

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



TESIS

**SUSTRATOS PROVENIENTES DE RESIDUOS AGRÍCOLAS EN LA
PRODUCCIÓN DEL HONGO COMESTIBLE *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn EN
TINGO MARÍA**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO FORESTAL

ELABORADO POR:

LIZBETH MARIBEL VILLAR PLÁCIDO

TINGO MARÍA – PERÚ

2021



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 0025-2021-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 01 de julio de 2021, a horas 05:00 p.m. en la Sala Virtual de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal, de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la Tesis titulada:

SUSTRATOS PROVENIENTES DE RESIDUOS AGRÍCOLAS EN LA PRODUCCIÓN DEL HONGO COMESTIBLE *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn EN TINGO MARÍA.

Presentado por la Bachiller, **VILLAR PLACIDO, Lizbeth Maribel**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADA** con el calificativo de **“BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO FORESTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 26 de Agosto de 2021

Dr. JOSE KALION GUERRA LU
PRESIDENTE

Dra. TANIA E. GUERRERO VEJARANO
MIEMBRO

Ing. M. Sc. JOSÉ A. BLAS MATIENZO
MIEMBRO

Dr. LADISLAU RUIZ RENGIFO
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



SUSTRATOS PROVENIENTES DE RESIDUOS AGRÍCOLAS EN LA PRODUCCIÓN DEL HONGO COMESTIBLE *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn EN TINGO MARÍA

Autor	: Bach. VILLAR PLACIDO, Lizbeth Maribel
Asesor	: Dr. RUIZ RENGIFO, Ladislao
Programa de Investigación	: Transformación e Innovación de Recursos Forestales
Línea de Investigación	: Plantas y Productos Forestales No Maderables.
Eje Temático	: Hongos Comestibles
Lugar de Ejecución	: Facultad de Recursos Naturales Renovables
Duración	: Seis (6) meses
Financiamiento	: S/ 4.500,00

Tingo María – Perú

2021

DEDICATORIA

A Dios: por darme la vida, salud, sabiduría y fuerzas para seguir avanzando en mi formación profesional.

A mis queridos padres: Loencia placido Duran y Lucio Villar Rivera, por el amor incondicional que siempre me han dado y por sus grandes esfuerzos que hicieron posible mi formación profesional.

A mi amado esposo Jhunan Bustamante Saavedra, en reconocimiento por su iniciativa y trabajo diario en pro de nuestra familia; así como por el apoyo y el estímulo incondicional que de él he recibido para acometer con decisión y valentía todas mis metas propuestas.

A mi hermosa hija, Aruna Abbigail Bustamante Villar, por ser el tesón e inspiración, apuntando siempre para ser su émulo en su vida.

A mis hermanos, por su amor, trabajo y sacrificio, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido el orgullo y privilegio de tener esta familia.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que mi trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, deseo expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

Mi profundo agradecimiento a la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por la oportunidad que nos brindó para poder estudiar la carrera de ingeniería forestal.

Así mismo quiero agradecer a mi Asesor Dr. Ruiz Rengifo Ladislao, por la dedicación y apoyo que me ha brindado en esta investigación, por sus sugerencias e ideas y el rigor que ha facilitado a las mismas.

A los distinguidos miembros del jurado calificador por sus valiosas recomendaciones.

Gracias a mis amigos compañeros de estudios, que siempre me han prestado un gran apoyo moral y humano, necesarios en los momentos difíciles de este estudio.

A todos ustedes, mi mayor reconocimiento y gratitud.

ÍNDICE

Página

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Objetivo general.....	2
1.2.	Objetivos específicos	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	Marco teórico.....	3
2.1.1.	Generalidades del <i>Pleurotus</i>	3
2.1.2.	Clasificación taxonómica.....	3
2.1.3.	Descripción morfológica.....	4
2.1.4.	Contenido nutricional	5
2.1.5.	Ciclo de vida de <i>Pleurotus</i> sp.	6
2.1.6.	Condiciones y técnicas de cultivo.....	7
2.1.7.	Etapas del cultivo de hongos comestibles en bloques sintetizados.....	9
2.1.8.	Sustratos para la producción de hongos comestibles.....	11
2.1.9.	Composición de los sustratos.....	12
2.1.10.	Nutrientes del sustrato para la producción.....	12
2.2.	Estado del arte.....	13
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1.	Lugar de ejecución.....	16
3.1.1.	Ubicación política	16
3.1.2.	Ubicación geográfica	16
3.1.3.	Zona de vida y altitud	16
3.2.	Materiales	16
3.2.1.	Materiales y equipos	16
3.2.2.	Metodología.....	17

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1. Eficiencia biológica en la producción de <i>Pleurotus djamor</i> (Fr.) Boedijn en los diferentes residuos sólidos agrícolas	23
4.2. Producción, rendimiento y tasa de producción del <i>Pleurotus djamor</i> (Fr.) Boedijn en los diferentes residuos sólidos agrícolas	27
V. CONCLUSIONES	31
VI. PROPUESTAS A FUTURO	32
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
ANEXOS	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Contenido nutricional de <i>Pleurotus sp.</i>	5
2. Nutritional de <i>Pleurotus sp.</i> frescos.	6
3. Distribución de los tratamientos establecidos.	20
4. ANVA para la eficiencia biológica de <i>Pleurotus djamor</i> en los diferentes residuos sólidos agrícolas.	23
5. Prueba de Tukey para la eficiencia biológica de <i>Pleurotus djamor</i>	23
6. ANVA para la fructificación de <i>Pleurotus djamor</i> en los diferentes residuos sólidos agrícolas.	25
7. Prueba de Tukey para la fructificación de <i>Pleurotus djamor</i> en los diferentes residuos sólidos agrícolas.	26
8. ANVA para la producción de <i>Pleurotus djamor</i> en los diferentes residuos sólidos agrícolas.	27
9. Prueba de Tukey para la producción de <i>Pleurotus djamor</i> en los diferentes residuos sólidos agrícolas.	27
10. ANVA para el rendimiento de <i>Pleurotus djamor</i> en los diferentes residuos sólidos agrícolas.	28
11. Prueba de Tukey para el rendimiento de <i>Pleurotus djamor</i> en los diferentes residuos sólidos agrícolas.	29
12. ANVA para la tasa de producción de <i>Pleurotus djamor</i> en diferentes sustratos.	30
13. Prueba de Tukey para la tasa de producción de <i>Pleurotus djamor</i> en los diferentes restos sólidos agrícolas.	30
14. Datos reportados durante la ejecución del estudio.	39
15. Descriptivos de los datos procesados en las diferentes variables.	40
16. Datos diarios durante la ejecución del estudio.	42
17. Eficiencias biológicas alcanzadas en algunos productos agroindustriales.	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Morfología del hongo <i>Pleurotus djamor</i>	4
2. <i>Pleurotus djamor</i> cultivado en desecho de cebada.	5
3. Ciclo de <i>Pleurotus sp.</i>	7
4. Proceso del cultivo de hongos comestibles en troncos.....	8
5. Cultivo de hongos comestibles en aserrín.	8
6. Periodo de fructificación de <i>Pleurotus djamor</i> en los sustratos sólidos agrícolas.....	25
7. Desarrollo del micelio del hongo.	45
8. Preparación de sustratos para los tratamientos.....	45
9. Llenado de sustratos en las bolsas.	46
10. Incubación en los sustratos sembrados con el hongo.	46
11. Basidiocarpos del hongo: izquierda (tallo de maíz), derecha (paja de arroz).	47
12. Pesado de basidiocarpos en la balanza electrónica.	47

RESUMEN

Debido a la creciente población humana, existe la necesidad de masificar la producción de alimentos empleando residuos de recursos agrícolas, es por ello que el presente estudio se planteó como objetivo evaluar el desarrollo del hongo en diferentes sustratos agrícolas en la producción del hongo comestible *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn, en Tingo María. Se ejecutó en el Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en el distrito de Rupa Rupa de la región Huánuco. Se consideró como sustratos a cuatro tratamientos: T₁ (Tallo de maíz), T₂ (Cáscara de frijol), T₃ (Hoja de plátano) y T₄ (Paja de arroz), distribuidos en ocho repeticiones, siendo evaluados la eficiencia biológica (%), fructificación (días), peso del hongo fresco (g), rendimiento y tasa de producción (%). Como resultado, se reportó al T₁ con mejor eficiencia biológica (66,39%), fructificación (35,10 días), la producción (260,00 g), el rendimiento (24,63%) y la tasa de producción (4,31%). Se concluye que *P. djamor* es favorable producir empleando el tallo de maíz.

Palabras clave: alimentación, hongo comestible, composteo, cepa, medio de cultivo, micelio.

ABSTRACT

Due to the growing human population, there is a need to mass food production using agricultural resource residues, which is why the present study aimed to evaluate the development of the fungus in different agricultural substrates in the production of the edible fungus *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn, in Tingo Maria. It was carried out in the Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación at the Universidad Nacional Agraria de la Selva, in the Rupa Rupa district of the Huánuco region. Four treatments were considered as substrates: T₁ (Corn stem), T₂ (Bean husk), T₃ (Banana leaf) and T₄ (Rice straw), distributed in eight repetitions, being evaluated the biological efficiency (%), fruiting (days), weight of fresh fungus (g), yield and production rate (%). As a result, T₁ was reported with better biological efficiency (66.39%), fruiting (35.10 days), production (260.00 g), yield (24.63%) and production rate (4,31%). It is concluded that *P. djamor* is favorable to produce using the corn stalk.

Keywords: food, edible fungus, compost, strain, culture medium, mycelium.

I. INTRODUCCIÓN

La creciente y desmedida tasa poblacional de la humanidad hace que se ejerzan mayor presión sobre los recursos alimenticios, ya que en distintos países se observan elevadas tasas de desnutrición en los niños que a través del tiempo generan impactos en la capacidad de retención de los conocimientos que se imparten en los colegios, esto resulta una pieza clave que se tiene que solucionar y en muchos casos no solamente con alimentos tradicionales sino buscando otros alternativos como los hongos comestibles.

La producción de grandes cantidades de residuos agrícolas puede aumentar la problemática ambiental. A menudo, estos residuos se incrementan hasta sobrepasar la capacidad de biodegradación natural el cual ocurre por lo general en periodos de poscosecha por parte de los agricultores o en algunas instituciones, representando un riesgo en el ecosistema, pues, bien son arrojados a fuentes de agua, botaderos sin control alguno o son quemados, contribuyendo así a la contaminación. Dada su propia composición química, estos residuos pueden pasar largos periodos sin ser degradados o sufrir alguna transformación. Sin embargo, es posible su uso como sustrato en la producción de hongos comestibles.

