración para todos los colorantes, esta acción es atribuida a la peroxidasa de manganeso como las enzimas lacasas que tienen un papel en la decoloración de los tintes textiles.

No se encontró diferencias estadísticas significativas del uso de residuos de origen agrícola sobre la tasa de productividad en el hongo comestible *P. arcularius*, a pesar de que los valores para la variable indicada fueron muy homogéneos (**Tabla 10**).

**Tabla 10.** ANVA para el efecto de los residuos de origen agrícola sobre la tasa de productividad de *P. arcularius*.

<b>Fuente de variación</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>P-valor</b>
Residuos de origen agrícola	0,004	2	0,002	1,792	0,201ns
Error experimental	0,017	15	0,001		
<b>Total</b>	<b>0,021</b>	<b>17</b>			

CV: 4,60%. ns: No existen diferencias estadísticas significativas. ANVA realizado con datos transformados  $(x+0,5)^{1/2}$

## V. CONCLUSIONES

1. El hongo comestible *Polyporus arcularius* mostró una mayor velocidad de crecimiento de los micelios, ya que solo requirió siete días para colonizar completamente el área de la placa Petri, mientras que *Polyporus tenuiculus* tardó nueve días en cubrir la misma superficie. En cuanto a los medios de cultivo, no se observaron diferencias entre EMA y PDA
2. Los residuos agrícolas, como la caña de azúcar, el rastrojo de arroz y el aserrín de cajonería, no tuvieron un impacto significativo en la eficiencia biológica ni en la tasa de productividad de *P. arcularius*. Sin embargo, se observaron mejores valores de rendimiento al utilizar aserrín de cajonería. En cuanto a *P. tenuiculus*, no se obtuvieron resultados significativos en las variables evaluadas.

## VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Realizar ensayos de otros sustratos en la producción de *Polyporus arcularius* y *Polyporus tenuiculus* siendo diferentes el residuo de origen agrícola o también emplear mezclas de ellos en diferentes proporciones con fines de encontrar un sustrato adecuado.
2. En investigaciones futuras, se sugiere agregar suplementos nutritivos a los sustratos para analizar su impacto en la producción de hongos comestibles y poder evaluar de manera más precisa la influencia de los suplementos nutritivos sobre la producción de los hongos comestibles y determinar los sustratos más adecuados para maximizar su rendimiento, siendo: cáscara de trigo, harina de soya, urea, calcio y minerales.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apaza, K. (2018). *Producción del hongo comestible Pleurotus djamor (fr.) Boedijn usando distintos sustratos de residuos agrícolas aislado en Tingo María* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. [http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1361/KJAG\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1361/KJAG_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bayburt, C., Karaduman, A.B., Yenice Gürsu, Tuncel, M., & Yamac, M. (2020). Decolourization and detoxification of textile dyes by *Lentinus arcularius* in immersion bioreactor scale. *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 17, 945-958. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02519-9>
- Borges, D. A., Silveira, R. M., y Wright, J. E. (2002). Polyporus s. str. in southern South America: mating test. *Mycol. Res.*, 106(1), 1323–1330. doi:10.1017/S0953756202006688
- Cabrera, G. M., Roberti, M. J., Wright, J. E., y Seldes, A. M. (2002). Cryptoporic and isocryptoporic acids from the fungal cultures of *Polyporus arcularius* and *P. ciliatus*. *Phytochemistry*, 61(2), 189–193.
- Demir, M. S., y Yamac, M. (2008). Antimicrobial activities of basidiocarp, submerged mycelium and exopolysaccharide of some native Basidiomycetes strains. *J Appl Biol Sci.*, 2(3), 89-93.
- Dueñas, A. M. (2010). *Identificación de hongos macroscópicos de la familia Polyporaceae en los bosques de Puerto Almendra. Loreto – Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio institucional UNAP. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/2027/T-571.3295-D86.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fernández, F. (2004). *Guía práctica de producción de setas (Pleurotus sp.)*. Fungitec.
- Ferreira, F. L., Dall'Antonia, C. B., Shiga, E. A., Alvim, L. J., & Pessoni, R. A. B. (2018). Sugarcane bagasse as a source of carbon for enzyme production by filamentous fungi. *Hoehnea*, 45(1), 134-42. <http://www.scielo.br/j/hoehnea/a/hxbbBvp8wQ34DZ93XxXcWHk/?lang=en>
- Fleck, W. F., Schlegel, B., Hoffmann, P., Ritzau, M., Heinze, S., y Gräfe, U. (1996). Isolation of isodrimenediol, a possible intermediate of drimane biosynthesis from *Polyporus arcularius*. *J Nat Prod.*, 1(9), 780–781.
- García, M. (2001). *Manual para buscar setas* (5ª ed.). Ediciones Mundi Prensa.