Los hongos del género *Pleurotus* pueden desarrollarse sobre residuos de madera, pajas de gramíneas, bagazos y de cultivos agrícolas, y una gran variedad de materiales lignocelulósicos gracias a su capacidad de descomponer moléculas como la lignina, quitina, taninos, etc. Esto ofrece como ventajas la posibilidad de usar una gran gama de sustratos y revalorizar estos desechos orgánicos a la vez que se obtiene un producto con beneficios alimenticios. Además, es una alternativa agroecológica pues no necesita fertilizantes, aprovecha residuos de las cosechas y otros disponibles, se puede trabajar en pequeñas áreas y en corto tiempo. Entre otras de sus ventajas se puede mencionar el alto valor nutritivo que poseen estos hongos.

En otras culturas los hongos forman parte de una dieta diaria; sin embargo, en la zona de Tingo María la producción de hongos es una actividad prácticamente desconocida. La información que se tiene sobre este tema es muy escasa o ignorada, pues se desconocen los beneficios de los hongos y su producción, que bien podrían suplir necesidades alimenticias, medicinales e incluso generar una alternativa de comercio. Contamos con una gran variedad de subproductos que derivan de la agricultura y de actividades relacionadas (aserrín de madera blanda, pulpas, granos, cáscaras de frutos, pajas y hojas de vegetales, etc.) que bien podrían ser utilizados para la obtención de hongos comestibles. Además, tanto el sector forestal como el sector agrícola poseen particularidades en cuanto al generar un bien, los cuales muy bien

encajarían en seguir utilizando los recursos supuestamente desechados en la producción de alimentos a partir de este hongo comestible, asentando una base informativa sobre alternativas que con el tiempo mermarían la necesidad de buscar alimentos en otros lugares cuando se las pudieran producir en el mismo medio.

Por lo indicado, en la presente investigación se plantea como problema lo siguiente: ¿en qué medida el uso de residuos agrícolas constituye una buena fuente para la producción del hongo *Pleurotus djamor*?, planteándose como hipótesis lo siguiente: El uso del tallo de maíz es el mejor sustrato para la producción de *Pleurotus djamor* en medios controlados.

1.1. Objetivo general

- Evaluar el desarrollo del hongo en diferentes sustratos agrícolas en la producción del hongo comestible *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn, en Tingo María.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar la eficiencia biológica y fructificación de *Pleurotus djamor* en los diferentes sustratos agrícolas.
- Evaluar la producción, rendimiento y tasa de producción de *Pleurotus djamor* en los diferentes sustratos agrícolas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Generalidades del *Pleurotus*

Sánchez y Royse (2001) señalan que la genero *Pleurotus* representa un gran grupo de hongos (basidiomicetos), cuyo nombre se deriva de la palabra griega "pleura" (que significa "formación directa" o "de lado") y la palabra latina "otus" orejas.

Crece en ambientes naturales sobre árboles, tocones erectos o caídos, y una amplia gama de desechos agrícolas, en forma aislada o agrupada. El hongo *Pleurotus djamor* es de color rosado pálido o rosado, consistencia blanda y carnosa. Son, además, comestibles y muy apreciados (Ardón, 2007). Fructificación de esta especie tiene lugar todo el año, más comúnmente en invierno, teniendo la capacidad de desarrollarse a temperaturas cálidas y con precocidad (Miles y Chang, 2004).

Además, la capacidad de los hongos para absorber nutrientes en una pequeña cantidad de preparación les permite competir frente a hongos hostiles, que suelen aparecer en diversas etapas del proceso agrícola (Salmones y Mata, 2015).

Los hongos de *Pleurotus* son particularmente interesantes porque pueden crecer sobre residuos de lignocelulosa con bajo contenido de nitrógeno y tienen la capacidad de producir biomasa con un mayor contenido de nitrógeno que los elementos en los que crecen. (Rajarithnam *et al.*, 1998).

2.1.2. Clasificación taxonómica

Originalmente, *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn fue definido por Fries en 1821, como *Agaricus djamor*. A continuación, Boedijn, en 1959, lo trasladó al género *Pleurotus* de la familia Pleurotaceae (Nicholl y Petersen, 2000).

Reino	: Fungi
Filo	: Basidiomycota
Clase	: Homobasidomycetes
Orden	: Agaricales
Familia	: Pleurotaceae
Género	: <i>Pleurotus</i>
Especie	: <i>Pleurotus djamor</i>

2.1.3. Descripción morfológica

Según Ardón (2007), las partes que componen la estructura fructífera del hongo son: micelio primario, micelio secundario, sombrero o píleo, carne o contexto, tallo o estípite, las esporas y finalmente el himenio, estos pueden ser asexuales o sexuales o (Figura 1).

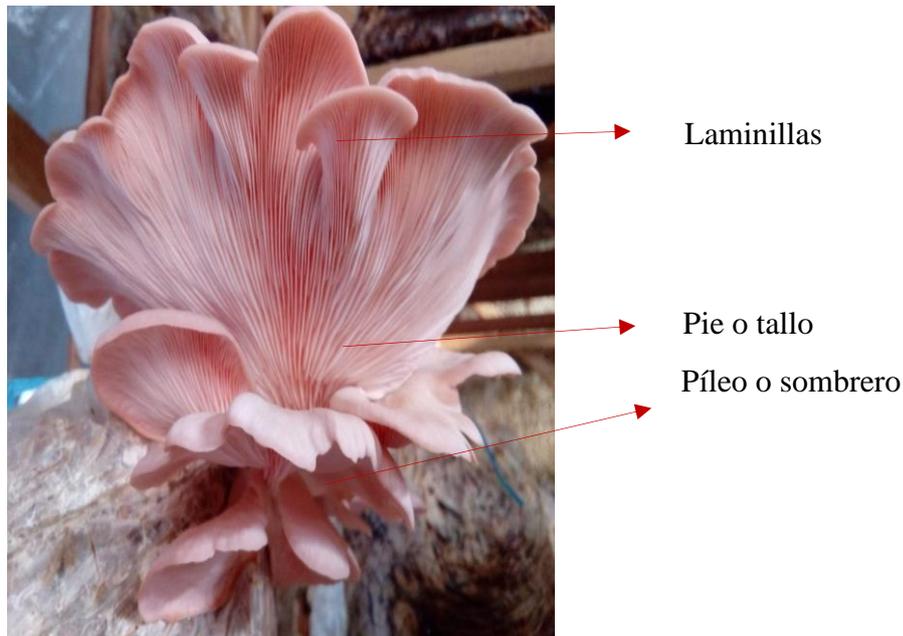


Figura 1. Morfología del hongo *Pleurotus djamor*.

Sánchez y Royse (2001) mencionan que los sombreros miden entre 5 y 12 cm de ancho, se combinan entre sí y vienen en muchos colores sutiles, desde el azul hasta el marrón, como las ostras. La parte superior del sombrero tiene una capa fina como un paraguas, que se cae de la caja o base y la mantiene completa, es ancha, separada, blanca o cremosa, a veces formando una rama, con esporas en el interior, con fines de reproducción. Estas esporas son pequeñas, rectangulares, casi cilíndricas, por lo general producen esporas regulares o esporas con un tinte blanco grisáceo. En cuanto a los pies, los escritores dicen que suelen ser cortas, ligeramente curvadas a los lados, blancas, hoja blanca en la parte superior, pelo corto, 2-3 cm de largo, 1,5-2 cm de grosor, corta, gruesa, indirecta, joven, blanca, la hoja es hacia atrás, ancha, blanca.

Pleurotus djamor también se distingue como seta del amor o salmón. Esta variedad está ampliamente distribuida en los trópicos y subtrópicos. Tiene las mismas características que *Pleurotus ostreatus*. Inicialmente de color rosa oscuro, y finalmente en un color pajizo. Este color cambia con la edad y la cantidad de luz que absorbe, es salvaje en tierra cálida (Sierra *et al.*, 2002).



Fuente: SALMONES (2017).

Figura 2. *Pleurotus djamor* cultivado en desecho de cebada.

2.1.4. Contenido nutricional

De acuerdo con Sánchez y Royse (2001), son ricos en vitaminas como el ácido ascórbico (C), el ácido nicotínico, el ácido pantoténico y la riboflavina (B2). La ingesta de minerales es del 2,6 - 6,5% compuesta por calcio, fósforo, hierro, sodio y potasio. Los más abundantes son el fósforo y el potasio.

Tabla 1. Contenido nutricional de *Pleurotus sp.*

Nombre	Peso
Calorías	14.0 gr
Proteínas	1.9 gr
Grasa	0.1 gr
Calcio	6.0 mg
Fósforo	68.0 mg
Hierro	0.5 mg
Vitamina B1	0.1 mg
Vitamina B2	0.45 mg
Vitamina B3	4.2 mg
Vitamina C	3.0 mg

Fuente: <http://www.hongoscomestibles-Latinoamérica>.

Las setas u hongos también pueden ser frescas y secas. Es parte del medio ambiente ya que proporciona alimento tanto para animales y humanos a partir de desechos útiles (Singer, 1975).

Tabla 2. Nutritional de *Pleurotus sp.* frescos.

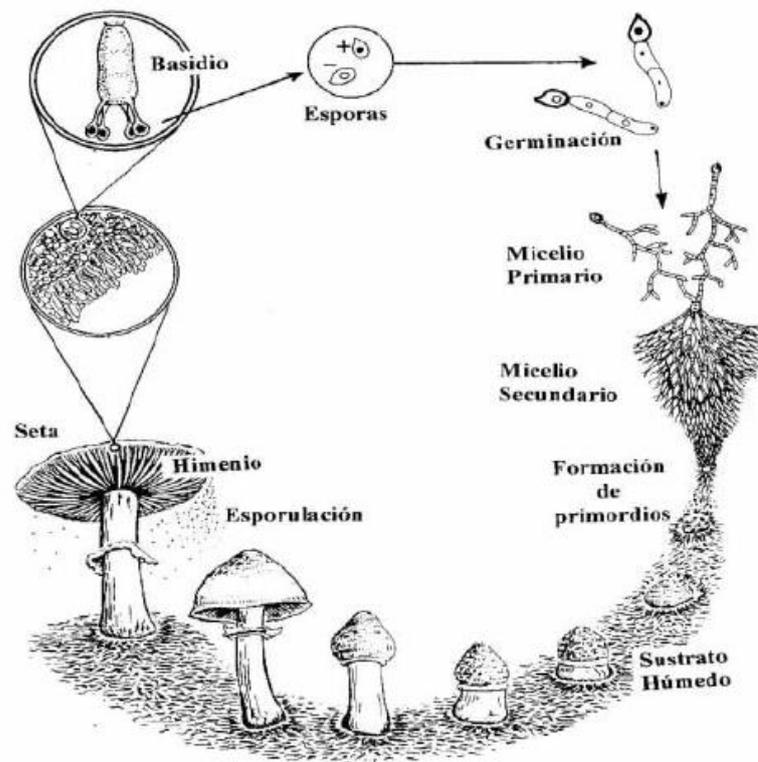
Calorías		33
	Cantidades por porción (100 g)	% Recomendado diario
Grasas totales	0 g	0%
Grasas saturadas	0 g	0%
Colesterol	0 mg	0%
Sodio	33 mg	1%
Total Carbohidratos	3 g	1%
Fibra dietética	< 1 g	3%
Azúcares	< 1 g	
Proteínas	4,4 g	
Vitamina A		0%
Vitamina C		0%
Calcio		0%
Hierro		0%

Fuente: <http://www.hongoscomestibles-Latinoamérica>.

2.1.5. Ciclo de vida de *Pleurotus sp.*

Las basidiósporas de los hongos comestibles brotan cuando encuentran sustratos y temperaturas óptimas, pH y humedad favorables para su proliferación. La reproducción de los hongos es de 7 a 8 semanas, comienza cuando los endófitos producen bacterias que dan lugar a hifas (semillas), que a su vez producen hongos. El ciclo termina cuando los hongos maduros liberan esporas y comienzan a pudrirse hasta morir (Sánchez y Royse, 2001).

Los basidiomicetos de los adultos se excretan y se transmiten a través del aire, los insectos, el agua, los animales y otros factores, lo que a su vez conduce y permite que se desarrolle la vida fúngica (Sánchez y Royse, 2001).



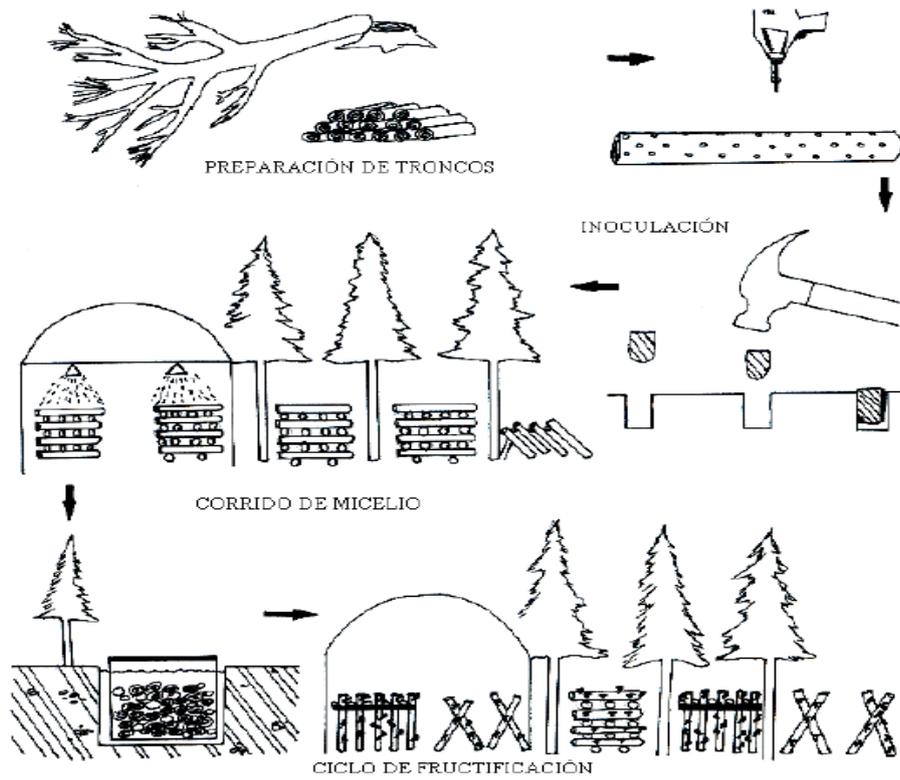
Fuente: Sánchez y Royse (2001).

Figura 3. Ciclo de *Pleurotus sp.*

2.1.6. Condiciones y técnicas de cultivo

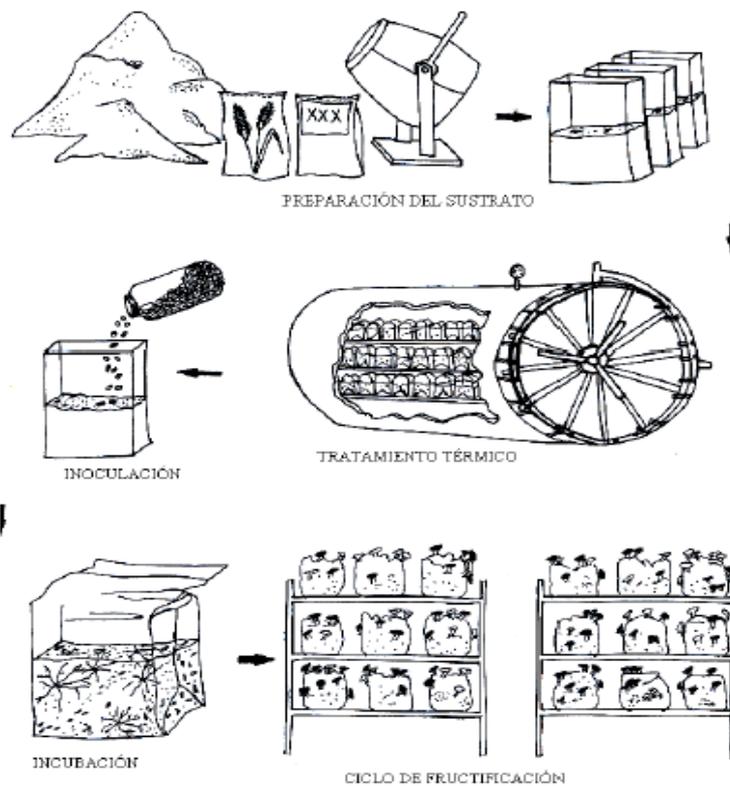
Al igual que otras especies de este género, *Pleurotus djamor* tiene la enzima ligninacelulitis y puede crecer en una variedad de productos agrícolas y forestales, especialmente en climas más cálidos. Geetha y Sivaprakasam (1993) hallaron que la especie (citada como *Pleurotus flabellatus*) es un hongo saprobio que prolifera en clima tropical a temperaturas de 22 a 30 °C. Las técnicas para la producción del hongo son parecidas a las empleadas en otras especies comerciales del género, como *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius*, la diferencia radica en los tiempos de incubación ya que son cortos, incluso existen datos de obtención de la primera cosecha a partir de la segunda semana de incubación (Cetz *et al.*, 2000). Los hongos se cultivan en dos sustratos, natural y sintético (Silva, 2010a).

Los medios naturales forman parte de troncos y ramas en los que el hongo es directamente inoculado, sin ningún tratamiento previo de esterilización. Durante el desarrollo del hongo, la corteza de los troncos establece una barrera segura contra la intrusión de hongos contaminantes, aunque cabe la posibilidad de contaminación por los cortes (en la superficie transversal); sin embargo, se consideran contaminaciones tolerables pues se pueden controlar con el uso de agua oxigenada u otros desinfectantes adecuados (Silva, 2010b).



Fuente: SILVA (2010b).

Figura 4. Proceso del cultivo de hongos comestibles en troncos.



Fuente: SILVA (2010a).

Figura 5. Cultivo de hongos comestibles en aserrín.

Bratkovich (2004) señala que, los sustratos artificiales generalmente son una mezcla de varias compuestos orgánicas e inorgánicas, que en conjunto o por separado tienen un alto valor nutritivo para un gran número de microorganismos, sustancias relativamente simples a las cuales estos microorganismos pueden acceder sin dificultad. En este caso, es importante realizar tratamientos físicos o químicos para eliminar o reducir la carga microbiana que contiene, con la finalidad de evitar que invadan la totalidad del sustrato de cultivo a una a mayor velocidad de crecimiento que el hongo que se intenta cultivar.

Este proceso, junto con el sistema de alimentación mixta, transforma la concentración en una matriz altamente selectiva para producir hongos ecológicos. Generalmente, los medios artificiales poseen una cierta relación Carbono-Nitrógeno (C:N), pH, humedad, grado de compactación, granulometría, entre otras. Estos facilitan el crecimiento acelerado, vegetativo y reproductivo del hongo que es inoculado sobre o dentro de él y, estas condiciones sumadas a las ambientales, determinan finalmente un cultivo exitoso (Bratkovich, 2004).

2.1.7. Etapas del cultivo de hongos comestibles en bloques sintetizados

2.1.7.1. Semilla

Esparcimiento de masa de micelio cuya función es reforzar el metabolismo del hongo para encontrarse en condiciones ideales y crecer de manera eficaz en los medios de producción (Stamets, 2000). El hongo proviene de cultivos puros almacenados en agar o del aislamiento de la región del himen de los cuerpos fructíferos. A partir de este cultivo, el micelio se convierte en un tubo de ensayo que contiene un agar proteico, del cual luego se transfiere a una placa de Petri o una botella plana llena de agar proteico para ganar fuerza y aumentar la cantidad de nutrientes. Luego la semilla es preparada usando granos de cereales como trigo, maíz, cebada, sorgo o arroz. Este método consta de regar el grano con calor hasta un contenido de humedad del 45%. En realidad, esto se logra lavando los granos para eliminar la suciedad, agregando agua para cubrir y cocinando durante unos 15 minutos. Después del riego, los hongos cultivados en agar se convierten en granos refinados, lo que proporciona un entorno de cultivo favorable para el crecimiento, según la especie deseada (Rodríguez y Gómez, 2001).

2.1.7.2. Inoculación

Implica la adición de hongos patógenos al material no invasivo preparado el mismo que debe administrarse en un lugar cerrado para evitar la contaminación en forma de formación de hifas (Rodríguez y Gómez, 2001).

2.1.7.3. Incubación

Durante la preparación, el micelio invade completamente la zona, mejorando el medio ambiente. Se debe realizar en un ambiente cerrado sin presencia de luz. La bolsa se puede colocar en un estante metálico o directamente en el suelo. Dado que las características pueden variar según la especie, es importante que la temperatura de la sala de preparación esté entre 20 y 28 °C y la temperatura ambiente entre 70 y 80% (Fernández, 2004).

En otros casos, cuando se cuentan con bolsas o comúnmente llamadas “pasteles”, o bolsas ya sembradas, se procede a la incubación. Ésta es la primera etapa de la producción y radica en suministrar opacidad para que el hongo crezca o invada al sustrato. Para ello es recomendable usar un ambiente oscuro con estantes de madera para colocar los “pasteles”, para luego ser trasladados a la cámara de producción, construida independiente. En este caso, es conveniente usar nailon de polietileno de 20 a 30 días aproximadamente, cuando el micelio cubra todo el sustrato de las bolsas y éstas tomen un color blanco; posteriormente se quita la cubierta de nailon para permitir el ingreso de luz, lo que ayuda al desarrollo de los cuerpos fructíferos (Cruz *et al.*, 2010).

En el caso de *Pleurotus ostreatus*, la temperatura requerida es de 25 a 30 °C. se debe mantener la humedad entre 60 a 70%; no se requiere realizar el riego si la humedad está bajo control desde el momento de filtrar el sustrato; si alguna bolsa no cuenta con vapor o se ve deshidratada, se debe regar moderadamente con un atomizador manual (Cruz *et al.*, 2010).