- GBIF Secretariat. (2022a). *Polyporus arcularius* (Batsch) Fr. GBIF Backbone Taxonomy. <https://www.gbif.org/es/species/5246898>
- GBIF Secretariat. (2022b). *Polyporus tenuiculus* (P.Beauv.) Fr. GBIF Backbone Taxonomy. <https://www.gbif.org/es/species/5246372>
- Grimm, D., & Wösten, H. A. B. (2018). Mushroom cultivation in the circular economy. *Appl Microbiol Biotechnol*, 102(18), 7795–803. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30027491/>
- Hatakka, A. (1994). Lignin-modifying enzymes from selected white rot fungi: production and role in lignin degradation. *FEMS Microbiol. Rev.*, 13, 125-135.
- Hernández, R. A., y López, C. L. (2006). *Evaluación del crecimiento y producción de Pleurotus ostreatus sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio institucional Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8275/tesis257.pdf?sequence=1>
- Hoang, L. T., Huyen, T., Hoang, D. T., My, N. Duy, V., & Tam, T. (2022). Antimicrobial and Antioxidant Activity of the Polypore Mushroom *Lentinus arcularius* (Agaricomycetes) Isolated in Vietnam. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 24(3), 15-23. <https://www.dl.begellhouse.com/download/article/21ae9c1e2099dcf3/IJM-42702.pdf>
- Ishihara, H., Imamura, K., Kita, M., Aimi, T., y Kitamoto, Y. (2005). Enhancement of the viscometric endocellulase activity of *Polyporus arcularius* CMCCase IIIa by cellobiose and cellooligosaccharides. *Mycoscience*, 46, 148–153
- Jegatheesan, M., & Eyini, M. (2014). Response Surface Methodology Mediated Modulation of Laccase Production by *Polyporus arcularius*. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 40(7), 1809–1818. doi:10.1007/s13369-014-1499-3
- Jegatheesan, M., Eyini, M. (2015). Response surface methodology mediated modulation of laccase production by *Polyporus arcularius*. *Arab. J. Sci. Eng.*, 40, 1809-1818.
- Kirk, P. M., Cannon, P., David, J. C., y Stalpers, J. A. (2001). *Ainsworth and Bisby's dictionary of the fungi*. CAB International, Wallingford, UK.
- Kues, U., y Liu, Y. (2000), Fruiting body production in basidiomycetes. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 54(1), 141–152. doi:10.1007/s0025300 00396
- Marková, E., Kotik, M., Křenková, A., Man, P., Haudecoeur, R., Boumendjel, A., Hardré, R., Mekmouche, Y., Courvoisier-Dezord, E., Réglie, M., y Martínková, L. (2016). Recombinant tyrosinase from *Polyporus arcularius*: overproduction in *Escherichia coli*, characterization, and use in a study of aurones as tyrosinase effectors. *J. Agric. Food Chem.*, 64, 2925-2931.