2.1.7.4. Fructificación

La fructificación empieza cuando se divide el sustrato por el micelio del hongo y se pueden observar primordios o pines, estos constituirán el cuerpo fructífero. En esta etapa es preciso aumentar la temperatura y las condiciones de luz para cambiar las condiciones de la planta y contribuir a la formación de hongos. Para mejorar el momento de fructificación, es necesario ajustar la temperatura además de la temperatura de la planta. Esto corresponde a la temperatura del hábitat donde el hongo crece de forma natural (Fernández, 2004).

Según Cruz *et al.* (2010), después de la incubación y al momento de retirar el plástico o nailon, se deben hacer varias incisiones a la bolsa apoyados con una cuchilla estéril. Esta área es para que los hongos crezcan y obtengan el 90% de oxígeno necesario para dar fruto. La temperatura promedio a este nivel debe ser de 22-25 ° C y la temperatura promedio debe ser de 70-80%. Los primordios aparecen después de 8 días, terminan su desarrollo en seis o siete días

alcanzando así su madurez óptima para ser comercializado un diámetro de 6 a 8 centímetros. Se pueden producir entre 100 y 200 kg de *Pleurotus sp.* por cada tonelada de producto procesado y producido en 7 o 9 semanas, pero puede resultar confuso durante todo el año, dado el rendimiento promedio de 2-4 meses dividido de la siguiente manera:

- Incubación y crecimiento del micelio de 15 a 30.
- Días en la zona de cultivo de 15 a 20.
- Cosecha de 45 a 60 días.

Pérez y Arredondo (2015) señalan que, después de 73 días la producción ya no es viable económicamente e incluso existe probabilidad de que ya no se formen los cuerpos fructíferos.

En Chile, Cisterna (2002) menciona que pueden ser aprovechadas tres cosechas, estableciendo que el 80% de producción se localiza en la primera y segunda cosecha, así mismo, posterior a la primera cosecha los sustratos pueden sufrir cambios en la producción del hongo, debido a la presencia de plagas o enfermedades, la producción se reduce enormemente porque a menudo comen esporas, hojas, incluso el estado de flores, hojas, incluso hongos que penetran y cavan hoyos.

2.1.7.5. Cosecha

Por lo general se hace manualmente girando la raíz de la raíz o usando un cuchillo no abrasivo para evitar una mayor contaminación del punto de recolección donde crece el hongo. De manera similar, la cosecha se divide en tres períodos, el primer período recibe el 50% de la producción, el segundo período recibe el 30% y el tercer período recibe sólo el 20% de la producción. Generalmente produce rendimientos muy bajos y un alto riesgo de contaminación, por lo que se cosechan tres o más cultivos (García, 1985).

2.1.8. Sustratos para la producción de hongos comestibles

Se entiende por medio o sustrato como la tierra para las plantas que suministren los sustentos precisos. Cisterna (2003) hace mención que, los compuestos lignocelulósicos se pueden utilizar como agregados para higos en grano, desechos industriales (maíz, hojas, etc.), productos de madera procesada (aserrín, virutas), maderas duras, etc. En este último caso, deben evitarse las especies de resina y las especies modernas en peligro de extinción, ya que pueden

producir productos con sabores fuertes y desagradables e inhibir el crecimiento de moho. La elección de los productos de hongos depende con mayor frecuencia de las necesidades del hongo, su fugacidad e inferioridad y las técnicas utilizadas para adaptarlo. Ruíz (2014) menciona que se requiere un sustrato o producto que contenga 20% de nitrógeno, 80% de carbono y 1% de calcio.

2.1.9. Composición de los sustratos

Algunos sustratos como el trigo, por ejemplo, presentan concentraciones de 0,30% de nitrógeno, 0.85% de fósforo, 41.89% de carbono y 2.81% de cenizas (Olavarria, 2000). La cebada presenta valores de 0.40% nitrógeno, 0.11% de fósforo, 26.34% de carbono y 1.7% de cenizas (Beare *et al.*, 2002). En la cascara de frijol, las proteínas están presentes de 6 a 7.9%.

La hoja seca de plátano presenta 2.58% nitrógeno, 0.21% de fósforo, 31.69% de carbono y 12.1% de cenizas (Fox, 1989). Las proteínas están presentes de 9.8 a 12.6%. La cáscara de plátano (*Musa paradisiaca* L.) contiene un valor de 10.5% de celulosa, 14.0% de hemicelulosa y 17.0% de lignina (Ly, 2004). El maíz presenta 0.25% nitrógeno, 0.09% de fósforo, 51.04 de carbono y 13.58% de cenizas (Yumi y Duchi, 2007). Las proteínas están presentes en el rastrojo de maíz de 2 a 7.1%.

La paja de arroz presenta valores de 9.12% en humedad, 13.59% de cenizas, 0.77% de nitrógeno, 47.57% de fibra, 36.53% de celulosa, 22.53% de lignina y 18.41% de hemicelulosa (Ruilova y Hernández, 2014).

De todos los factores mencionados, las diferencias se deben al tipo de planta, pero también a factores que afectan el crecimiento de la planta, como madurez, manejabilidad, fertilidad, tiempo de siembra y aparición de heladas (Romero *et al.*, 2010).

Cisterna (2003) señala también que, es preciso que los medios deben ser tratados (esterilizados o pasteurizados) anticipadamente para eliminar microorganismos. Sin ser tratados solo se logra obtener cantidad no deseadas de gramíneas progresando sobre un medio considerablemente descompuesto con bacterias, mohos, y larvas de insectos.

2.1.10. Nutrientes del sustrato para la producción

Chang *et al.* (1997) señalan que, *Pleurotus sp.* requiere como principales fuentes nutricionales la celulosa, hemicelulosa y lignina. La proporción C/N es también importante, pues requiere más carbono y menos nitrógeno. Para alcanzar esta proporción óptima, sustratos como bagazo de caña, aserrín, paja de cereal, necesitan ser suplementados con fuentes de

nitrógeno como el salvado de arroz y trigo. El carbono es la fuente directa de energía para la producción del metabolismo de los hongos y es necesario para crear diferentes divisiones y estructuras celulares. Los hongos pueden beneficiarse de polímeros, carbohidratos, lípidos, etc. (Sánchez y Royse, 2001).

Rodríguez y Gómez (2001) afirman que, aunque escogen los medios orgánicos para un desarrollo deseable, pueden crecer también sobre fuentes inorgánicas de nitrógeno (nitrato de potasio o úrea). Las raíces de nitrógeno pueden tomar la forma de proteínas y aminoácidos producidos por la descomposición de compuestos como harina, granos y fertilizantes y compuestos orgánicos.

Además de esto, el pH del sustrato adquiere también gran importancia, *Lentinus edodes*, por ejemplo, tiene preferencia por un ambiente ácido, sin embargo, pueden desarrollarse con pH entre 3 – 7 siendo el rango óptimo de 4.5 – 5.5 (Chang *et al.*, 2004). De acuerdo con Sánchez y Royse (2002), si el pH de la base donde se desarrolla un hongo es inadecuado, aunque las condiciones de luminosidad, temperatura y contenido de humedad sean óptimas, el desarrollo es perjudicado.

Además, es importante tener en cuenta los componentes de las sustancias perecederas (digestión rápida de copos y copos, proteínas, químicos, grasas, hemicelulosa, celulosa) y componentes de degradación lenta (ceras, ligninas y otros polifenoles) (Iriarte, 2003).

Kirk (1987) sostiene que, la lignina no es una fuente útil de crecimiento de hongos en ausencia de la sustancia, por lo que es aconsejable combinarla con azúcar disponible comercialmente (sacarosa) como dióxido de carbono simple para darle al hongo su adaptabilidad.

De acuerdo con Sánchez y Royse (2001), si las exigencias de nutrientes se presentan en cantidad requerida para brindar la energía que se requiere, el sustrato será conveniente para el crecimiento del hongo. Bermúdez *et al.* (2007) afirman que, se obtienen mejores resultados cuando el sustrato es rico en fibra y carbohidratos estructurales

2.2. Estado del arte

En Tingo María, Salazar (2018) estudió a *Pleurotus. Ostreatus*, reportando como resultados finales que el sustrato de arroz obtuvo 60.13 g de hongos frescos, con un fructificación durante 43.29 días, rendimiento de producción de 10.61%, y una eficiencia biológica de 24.01%, sin presentar diferencia estadística en ninguno de los casos. Chávez *et al.* (2016) cultivaron *Pleurotus ostreatus* en medios de *Stipa ichu* “ichu” y rastrojo de *Hordeum*

vulgare “cebada” en Chumbivilcas, región Cusco, obteniendo una calidad biológica de 188% para la fórmula (I 80:20C) con un índice de productividad de 2,38%, 1032 g de rendimiento en hongos frescos y cultivados de 79 a 89 días por cada siembra.

Zárate (2015) valoró el desarrollo y productividad de *Pleurotus ostreatus* cultivados en restos de maíz (panca) y arroz (paja) en Lima, consiguiendo eficacias biológicas de 93,83%, TP 2,07%, precocidad de 12,66 días y una Rp de 2,82 para la panca de maíz y EB 72,37%, TP 1,35, precocidad 11,18 y una Rp de 1,92 para la paja de arroz.

En Tingo María, al estudiar *Pleurotus djamor*, Apaza (2018) obtuvo como mejor tratamiento el sustrato de paja de arroz, que presentó fructificación a los 13 días, una media de 199.31 g. de hongos frescos, eficiencia biológica de 70.09%, y una tasa de producción de 5.75, presentando diferencia significativa en todos los casos.

Romero *et al.* (2015) dirigieron una investigación en la que sus datos reportan la fructificación de *Lentinus edodes* en tres cosechas, teniendo como mayor rapidez de crecimiento a C-Agro 2, mostrando resultados a 15, 20 y 25 días después de la colonización. El tratamiento que tardó más fue C-Agro 1, dándose las cosechas a los 20, 35 y 50 días después de la colonización. Además, entre sus resultados obtuvieron valores de EB de 100.50, 88.63 y 83.55% en la fórmula C-Agro2, 3 y 1. En cuanto a la tasa de producción (TP), el mejor resultado lo alcanza C-Agro1, presentando 0.38%.

En una investigación realizada por Guerra y Taboada (2014), se determinó como mejor tratamiento el T₄ (75% de aserrín de eucalipto y 25% de tamo de frijol). Dicho sustrato sometió marcadamente el tiempo de colonización del micelio a los 63 días, después de la siembra. En el ensayo, el T₁₂ (25% bagazo de caña, 75% cascarilla de arroz), redujo el tiempo de colonización del micelio a los 84 días, después de la inoculación. En ambos casos se produjeron pocos hongos, pero de buen tamaño y peso. Los autores concluyen, además, que los medios sin compostaje generan menos tiempo de colonización, precocidad y cosecha; la aplicación de compostaje, en cambio, forjó modificaciones en el pH, desfavorables para la producción del hongo *Lentinus edodes*, y en algunos casos inhabilita la propagación del micelio, y la aparición de primordios. En sus resultados reportan, además, una eficiencia biológica de 68.4% y cuatro cosechas para T₄; mientras que para T₁₂, una EB de 27.2% y tres cosechas, con hongos de mucho menor tamaño después.

Martínez (2014) evaluó la producción de 3 especies de *Pleurotus sp.* aprovechando distintos medios; Nuevo Progreso, San Marcos” realizado en la Universidad Rafael Landivar, al establecer la tasa de producción de *Pleurotus ostreatus* en mazorcas de maíz, indica un valor de 3.5 y de *Pleurotus djamor* en el mismo sustrato, un valor de 2.6. Simoni y Holgado (2008)

a nivel de laboratorio, estudiaron a *Pleurotus ostreatus* (Jacquin. ex. Fr) Kumer consiguiendo fructificaciones del basidiocarpo en chala de maíz suplementado de aserrín de eucalipto y afrecho. La población del sustrato fue de 25 a 35 días. Se lograron 3 oleadas con intervalos de 7 a 10 días. En este trabajo se estableció como el mejor tratamiento a la chala de maíz (80%) fortificado con afrecho de trigo (20%) en el que se consiguió una validez biológica de 46,75 %.

Motato *et al.* (2006) evaluaron residuos orgánicos de *Musa paradisiaca* y aserrín de abarco (*Cariniana piriformes*) como sustrato en el crecimiento de *Pleurotus djamor*, obteniendo como resultado que el más adecuado fue el sustrato de hojas (100%), que produjo cuerpos fructíferos a una Eficiencia Biológica de 24.1% posterior a 2 cosechas.

Pavlich (2001), para cultivar hongos oriundos de Perú *Auricularia fuscusuccinea*, *Pleurotus ostreatus*, recaudados en Maranura, Cusco y de *Pleurotus ostreatus* recaudado en Chanchamayo, usaron coronta de maíz, restos de trigo y afrecho de trigo como sustrato. Para *Pleurotus ostreatus* la eficiencia biológica determinada fue de 64.5% con una tasa de producción de 2.5% y un rendimiento de carpóforo por bolsa de 485.5 g por cosecha.

Salas (2019) en su tesis “Productividad de *Pleurotus djamor* (Rumph. ex Fr.) Boedijn usando como sustratos cáscara de café y paja de arroz suplementados con maíz molido” registró conclusiones de que, la producción sobresalió al emplear como sustrato al paja de arroz que se suplementó con 20 g de maíz molido, además, hubo mejor valores de la eficiencia biológica, el rendimiento y la tasa de producción utilizando como fuente de producción al mismo sustrato mencionado.

Salmones (2017) en su artículo nominado “*Pleurotus djamor*, un hongo con potencial aplicación biotecnológica para el neotrópico” reporta atributos nutrimentales y funcionales de dicho hongo, además de la capacidad de biosíntesis y biodegradables en diversos procesos biotecnológicos, tales como producir alimentos, transformar restos orgánicos por medio de secretar enzimas lignocelulolíticas y aplicarse en la remediación de suelos y agua, etc.

Vega y Franco (2012) estudiaron la “Productividad y calidad de los cuerpos fructíferos de los hongos comestibles *Pleurotus pulmonarius* RN2 y *P. djamor* RN81 y RN82 cultivados sobre sustratos lignocelulósicos” concluyendo que, hubo elevada productividad al cultivar la cepa importada *P. pulmonarius* RN2 y las cepas nativas *P. djamor* RN81 y RN82, estuvieron relacionados respecto a los sustratos lignocelulósicos. Por lo general, la eficiencia biológica y la tasa de productividad reportaron inferiores promedios al cultivarse en tuza de maíz y mayor promedio al emplear paja de arroz.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación política

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación (LMTP) de la Facultad de Recursos Naturales Renovables. Estas instalaciones están ubicadas en la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), ciudad de Tingo María, perteneciente al Distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco.

3.1.2. Ubicación geográfica

Se ubicada a 09° 08' 17" de latitud sur y 75° 59' 52" de longitud oeste, teniendo las como coordenadas UTM: Este 390312 y Norte: 8970774.

3.1.3. Zona de vida y altitud

En base a la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimático de Holdridge (1987), la zona del Alto Huallaga corresponde a un Bosque muy húmedo - Pre Montano Tropical (bmh - PT). La altitud del área de ejecución del experimento es de 660 msnm, con una temperatura media anual de 24,98°C, precipitación promedio anual de 3 373mm, HR de 84,5% (Estación meteorológica José Abelardo Quiñonez - UNAS, 2018; citado por León, 2019).

3.2. Materiales

3.2.1. Materiales y equipos

Como material biológico utilizado para realizar las pruebas de cultivo fue el hongo comestible *Pleurotus djamor*, cepa aislada de basidiocarpos colectados de la zona de Tingo María y facilitado por el Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Los materiales usados en laboratorio fueron cartulina negra, malla de neblina, mascarilla, guantes de goma, papel madera (papel kraft), mechero, papel aluminio, bisturí, cajas

Petri, matraces, probetas y pipetas. En campo, se hizo uso de plástico negro, alambre de amarre, clavos, bolsas de polipropileno y bolsas simples de plástico.

También se empleó agar papa dextrosa y alcohol 96°. En el caso de la propagación de micelios, se utilizó el trigo sin pelar (trigo resbalado) como sustrato; mientras que para la producción del hongo se utilizaron residuos agrícolas (cáscara de frijol, tallo de maíz, paja de arroz y hoja de plátano).

Finalmente, entre los equipos se ha hecho uso de la cámara de flujo laminar, balanza gramera, incubadora, refrigeradora, autoclave, estufa y cámara fotográfica.

3.2.2. Metodología

3.2.2.1. Determinación de la eficiencia biológica y fructificación de *Pleurotus djamor* en los diferentes residuos sólidos agrícolas

Limpieza y desinfección del laboratorio. Antes de iniciar las respectivas actividades del experimento, se realizó una limpieza general del ambiente con hipoclorito de sodio, con la finalidad de disminuir cualquier riesgo de contaminación por agentes orgánicos o inorgánicos. Además, se realizó la esterilización de los equipos y materiales utilizados, como las placas Petri, matraz, varillas y botellas de vidrio, sometiéndolos a 160° C durante un periodo de 24 horas.

Preparación del medio de cultivo. Para el desarrollo del micelio del hongo en el laboratorio, se preparó Agar Papa Dextrosa como medio de cultivo, el cual inició con colocar en un vaso precipitado 1,0 litro de agua destilada y 29 gramos de medio comercial, se hirvió por 10 minutos en una cocina eléctrica hasta que el medio adquirió un tono más trasparente, se agitó y homogenizó continuamente con una varilla de vidrio para homogenizar y diluir el medio, luego se repartió el medio de cultivo en cuatro matraces con capacidad de 250 ml, se tapó cada matraz con trozos de algodón cubierto de papel kraft (para evitar que se moje), después se puso a 121 °C en el auto clave por 30 min. Posteriormente se desinfectó durante 15 minutos en la cámara de flujo laminar. Además, se incorporaron los materiales que fueron utilizados como las placas Petri, antibiótico, alcohol, papel toalla, fósforo y un mechero.

La distribución del medio de cultivo en las placas Petri se realizó en la cámara de flujo laminar, utilizando un mechero encendido para evitar la contaminación; al matraz (que contenía el medio) se agregó una cantidad pequeña de antibiótico, se agitó, se colocó una cantidad de agar papa dextrosa en las placas Petri, tapándolos al instante y, finalmente, el medio de cultivo se dejó enfriar durante 24 horas.

Siembra de las cepas en el medio de cultivo. Una vez que estuvo frío el medio de cultivo se procedió a reincorporar los materiales que se utilizaron para siembra y/o el plaquéo dentro de la cámara de flujo laminar programado en modos desinfección y se dejó por 15 minutos. Se trabajó con el mechero encendido con la finalidad de evitar la contaminación. Con ayuda de un bisturí, se seccionó el material biológico de las placas Petri en tamaños de 1 cm², luego con la ayuda de las pinzas se trasladó el material biológico al centro de las placas Petri que ya contenía el medio de cultivo. De inmediato fueron sellados con parafina y rotulados, para finalmente ser llevados a la incubadora.

Preparación del grano de trigo. Se utilizó cuatro kilogramos de trigo sin pelar (trigo resbalado), exentos de impurezas y granos dañados, a través del siguiente procedimiento:

- Se hizo hervir 20 litros de agua a fuego alto hasta alcanzar el punto de ebullición, seguidamente se agregaron los granos de trigo para ser cocinados durante 12 minutos, removiendo constantemente para evitar que los granos se junten entre ellos. Luego de transcurrido el periodo de cocción, se procedió a escurrir y orear (en una mesa sobre un mantel) por un lapso de 30 minutos (Romero, 2007).
- Lo siguiente fue llenar los granos de trigo en botellas resistentes a altas temperaturas con capacidad de 500 ml, cerrándolas con papel aluminio para llevarlas a la autoclave a 121 °C durante 30 minutos. Finalmente, estas son colocadas en la cámara de flujo laminar por el tiempo de 12 horas.

Siembra de micelio en los granos de trigo. Concluida la esterilización, los frascos se enfriaron a temperatura ambiente de la cámara de flujo laminar. Una vez frías, se procedió a realizar la inoculación, que consistió en extraer desde una placa Petri una parte del micelio del hongo (cepa madre), para luego llevarlo a incubar de 24 - 27 °C bajo total oscuridad.

Acopio de insumos como sustratos. Los sustratos fueron recolectados de diferentes lugares: la cáscara de frijol fue proporcionada por los comerciantes del mercado de la ciudad de Tingo María; el tallo de maíz, recolectado del fundo de la Facultad de Agronomía de la UNAS; la pajilla de arroz, de la propiedad del Sr. Arturo Santos Díaz, ubicado en la localidad de Saypay en el distrito de Pueblo Nuevo; y la hoja de plátano se recolectó de la propiedad del Sr. Richard Cámara Rosales ubicado en la localidad de Picuruyacu del distrito de Castillo Grande.

Composteo de los sustratos. Los sustratos fueron cortados en pequeños trozos de aproximadamente 2 a 5 cm de longitud. Posteriormente se realizó el proceso de composteo por un periodo de 15 días, sometidos a humedad a través de riego y a temperatura mayor a la del ambiente, con la finalidad de disminuir selectivamente parte de la flora microbiana presente en el mismo, y favorecer el desarrollo adecuado del hongo. Para ello los sustratos fueron apilados y se cubrió cada pila con plástico negro. Todo este proceso se realizó en un ambiente previamente construido que hizo las veces de invernadero.

Pasteurizado de los sustratos. Una vez realizado el composteo de los sustratos, se procedió a realizar la esterilización a través de vapor caliente, mediante un cilindro acondicionado. El procedimiento fue el siguiente: se agregó agua al cilindro, en cuyo interior se colocó una parrilla a 30 cm de altura desde su base (para evitar que los sustratos entren en contacto con el agua), se colocaron los sustratos en sacos individualmente por cada tratamiento y se cerró con una tapa hermética. Luego se prendió fuego a base de leña, y los sustratos fueron esterilizados mediante el vapor producido por un tiempo de 6 horas.