- Murai, T., Ueda, M., Kawaguchi, T., Arai, M., y Tanaka, A. (1998). Assimilation of cellooligosaccharides by a cell surface-engineered yeast expressing beta-glucosidase and carboxymethyl cellulase from *Aspergillus aculeatus*. *Appl Environ Microbiol.*, *64*, 4857–4861.
- Oei, P. (2003). *Mushroom cultivation*. Backhuys Publishers.
- Ohtsuka, S., Ueno, S., Yoshikumi, C., Hirose, F., Ohmura, Y., Wada, T., Fujii, T., y Takahashi, E. (1973). Polysaccharides having an anticarcinogenic effect and a method of producing them from species of Basidiomycetes. *UK Patent* 1331513.
- Okino, L. K., Machado, K. M. G., Fabris, C., Bononi, V. L. R. (2000). Ligninolytic activity of tropical rainforest basidiomycetes. *World J Microbiol Biotechnol*, *16*, 889–893
- Omarini, A., Lechner, B. E., y Albertó, E. (2009a). *Innovación en la producción de alimentos: producción del hongo comestible Polyporus tenuiculus (basidiomicetes)*. [https://www.conicet.gov.ar/new\\_scp/detalle.php?keywords=&id=21023&congresos=yes&detalles=yes&congr\\_id=56011](https://www.conicet.gov.ar/new_scp/detalle.php?keywords=&id=21023&congresos=yes&detalles=yes&congr_id=56011)
- Omarini, A., Lechner, B. E., y Albertó, E. (2009b). *Polyporus tenuiculus*: a new naturally occurring mushroom that can be industrially cultivated on agricultural waste. *Revista de microbiología industrial y biotecnología*, *36*(5), 635–642. <https://doi.org/10.1007/s10295-009-0530-2>
- Pavlich, M. R. (2001). Hongos comestibles del Perú. *Revista de Ciencias Biológicas BIOTA*, *100*(18), 3-19.
- Philippoussis, A., Diamantopoulou, P., e Israilides, C. (2007) Productivity of agricultural residues used for the cultivation of the medicinal fungus *Lentinula edodes*. *Int Biodeter Biodegr*, *59*(1), 216–219. doi:10.1016/j.ibiod.2006.10.007
- Philippoussis, A., Diamantopoulou, P., e Israilides, C. (2007). Productivity of agricultural residues used for the cultivation of the medicinal fungus *Lentinula edodes*. *Int Biodeter Biodegr*, *59*, 216–219. doi:10.1016/j.ibiod.2006.10.007
- Prasad, R., Varshney, V. K., Harsh, N. S. K., y Kumar, M. (2015). Antioxidant capacity and total phenolics content of the fruiting bodies and submerged cultured mycelia of sixteen higher Basidiomycetes mushrooms from India. *Int J Med Mushrooms*, *17*(10), 933–941.
- Regés, R. (1990). *El cultivo de hongos la ecología y la situación actual*. C.D.E.E.A. <http://www.cdeea.com/loshongosylaecologia.htm>.
- Ríos, W. F., Valdez, R. A., y Jiménez, J. P. (2017). Aislamiento, propagación y crecimiento de hongos comestibles nativos en residuos agroindustriales. *Scientia Agropecuaria*, *8*(4), 327-335. <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v8n4/a04v8n4.pdf>

- Robledo, G. (2006). *Taxonomía, ecología y diversidad de políporos*. ECOAN.
- Rodríguez, E., Pickard, M.A., y Vázquez-Duhalt, R. (1999). Industrial dye decolorization by laccases from ligninolytic fungi. *Curr. Microbiol.*, 38, 27-32.
- Rodríguez, N., y Gómez, F. (2001). *Cultivo de hongos comestibles en pulpa de café*. Programa de investigación científica. Cenicafe.
- Ruán-Soto, F., Garibay-Orijel, R., y Cifuentes, J. (2004). Conocimiento micológico tradicional en la Planicie del Golfo de México. *Rev Mex Micol.*, 19(1), 59-70.
- Ruán-Soto, F., Garibay-Orijel, R., y Cifuentes, J. (2004). Conocimiento micológico tradicional en la Planicie del Golfo de México. *Rev Mex Micol.*, 19(1), 59-70.
- Ruán-Soto, F., Garibay-Orijel, R., y Cifuentes, J. (2006). Process and dynamics of traditional selling wild edible mushrooms in tropical México. *J Ethnobiol Ethnomed*, 2(1), 1746–4269. doi:10.1186/1746- 4269-2-3
- Ruiz, A. (2021). *Cultivo de cuatro cepas de hongos comestibles del género Pleurotus en residuos a base de tallo de maíz y paja de arroz* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1858>.
- Ruiz, D. (2017). *Aislamiento e identificación de microorganismos lignocelulósicos a partir de suelos de cultivo de caña de Finca Balsora y Judea y compost del Ingenio Mayagüez* [Tesis de maestría, Universidad ICESI]. Repositorio institucional Icesi. [https://repository.icesi.edu.co/biblioteca\\_digital/bitstream/10906/83012/1/TG01785.pdf](https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/83012/1/TG01785.pdf)
- Ruiz et al (25 – 28 setiembre de 2018). Avance del Conocimiento en el Estudio de Hongos Comestibles en la Amazonia Peruana [Conferencia]. Memorias COIRENAT 2018, Tabasco-México. año 3 Numero 3. ISSN N° 2594-1488.
- Ruiz et al (22 – 24 de junio de 2022). Cinética de crecimiento y caracterización morfológica del micelio de once hongos silvestres comestibles [Conferencia]. Memorias 1er Congreso Colombiano de Micología, 2022, Bogotá - Colombia. ISSN N° 2981-3352. <https://asociacioncolombianademicologia.org/1-congreso-colombiano-de-micologia/>
- Ruiz et al, 2018. Acción de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr) Kumm en la remoción del colorante azul turquesa en biorreactores air Lift. *The Biologist*, 16(2), jul-dic: 221-235. <https://doi.org/10.24039/rtb2018162244>
- Sadh, P. K., Duhan, S., Duhan, J. S. (2018). Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: a review. *Bioresour Bioprocess*, 5(1), 1–15.