Siembra de micelio (semilla) en los sustratos. Una vez frío el sustrato, fue desparramado en una mesa previamente limpia y desinfectada con alcohol. Posteriormente, se sembraron los granos de trigo con el micelio antes obtenido del laboratorio, buscando formar una mezcla de 6 a 8% de la semilla del micelio con respecto al sustrato.

Acondicionado de las bolsas con el sustrato sembrado. Una vez que el micelio fue sembrado en el sustrato, se llenaron la mezcla en las bolsas transparentes de polietileno, amarrándolas en el extremo superior, procediendo al rotulado y agujereado con un punzón esterilizado para permitir la respiración del micelio. Estas bolsas fueron colocadas en un estante de madera previamente construido (parcela experimental), el cual además fue forrado con plástico negro con el fin de proporcionar oscuridad en el ambiente y un aumento de temperatura, buscando mejorar las condiciones de desarrollo a los micelios, durante un periodo de 14 días.

Para realizar la siembra de los micelios, se ha tenido que formar 32 grupos de granos de trigo con el micelio, estos fueron sembrados en los sustratos de manera aleatoria (Tabla 3), la disposición del diseño experimental estuvo enfocado en el completo al azar (DCA) que contó con cuatro (04) tratamientos y ocho (08) repeticiones, motivo por el cual en caso de poder encontrar el contraste de la hipótesis planteada respecto a la variable respuesta, se ha tenido que recorrer al uso del análisis de la varianza de una sola vía y en caso de poder demostrar

significancia estadística entre los sustratos, se procedió a realizar la prueba de comparación de medias denominada prueba de Tukey, todo el análisis se realizó a un nivel de confianza del 95,0% con 5,0% de error.

Tabla 3. Distribución de los tratamientos establecidos.

Código	Peso promedio (g)	Residuo agrícola	Cantidad (%)
T ₁	1059,10	Tallo de maíz	100
T ₂	1482,20	Cáscara de frijol	100
T ₃	1421,80	Hoja de plátano	100
T ₄	1152,00	Paja de arroz	100

Inducción del micelio sembrado en los sustratos. Al observar los primeros primordios del hongo (a los 14 días), se procedió a retirar el plástico para permitir el ingreso de luz y ventilación y, en consecuencia, estimular la fructificación del hongo. Para mantener la humedad en el invernadero se realizaron riegos en el área cada cuatro horas, debido a que en esta etapa de crecimiento el basidiocarpo requiere de luz, ventilación y humedad permanente

Determinación de la eficiencia biológica. Luego de alcanzar la edad adulta de los hongos, se realizó la actividad de cosecha para determinar el porcentaje de eficiencia biológica por cada tratamiento, se pesaron los cuerpos fructíferos y se aplicó la fórmula siguiente:

$$EB(\%) = \frac{\text{Peso de los cuerpos fructíferos frescos}}{\text{Peso seco del sustrato}}$$

Fructificación. Además de observar la edad adulta de los hongos adecuados para la cosecha, se consideró registrar los datos diariamente la emergencia de los hongos pequeños con el cual se consideraba como el inicio de la fructificación, que fue el tiempo en días posteriores a la siembra de los micelios. Los datos para su respectivo análisis se procedió desde el día que hubo presencia del hongo en los sustratos utilizados para la producción de setas comestibles.

3.2.2.2. Evaluación de la producción, rendimiento y tasa de producción de *Pleurotus djamor* en los diferentes residuos sólidos agrícolas

Una vez proseguida la metodología expuesta en el objetivo anterior, se utilizó en este acápite a los datos al momento en que los basidiocarpos alcanzaron su madurez. Para ello, se procedió a la cosecha y a determinar su peso mediante una balanza de precisión.

Productividad de basidiocarpos. Luego de recolectados y pesados los basidiocarpos, se procedió al análisis de los datos utilizando la estadística descriptiva, abarcando parámetros como la media aritmética, el error estándar de la media, el valor mínimo y máximo que representaba al menor y mayor dato de cada variable respectivamente.

Producción del hongo. Se recolectará los basidiocarpos y se les pesó en una balanza de precisión, los valores obtenidos se expresaron en unidades de gramos por cada repetición instalados.

Rendimiento. Variable determinada mediante el peso de los hongos producidos, luego se determinó la expresión porcentual en base al peso del sustrato utilizado. Los datos fueron analizados mediante el análisis de la varianza y la prueba de comparación de medias.

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Peso del hongo (g)}}{\text{Peso del sustrato (g)}} \times 100$$

Tasa de producción. Variable obtenida mediante la observación y fue expresada en términos porcentuales, en este caso se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{TP (\%)} = \frac{\text{EB (\%)}}{(\text{Periodo de colonización del sustrato} + \text{periodo de fructificación en días})}$$

Se resalta que los valores obtenidos de las variables medidas fueron tabulados en una hoja de cálculo del Ms Excel 2010 en donde se codificó a los tratamientos y repeticiones en las primeras columnas, siendo seguidas por los nombres de las variables en los encabezados para que se pueda colocar los valores en la parte inferior secuencial, esta actividad se caracterizó por generar la matriz de datos, el cual se trasladó al paquete estadístico SPSS v. 25 en donde se realizó el proceso respectivo del análisis de los datos.

En el análisis de los datos se consideró el proceso mediante la herramienta estadística análisis de la varianza (ANVA) con la finalidad de realizar el contraste de la hipótesis por presentar más de dos tratamientos el ensayo; actividad que fue precedida por una prueba de comparación de medias de Tukey. Para el contraste de las hipótesis se ha tenido en cuenta el nivel de significancia que fue del 5,0% (alpha: 0,05). Para el caso de la interpretación de los resultados, en el ANVA se observó el p-valor obtenido, prosiguiendo la regla de decisión en base al siguiente criterio:

- Valor-p mayor o igual a 0,05, se acepta la hipótesis nula concerniente a que los sustratos utilizados presentan efectos similares.
- Valor-p menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula concerniente a que al menos uno de los sustratos utilizados presentan efectos diferentes.

Los resultados del ANVA y la prueba de Tuckey se representaron mediante tablas, siendo acompañado de una figura realizada con los valores promedios de los resultados obtenidos para cada variable y en cada tratamiento ensayado.

Variables. Las variables consideradas en el estudio fueron las siguientes:

- Variable independiente: Sustratos (residuos agrícolas).
- Variables dependientes: Eficiencia biológica (%), fructificación (días), peso del hongo fresco (g), rendimiento y tasa de producción (%).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Eficiencia biológica en la producción de *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn en los diferentes residuos sólidos agrícolas

La Tabla 4 presenta el análisis de varianza realizado para la eficiencia biológica, en donde se muestra que al menos uno de los sustratos tuvo efectos significativos ($P < 0,05$).

Tabla 4. ANVA para la eficiencia biológica de *Pleurotus djamor* en los diferentes residuos sólidos agrícolas.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Tratamientos	3	7 475,837	2 491,946	20,279	<0,001*
Error experimental	36	4 423,794	122,883		
Total	39	11 899,631			

*: Existe diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$).

La prueba de comparación de medias de Tukey presenta la diferencia significativa existente entre los tratamientos respecto a esta variable, siendo notorio que el empleo del tallo de maíz como sustrato favoreció en mayor medida sobre la eficiencia biológica en el cultivo del hongo en estudio (Tabla 5).

Tabla 5. Prueba de Tukey para la eficiencia biológica de *Pleurotus djamor*.

Mérito	Tipo de sustrato	Media (%)	Significancia
1	Tallo de maíz	66,39	A
2	Paja de arroz	45,98	B
3	Hoja de plátano	36,14	B C
4	Cáscara de frijol	30,48	C

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

El tratamiento que ha mostrado mejor comportamiento ha sido el sustrato con tallo de maíz. Los resultados son superiores a lo obtenido por Motato *et al.* (2006), quien reporta una eficiencia biológica de 24,1% de *Pleurotus djamor* después de dos cosechas, al utilizar residuos de *Musa paradisiaca* “plátano” al 100%. Sin embargo, Apaza (2018), al utilizar también como

sustrato de arroz (paja), ha logrado una mayor eficiencia biológica (79,09%), aunque en sus demás sustratos reporta valores menores al 22,0%. Aun coincidiendo en el tipo de sustrato a usar, las grandes diferencias en los resultados pueden atribuirse debido al tipo de residuo vegetal del que este se ha obtenido, el grado de madurez de dicha planta, la fertilidad del suelo donde ha crecido, entre otros, ya estos factores influyen en la calidad de la planta a utilizar y en los micronutrientes que presenta, pues debido a ello el sustrato puede ser mejor para la proliferación del hongo.

Romero *et al.* (2010), presenta superiores resultados de eficiencia biológica en sus tratamientos; entre ellos también emplea como sustrato la hoja de plátano 123,30%, pajilla de frijol 82,91% y rastrojo de maíz 67,77% en la producción de *Pleurotus ostreatus*. En la misma especie de hongos, Zárate (2015) observó eficiencia biológica de 93,83% al utilizar panca de maíz y 72,37% en paja de arroz. Es evidente que el resultado de la eficiencia biológica es muy variable. Chávez *et al.* (2016), incluso reporta eficiencias biológicas de 188%. Si bien es cierto que la cantidad de hongos frescos producidos tiene una relación directa en la eficiencia biológica, también se debe tener en cuenta la cantidad de cosechas que se logra realizar a lo largo de la investigación. En muchos casos ocurre que sólo se producen dos cosechas o una, debido a la susceptibilidad de contaminación de los hongos.

Finalmente, Fernández (2014), señala que todo el peso fresco de hongos producidos de una bolsa de sustrato debe corresponder al total del peso seco del mismo medio para considerar que la calidad productiva de dicho sustrato es aceptable, siendo que la EB debe estar por encima del 50,0%. En los tratamientos estudiados, se tiene que el sustrato de tallo de maíz presentó mayor eficacia biológica en la producción de *Pleurotus djamor*, alcanzando 66,39%, por lo que es aceptable bajo los escenarios estudiadas.

Fructificación:

Pasados 15 días desde haber realizado la siembra, se procedió a retirar el plástico que recubría los tratamientos. Hasta este periodo se vio fructificación en la mayoría de las bolsas con los respectivos sustratos, notándose, además, mayor presencia de hongos en el sustrato tallo de maíz.

El periodo de fructificación ha sido considerado hasta el día de la cosecha final (Figura 6). El sustrato cáscara de frijol ha fructificado hasta un promedio de 42,00 días; mientras que menores tiempos se obtuvieron en hojas de plátano (39,10 días), paja de arroz (37,60 días) y tallo de maíz (35,10 días).