- <https://bioresourcesbioprocessing.springeropen.com/articles/10.1186/s40643-017-0187-z>
- Salas, J. D. (2019). *Productividad de Pleurotus djamor (Rumph. ex Fr.) Boedijn usando como sustratos cáscara de café y paja de arroz suplementados con maíz molido* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. [http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1796/TS\\_JDSH\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1796/TS_JDSH_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Salazar, N. (2018). *Eficiencia de la producción de Pleurotus ostreatus Jacq. ex fr. p. Kumm, “hongo comestible” producidos en residuos agrícolas en Tingo María – 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS.
- Salmones, D., Mata, G., y Waliszewski, K.N. (2005). Comparative culturing of *Pleurotus* spp on covee pulp and wheat straw: biomass production and substrate biodegradation. *Bioresour Technol.*, 96(1), 537-544. doi:10.1016/j.biortech.2004.06.019
- Sekiya, N., Hikiami, H., Nakai, Y., Sakakibara, I., Nozaki, K., Kouta, K., Shimada, Y., y Terasawa, K. (2005). Inhibitory effects of triterpenes isolated from Chuling (*Polyporus umbellatus* Fries) on free radical-induced lysis of red blood cells. *Biol Pharm Bull.*, 28(1), 817-821. doi:10.1248/bpb.28.817
- Sekiya, N., Hikiami, H., Nakai, Y., Sakakibara, I., Nozaki, K., Kouta, K., Shimada, Y., y Terasawa, K. (2005). Inhibitory effects of triterpenes isolated from Chuling (*Polyporus umbellatus* Fries) on free radical-induced lysis of red blood cells. *Biol Pharm Bull.*, 28(1), 817-821. doi:10.1248/bpb.28.817
- Sociedad Micológica Extremeña [MICOEX]. (2016). *Polyporus arcularius*. MICOEX. <https://micoex.org/2016/09/17/polyporus-arcularius/>
- Stamets, P. (2000). *Growing gourmet and medicinal mushrooms*. Speed Press.
- Sum, W. C., Indieka, S. A., y Matasyoh, J. C. (2019). Antimicrobial activity of Basidiomycetes fungi isolated from a Kenyan tropical forest. *Afr J Biot.*, 18(5), 112-123.
- Volk, T., y Ryvarden, L. (1992). Genera of Polypores: Nomenclature and Taxonomy. *Synopsis Fungorum* 5. DOI:10.2307/3760304
- Wood, B. E., e Ingram, L. O. (1992). Ethanol production from cellobiose, amorphous cellulose, and crystalline cellulose by recombinant *Klebsiella oxytoca* containing chromosomally integrated *Zymomonas mobilis* genes for ethanol production and plasmids expressing thermostable cellulase genes from *Clostridium thermocellum*. *Appl Environ Microbiol.*, 58, 2103-2110.

Yamac, M., y Bilgili, F. (2006). Antimicrobial activities of fruit bodies and/or mycelial cultures of some mushroom isolates. *Pharm Biol.*, 44(9), 660–667.

**Anexo**

## Anexo A. Matriz de datos

**Tabla 11.** Datos del crecimiento micelial de *Polyporus arcularius* en dos medios de cultivo.

N°		R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>
Medios		EMA (AP-01)				PDA (AP-01)			
Especie		<i>P. arcularius</i>				<i>P. arcularius</i>			
Día 1	X (cm)	1,3	1,2	1,3	1,4	1,2	1,0	1,5	1,2
	Y (cm)	1,3	1,4	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1
Día 2	X (cm)	2,1	2,1	2,1	2,4	2,1	2,0	2,4	2,1
	Y (cm)	2,1	2,3	2	2	2,1	2,1	2,0	2,2
Día 3	X (cm)	3	2,8	2,9	3	2,8	2,9	2,9	2,8
	Y (cm)	3	2,9	2,8	2,9	3,0	2,9	3,0	2,9
Día 4	X (cm)	3,7	3,5	3,7	3,6	3,5	3,6	3,6	3,5
	Y (cm)	3,7	3,6	3,6	3,5	3,7	3,6	3,7	3,6
Día 5	X (cm)	4	4,1	4,1	4,3	4,1	4,3	4,2	4,1
	Y (cm)	4,1	4,2	4	4,1	4,3	4,4	4,4	4,2
Día 6	X (cm)	4,3	4,4	4,5	4,5	4,4	4,5	4,4	4,4
	Y (cm)	4,4	4,5	4,4	4,4	4,4	4,5	4,5	4,5
Día 7	X (cm)	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
	Y (cm)	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5