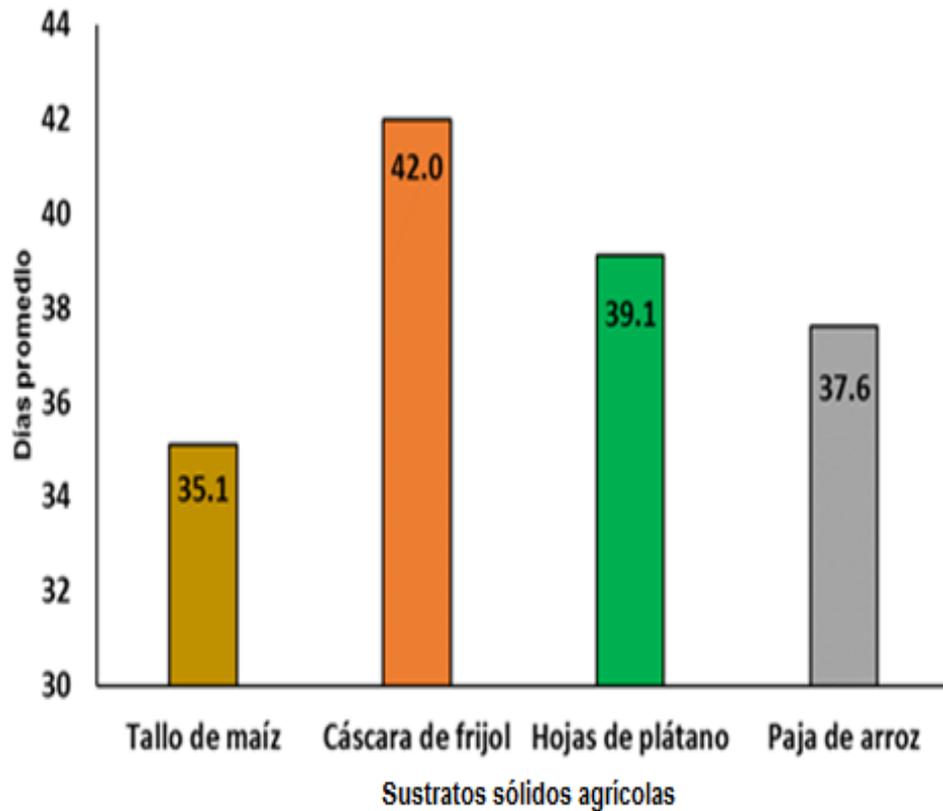


Figura 6. Periodo de fructificación de *Pleurotus djamor* en los sustratos sólidos agrícolas.

La Tabla 6 muestra el análisis de varianza realizado para la variable fructificación de *Pleurotus djamor*, en donde se interpreta que al menos uno de los sustratos utilizados tuvo efectos estadísticos significativos ($P < 0,05$).

Tabla 6. ANVA para la fructificación de *Pleurotus djamor* en los diferentes residuos sólidos agrícolas.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Tratamientos	3	249,700	83,233	45,263	<0,001*
Error experimental	36	66,200	1,839		
Total	39	315,900			

*: Existe diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$).

En la comparación de medias de Tukey respecto a la fructificación del hongo en estudio, se muestra que el sustrato constituido por el tallo de maíz (T_1) presenta mejor comportamiento respecto a los demás sustratos utilizados en el experimento (Tabla 7).

Tabla 7. Prueba de Tukey para la fructificación de *Pleurotus djamor* en los diferentes residuos sólidos agrícolas.

Mérito	Tipo de sustrato	Media (días)	Significancia
1	Tallo de maíz	35,10	A
2	Paja de arroz	37,60	B
3	Hoja de plátano	39,10	B
4	Cáscara de frijol	42,00	C

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

La fructificación se prolongó por mayor tiempo en el sustrato cáscara de frijol (42 días) y por un menor periodo en el tallo de maíz (35,10 días). Estos resultados se asemejan a lo obtenido por SALAZAR (2018), quien reporta que la fructificación de *Pleurotus. ostreatus* se prolongó por 43 y 35 días, con el sustrato de arroz y de plátano, respectivamente. A su vez, son menores a los obtenidos por Guerra y Taboada (2014), quienes reportan una reducción del tiempo de colonización del micelio, aproximadamente a los 63 días después de la siembra, mezclando 75% de aserrín de eucalipto y 25% de tamo de frijol. Romero *et al.* (2010) presentan un resultado de 72 días al utilizar las hojas de plátano deshidratados.

Diversos autores, entre ellos Chávez *et al.* (2016), reportan un tiempo de incubación (colonización de sustratos) superior a los 80 días. Respecto a esto, Pérez y Arredondo (2015), hacen mención que después de 73 días la producción ya no es viable económicamente e incluso existe probabilidad de que ya no se formen los cuerpos fructíferos. En la presente investigación los hongos han producido hasta los 42 días, lo cual representa un resultado positivo en cuanto a lo mencionado, sobre todo si tenemos en cuenta que, además, se produjeron tres cosechas, con intervalos de reposo entre 7 y 11 días, luego de los cuales se volvía a observar fructificación. Los resultados obtenidos concuerdan con lo mencionado por Cisterna (2002), sostiene que se puede aprovechar hasta 3 cosechas, teniendo mayor porcentaje en la primera y decreciendo en las posteriores. Asimismo, Simoni y Holgado (2008) reportan una colonización de 25 a 35 días en *Pleurotus ostreatus*, obteniendo 3 oleadas con intervalos de 7 a 10 días; por su parte, Romero *et al.* (2015) reporta también tres cosechas en *Lentinus edodes*, realizadas a los 20, 35 y 50 días (la más tardía), y a los 15, 20 y 25 días (la más rápida) con mezclas de aserrín de encino, rastrojo de maíz y olote de maíz. Posiblemente, la diferencia en la fructificación y/o producción entre los sustratos se deba en gran parte al composteo realizado. Los materiales no llevan a cabo un proceso de fermentación en el mismo periodo, siendo aquellos que presentan mayor

humedecimiento los que tienden a sufrir el proceso con mayor celeridad. Debido a que un efecto de la fermentación es la repartición de los componentes y el ablandamiento de la estructura de los materiales de desecho que servirán como sustrato, es importante el desarrollo de este proceso para facilitar así la absorción de agua por el hongo.

4.2. Producción, rendimiento y tasa de producción del *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn en los diferentes residuos sólidos agrícolas

La Tabla 8 muestra el análisis de varianza realizado para la producción de *Pleurotus djamor*. Se observa que al menos uno de los sustratos tuvo efectos significativos ($P < 0,05$).

Tabla 8. ANVA para la producción de *Pleurotus djamor* en los diferentes residuos sólidos agrícolas.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Tratamientos	3	47 400,800	15 800,267	6,218	<0,001*
Error experimental	36	91 471,200	2 540,867		
Total	39	138 872,000			

*: Existe diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$).

La comparación de medias de Tukey muestra que el sustrato tallo de maíz es el tratamiento que presenta diferencia significativa respecto a los demás (Tabla 9).

Tabla 9. Prueba de Tukey para la producción de *Pleurotus djamor* en los diferentes residuos sólidos agrícolas.

Mérito	Tipo de sustrato	Media (g)	Significancia
1	Tallo de maíz	260,00	A
2	Hoja de plátano	196,80	B
3	Paja de arroz	195,80	B
4	Cáscara de frijol	172,00	B

Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

A los 15 días de sembrados los micelios, el sustrato que mostró mayor producción de frutos (basidocarpos) de *Pleurotus djamor* fue el elaborado con tallo de maíz, que alcanzó

260,00 g. Respecto a esto, Apaza (2018), reporta la producción de basidorcarpos del hongo *Pleurotus djamor* en un periodo de 13,75 días promedio al utilizar paja de arroz como sustrato, y 199,31 g de hongo fresco en promedio al final de la investigación. Por su parte, Salazar (2018), obtuvo su mayor producción de *Pleurotus ostreatus* en sustrato de arroz (60,13 g). Otro factor determinante en la producción del hongo es el pH propio de cada sustrato, pues, aunque se intente dar las condiciones ambientales necesarias para el desarrollo del hongo, si el pH del sustrato donde este se desarrolla es inadecuado, aunque las condiciones sean óptimas, el crecimiento es afectado. Así, Chang *et al.* (2004) recalcan la importancia de la propiedad química del suelo como es el pH, mencionando que en la especie *Lentinus edodes*, por ejemplo, tiene preferencia por ambientes ácidos, sin embargo, pueden crecer con pH entre 3 a 7 siendo un rango apropiado de 4,5 a 5,5.

Es necesario también tener en cuenta que las diferencias de producción se pueden atribuir a la variación en el contenido de celulosa y lignina presentes en los residuos utilizados. Debido a que los hongos no pueden aprovechar la lignina y requieren un elevado contenido de carbono, en ocasiones se ha visto recomendable mezclar al sustrato con azúcar comercial (sacarosa) como fuente de carbono simple, dándole la posibilidad de adecuar sus enzimas a las fuentes de carbono complejas del sustrato. Respecto a lo mencionado, Bermúdez *et al.* (2007), afirma que se obtienen mejores resultados cuando el sustrato es rico en fibra y carbohidratos estructurales.

Rendimiento:

La Tabla 10 muestra el análisis de varianza realizado para el rendimiento de *Pleurotus djamor*. Se aprecia que al menos uno de los diferentes sustratos utilizados tuvo efectos significativos ($P < 0,05$) respecto a esta variable.

Tabla 10. ANVA para el rendimiento de *Pleurotus djamor* en los diferentes residuos sólidos agrícolas.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Tratamientos	3	997,211	332,404	18,47	<0,001*
Error experimental	36	647,915	17,998		
Total	39	1645,126			

*: Existe diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

La comparación de medias de Tukey referido al rendimiento del hongo evidencia que el sustrato tallo de maíz es el tratamiento que presenta diferencia significativa respecto a los demás (Tabla 11).

Tabla 11. Prueba de Tukey para el rendimiento de *Pleurotus djamor* en los diferentes residuos sólidos agrícolas.

Mérito	Tipo de sustrato	Media (%)	Significancia
1	Tallo de maíz	24,63	A
2	Paja de arroz	17,12	B
3	Hoja de plátano	13,92	B C
4	Cáscara de frijol	11,72	C

Diferentes letras evidencian diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

El mayor rendimiento de producción se presentó en el sustrato tallo de maíz, que ha logrado un 24,63% de hongos frescos, mostrando mejor comportamiento ante los demás. Este valor es superior al reportado por Apaza (2018), en Tingo María, quien obtuvo mayor rendimiento de producción de *Pleurotus djamor* con el sustrato de paja de arroz, reportando un valor de 19,54%. Sin embargo, en el presente estudio, al utilizar paja de arroz como sustrato se obtuvo un 17.12%.