**Tabla 12.** Datos del crecimiento micelial de *Polyporus tenuiculus* en dos medios de cultivo.

N°		R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>
Medios		EMA (AP-02)					PDA (AP-02)				
Especie		<i>P. tenuiculus</i>					<i>P. tenuiculus</i>				
Día 1	X (cm)	0,6	0,9	0,5	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,9
	Y (cm)	1,2	0,8	0,9	1	1	1	1	1,2	1,2	0,8
Día 2	X (cm)	1,1	1	1	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,1	1,4
	Y (cm)	1,5	1,4	1,3	1,4	1,5	1,4	1,5	1,6	1,5	1,2
Día 3	X (cm)	1,5	1,4	1,5	1,6	1,7	1,6	1,9	1,8	1,6	1,8
	Y (cm)	1,9	1,8	1,8	1,9	2	1,4	1,8	1,9	1,9	1,7
Día 4	X (cm)	2,1	1,9	2	2	2,2	2	2,2	2,2	2,1	2,3
	Y (cm)	2,3	2,3	2,2	2,4	2,5	2,2	2,2	2,4	2,3	2,2

N°		R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>
Medios		EMA (AP-02)					PDA (AP-02)				
Especie		<i>P. tenuiculus</i>					<i>P. tenuiculus</i>				
Día 5	X (cm)	2,7	2,4	2,4	2,6	2,9	2,5	2,8	2,7	2,5	2,8
	Y (cm)	2,7	2,8	2,8	2,9	3	2,8	2,8	2,9	2,8	2,7
Día 6	X (cm)	3,1	2,9	3	3,2	3,4	3	3,2	3,1	3,1	3,2
	Y (cm)	3,2	3,2	3,2	3,3	3,5	3,1	3,2	3,3	3,3	3,1
Día 7	X (cm)	3,6	3,4	3,5	3,7	3,9	3,5	3,6	3,7	3,8	3,6
	Y (cm)	3,6	3,6	3,7	3,6	3,5	3,6	3,8	3,8	3,9	3,5
Día 8	X (cm)	4,1	4	4,1	4,2	4,3	4,1	4,2	4,3	4,4	4,2
	Y (cm)	4,1	4,1	4,2	4,1	4	4,2	4,3	4,3	4,4	4,3
Día 9	X (cm)	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
	Y (cm)	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5

**Tabla 13.** Datos de eficiencia biológica, rendimiento y tasa de productividad de *P. arcularius*.

Sustratos	Eficiencia biol. (%)	Rendimiento (g)	Tasa de productividad (%)
Caña de azúcar	1,30	2,47	0,02
Caña de azúcar	1,85	4,29	0,03
Caña de azúcar	0,00	0	0,00
Caña de azúcar	2,53	4,97	0,05
Caña de azúcar	0,00	0	0,00
Caña de azúcar	1,40	3,39	0,02
Rastrojo de arroz	2,37	1,18	0,07
Rastrojo de arroz	0,00	0	0,00
Rastrojo de arroz	1,39	0,59	0,07
Rastrojo de arroz	0,00	0	0,00
Rastrojo de arroz	0,00	0	0,00
Rastrojo de arroz	1,84	0,71	0,12
Aserrín de cajonería	3,51	6,96	0,07
Aserrín de cajonería	4,64	11,75	0,09
Aserrín de cajonería	2,63	1,72	0,05
Aserrín de cajonería	0,00	0	0,00
Aserrín de cajonería	1,89	5,86	0,04
Aserrín de cajonería	10,19	3,97	0,21

## Anexo B. Panel de fotografías



**Figura 10.** Obtención de los ejemplares de hongos.



**Figura 11.** Medición de sus características para su identificación.



Figura 12. Aislamiento del micelio.

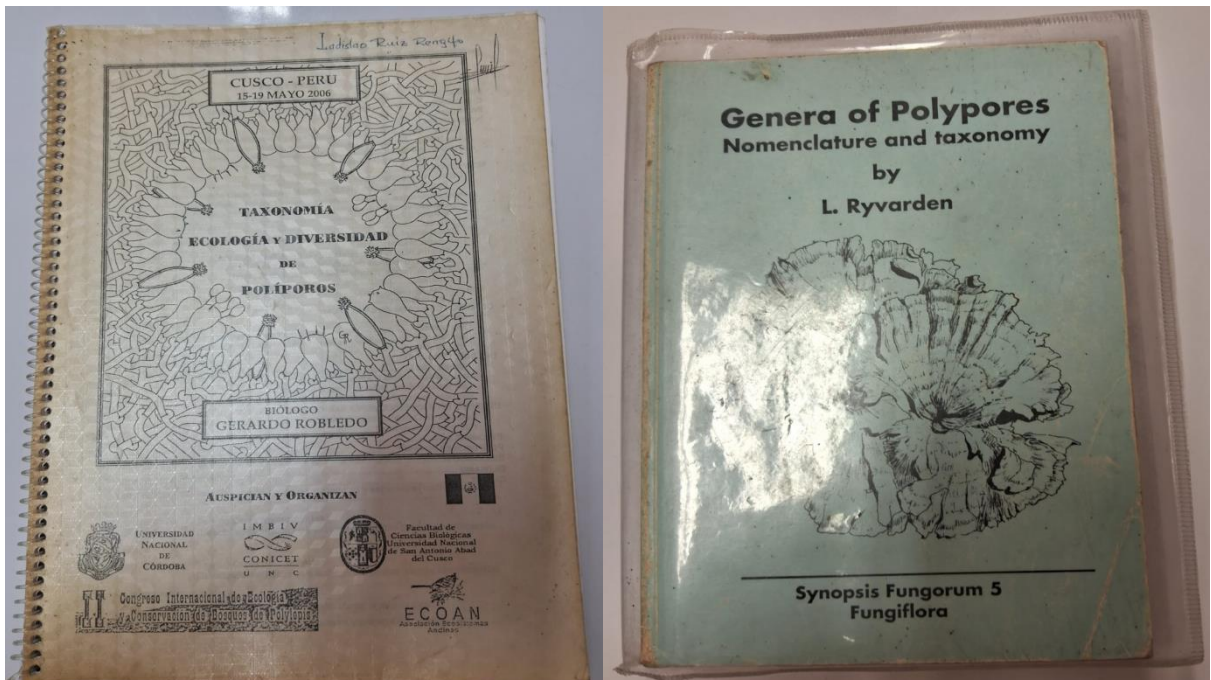
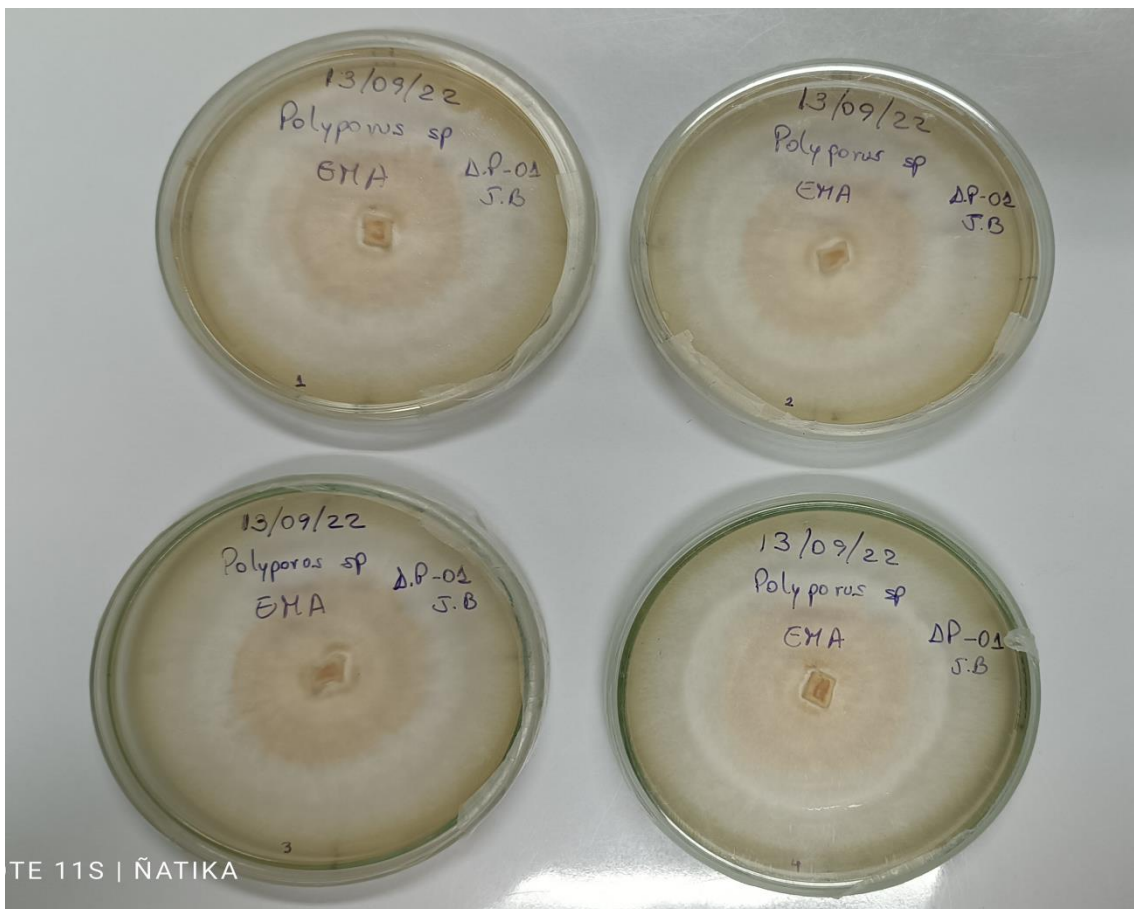


Figura 13. Guías utilizadas para la identificación de las especies en estudio.



**Figura 14.** Siembra de la parte basal del himenio de carpoforo.



**Figura 15.** Crecimiento de micelios en medio de cultivo EMA.



**Figura 16.** Crecimiento de los micelios procedentes del BRUNAS.



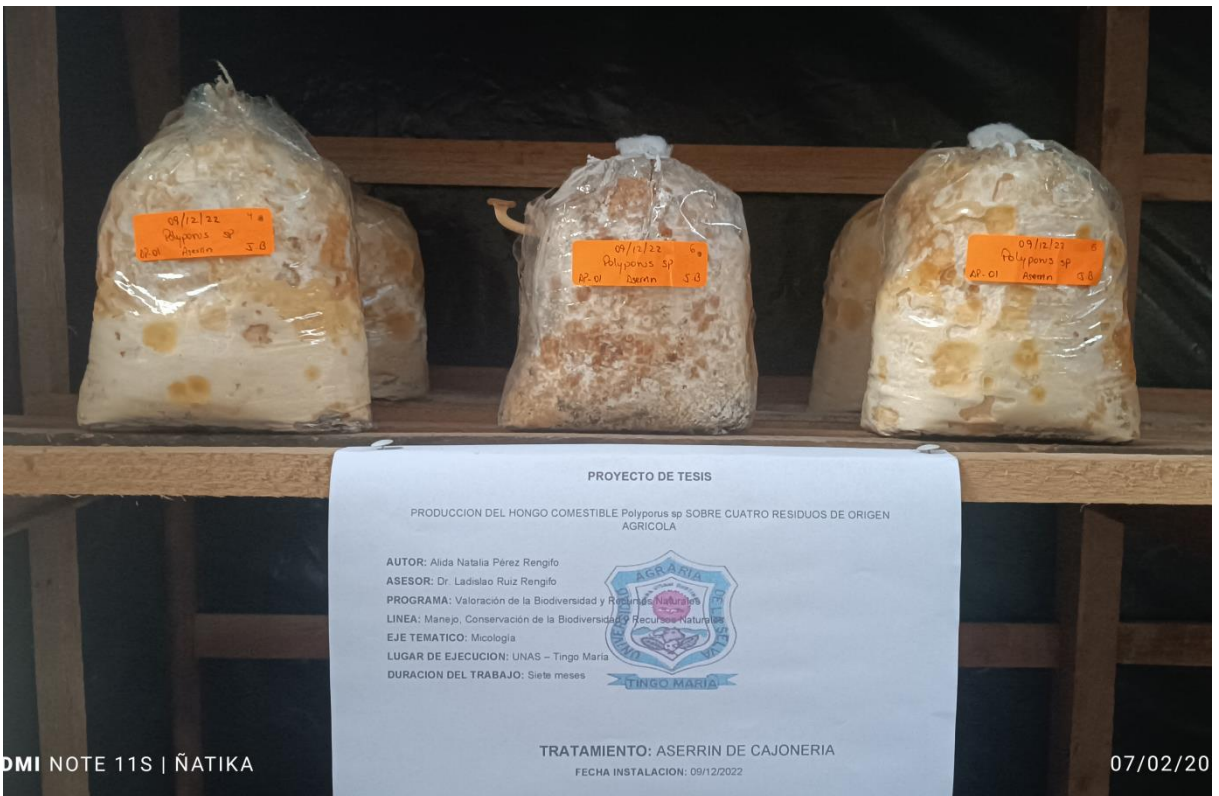
**Figura 17.** Sustrato aserrín de cajonería.



MI NOTE 11S | ÑATIKA

09/12/2022

Figura 18. Colonización en sustrato aserrín de cajonería.



MI NOTE 11S | ÑATIKA

07/02/20

Figura 19. Inicio de fructificación en sustrato aserrín de cajonería.



**Figura 20.** Fructificación en sustrato aserrín de cajonería.



**Figura 21.** Producción de *P. arcularius* en sustrato aserrín de cajonería.



**Figura 22.** Sustrato bagazo de caña.



**Figura 23.** Sustrato rastroy de arroz.



Figura 24. *P. arcularius* cosechados.

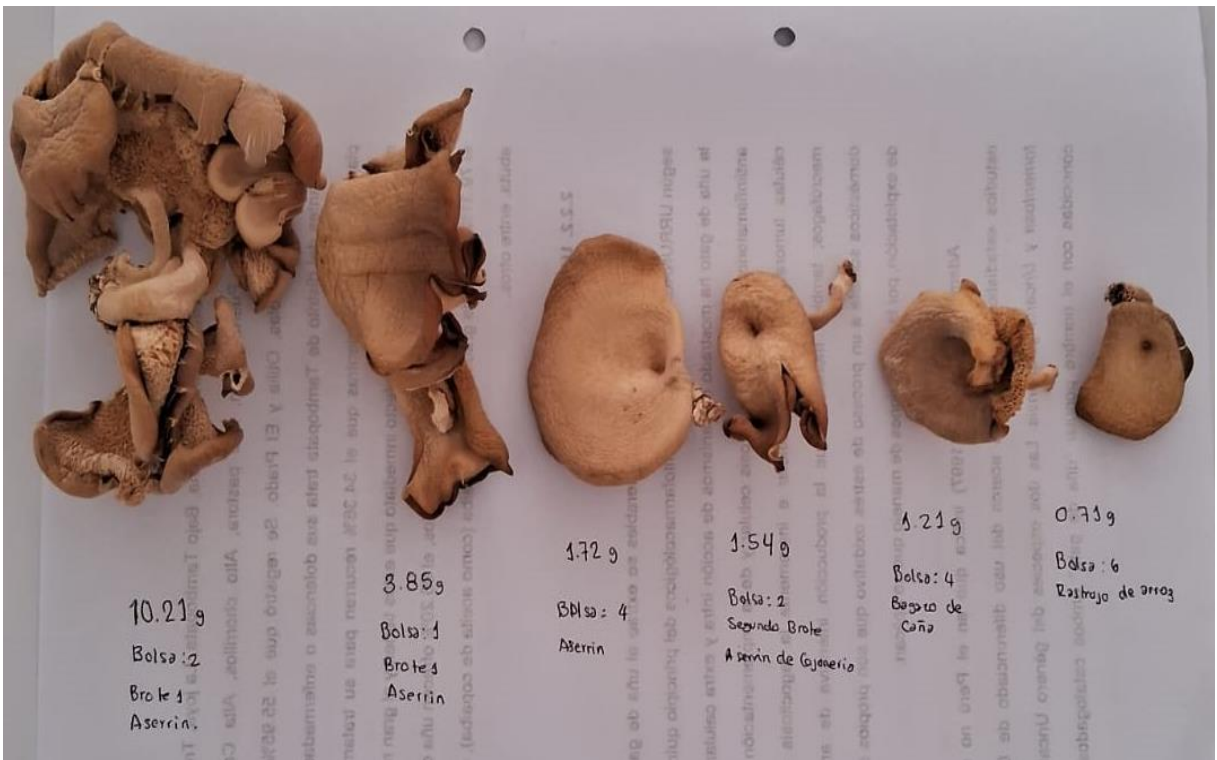


Figura 25. *P. arcularius* secos.



**Figura 26.** siembra para la multiplicación de micelios de *P. tenniculus* en un medio de trigo.



**Figura 27.** Siembra de *P. tenniculus* en sustrato de aserrín.



**Figura 28.** Colonización de *P. tenuiculus* en sustrato de aserrín.



**Figura 29.** Colonización de *P. tenuiculus* en sustrato de bagazo de caña de azúcar.



**Figura 30.** Colonización de *P. tenuiculus* en sustrato de rastrojo de arroz.