Ruíz (2014), menciona que se necesita un sustrato con 20% de nitrógeno, 80% de carbono y 1,0% de calcio como máximo. Fox (1989), indica que, en el caso de la hoja seca de plátano, esta puede presentar 2,58% de nitrógeno, 0,21% de fósforo, 31,69% de carbono y 12,1% de cenizas; por otro lado, en la cascarilla o paja de arroz podemos encontrar un 9,12% de humedad, 13,59% de cenizas, 0,77% de nitrógeno, 47,57% de fibra, 36,53% de celulosa (Ruilova y Hernández, 2014). En la presente investigación no se ha realizado el correspondiente análisis que permita conocer a ciencia cierta el porcentaje de nutrientes existentes en los sustratos utilizados, para ello se tiene como referencia la literatura citada; además, el objetivo principal es determinar un mejor sustrato para la producción de hongos, teniendo presente que la práctica pueda ser replicada sin complicación alguna para nadie.

Tasa de producción:

La Tabla 12 muestra el análisis de varianza para la tasa de producción de *Pleurotus djamor*. Al menos uno de los sustratos utilizados tuvo efectos significativos ($P < 0,05$).

Tabla 12. ANVA para la tasa de producción de *Pleurotus djamor* en diferentes sustratos.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Tratamientos	3	34,873	11,624	20,79	<0,001*
Error experimental	36	20,126	0,559		
Total	39	54,999			

*: Existe diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

La comparación de medias de Tukey con respecto a la tasa de producción del hongo, indica que el sustrato tallo de maíz es el tratamiento que presenta diferencia significativa respecto a los demás (Tabla 13).

Tabla 13. Prueba de Tukey para la tasa de producción de *Pleurotus djamor* en los diferentes restos sólidos agrícolas.

Mérito	Tipo de sustrato	Media (%)	Significancia
1	Tallo de maíz	4,31	A
2	Paja de arroz	3,06	B
3	Hoja de plátano	2,41	B C
4	Cáscara de frijol	1,85	C

Letras diferentes evidencian diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$).

La tasa de producción está entre 1,85 y 4,31, correspondiendo el menor valor para el sustrato de cáscara de frijol, y el mayor con el tallo de maíz. Los resultados son inferiores a lo obtenido por Apaza (2018), quien, respecto a esta variable, con el sustrato paja de arroz, obtuvo un valor de 5,75 en la misma especie. Son, sin embargo, superiores a los presentados por Romero *et al.* (2015), quien obtuvo como tasa de producción un valor de 0,38.

Martínez (2014), al evaluar la tasa de producción de *Pleurotus ostreatus* en olotes de maíz, indica 3,5, y de *Pleurotus djamor* en el mismo sustrato, un valor de 2,6. Sin embargo, la diferencia en las tasas de producción también puede atribuirse a la especie de maíz, plátano, arroz o frijol utilizados, así como al grado de madurez y la fertilidad del suelo. Se puede considerar, además, al contenido de humedad del sustrato que se emplea, pues los hongos tienen un elevado contenido de agua en su composición. Respecto a esto, Cruz *et al.* (2010) mencionan que la humedad aproximada debe ser entre 70,0% hasta 80,0%, y que debe haber una temperatura entre 22 y 25 °C en el proceso de fructificación.

V. CONCLUSIONES

1. La producción de *Pleurotus djamor* empleando diferentes sustratos sobresalió en mayor medida respecto a la eficiencia biológica al utilizarse el sustrato conformado por el tallo del maíz (66,39%), y la fructificación más rápida (35,10 días) se observó en el mismo sustrato.
2. El mayor valor en producción, rendimiento y tasa de producción se dio con el sustrato tallo de maíz, presentando diferencias estadísticas significativas respecto a los demás tratamientos.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Considerar la combinación de sustratos para la producción de hongos *Pleurotus djamor*, toda vez de que la mezcla de diversos residuos en proporciones diferentes puede ayudar a obtener un sustrato de propiedades físicas y químicas más propicios para este fin.
2. Fomentar los conocimientos sobre la producción del cultivo de hongos comestibles y el uso que se le puede dar a los residuos sólidos provenientes de la agricultura, lo que resultaría viable económica y ambientalmente.
3. Realizar estudios sobre la producción del hongo *Pleurotus djamor* teniendo en consideración a los factores ambientales como la humedad y la iluminación por la existencia de reportes sobre su sensibilidad hacia dichos factores.
4. Se tiene que seguir realizando estudios donde se incluyan otros tipos de sustratos que se puedan encontrar en áreas tropicales como es el caso de la cáscara del cacao, el café, la palma aceitera u otros restos vegetales provenientes de cultivos.
5. Se tiene que identificar más especies de hongos comestibles que toleran condiciones tropicales y realizar las respectivas pruebas sobre la búsqueda de sustratos adecuados para mejorar su producción para solventar la necesidad alimentaria de la región y el país.

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
- Ardón, C. E. (2007). *La producción de los hongos comestibles* [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio USAC. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/07/07_1932.pdf
- Arredondo, C., y Pérez, A. (2007). *Evaluación del crecimiento del hongo Lentinula edodes Berk Pegler en residuos agroindustriales* [Tesis de pregrado, Universidad EAFIT]. Repositorio EAFIT. https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/395/AnaMilena_PerezMartinez_2007.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Beare, M. H., Wilson, P. E., Fraser, P. M., & Butler, R. C. (2002). Management effects on barley straw decomposition, nitrogen release, and crop production. *Soil Science Society of American Journal*, 66(3), 848-856. <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2136/sssaj2002.8480>
- Bermúdez, R., García, N., y Mourlot, A. (2007). Fermentación sólida para la producción de *Pleurotus sp.*, sobre mezclas de pulpa de café y viruta de cedro. *Tecnología Química*, 27(2), 55-62. <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543753009.pdf>
- Bratkovich, S. (2004). *Shiitake mushroom production: obtaining spawn*. https://conference.ifas.ufl.edu/smallfarms12/PDFs%20and%20handouts%20for%20web/Sunday/6%20Specialty%20Mushrooms/Olson_Gazula_Saft_Shiitake_Production.pdf
- Castillo, C. A. (2008). *Estudio comparativo de tres sustratos para la producción de shiitake Lentinus edodes sing. (Berg) en Yahuarcocha, Imbabura* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/192/2/03%20AGP%2067%20DOCUMENTO%20FINAL.pdf>
- Cetz, G., Ancona, R., y Belmar, J. (2000). Cultivo de *Pleurotus djamor* en rastrojo de calabaza. *Revista Mexicana de Micología*, 16(1), 41-43.

- Chang, D., Park, J., You, C., Kim, G., Jeon, C., & Lee, D. (1997). *Oyster mushroom cultivation technology and management*. The farmers Newspaper.
- Chang, S. (1999). Global impact of edible and medicinal mushrooms on human welfare in the 21st century: nongreen revolution. *Int. Journal of Medicinal Mushrooms*, 1(1), 1-7. <https://dl.begellhouse.com/journals/708ae68d64b17c52,6f35eac6176a1b5,11d0ca8f4b30ecb2.html>
- Chávez, I. A. (2016). *Stipa ichu como alternativa local en el cultivo de Pleurotus ostreatus (Jacquin ex Fr.) Kummer* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio UNSAAC. <http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/1782/253T20160631.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cisterna, C. (2003). *Clasificación ecofisiológica de los hongos comestibles*. Micotec. <https://es.scribd.com/document/253114334/Hongos-Ecofisiologia>
- Cisterna, C. (2002). *Cultivo del hongo ostra en Chile*. Micotec. <http://www.micotec.cllibro%20Cultivo%20Hongo%20stra%20en%20Chile.pdf>
- Cruz, D., López De León, L., y Pascual, M. (2010). Evaluación de mezclas de pulpa de café con olote de maíz. Para la producción de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*). *Journal of Agriculture and Environment for International Development*.
- Fernández, F. (2004). *Guía práctica de producción de setas (Pleurotus sp.)*. Fungitec Asesorías.
- Fox, R.L. (1989). Banana; *en detecting mineral nutrient deficiencies in tropical and temperate crops*. D.L. Plucknett y H.B. Sprague (ed). USA. Westview Press. p. 337-354.
- García, M. (1985). *Nuevas técnicas de cultivo del Pleurotus ostreatus*. Hojas Divulgadoras. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1985_08.pdf
- García, A., y Torres, R. (2003). Producción de enzimas lignolíticas por Basidiomycetes mediante la técnica de fermentación en sustrato sólido. *Revista colombiana de biotecnología*, 4(1): 56-64.
- Geetha, D., & Sivaprakasam, K. (1993). *Pleurotus-djamor* - a new edible mushroom. *Current Science* 64(5), 280-281.
- Guerra, H., y Taboada, M. (2014). *Producción del hongo shiitake (Lentinula edodes), en bloques orgánicos a base de desechos agrícolas (aserrín de eucalipto, cascarilla de*

arroz, tamo de fréjol y bagazo de caña), con y sin la utilización de compostaje y nutrientes. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4088/1/03%20EIA%20358%20TESIS.pdf>

Holdridge, L. (1987). *Ecología basada en zonas de vida*. IICA.

Iriarte, C. (2003). *Estudio de la producción y secreción de enzimas celulíticas en micelios rápidos y lentos de P. ostreatus*. Universidad Pública de Navarra.

Kirk, T., & Farrell, R. (1987). Enzymatic “combustión”: the microbial degradation of lignin. *Annual Review of Microbiology*, 41(1), 465-505.

Ly, J. (2004). Bananas y plátanos para alimentar cerdos: aspectos de la composición química de las frutas y de su palatabilidad. *Computadorizada de Producción Porcina*, 11(3), 5-24.

León, D. J. (2019). *Germinación de semillas de Ladenbergia oblongifolia (Mutis) L., en diferentes sustratos* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1809/TS_DJLQ_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Martínez, D. N. (2014). Producción de tres especies de *Pleurotus spp.*, utilizando diferentes sustratos: Nuevo Progreso, San Marcos [Tesis de pregrado, Universidad Rafael Landívar]. Repositorio URL. <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/17/Martinez-Daniel.pdf>

Martínez, G., Sihuana, D.; Macías, L., Pérez, L., Martínez, M., & López O. (2012). Characterization and production of Shiitake (*Lentinula edodes*) in Mexico using supplemented sawdust. *Afr. J. Biotechnol.*, 11(46), 10582-10588.

Miles, P. G., & Chang, S. T. (2004). *Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact*. CRC Press.

Motato, K. E., Mejía, A. I., y León, A. (2006). Evaluación de los residuos agroindustriales de plátano (*Musa paradisiaca*) y aserrín de abarco (*Cariniana piriformes*) como sustratos para el cultivo del hongo *Pleurotus djamor*. *VITAE*, 13(1), 24-29. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169813260004>

Nicholl, D., y Petersen, R. (2000). Phenetic plasticity in *Pleurotus djamor*. *Mycotaxon*, 76(1), 17-37.

- Olavarria, G. (2000). *Caracterización enzimática cualitativa de cepas fúngicas de un suelo trumao y determinación mediante parámetros químicos de su capacidad para biodegradar paja de trigo*. [Tesis de pregrado, Universidad Austral de Chile]. Archivo digital. <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/55388>
- Pavlich, M. R. (2001). Hongos comestibles del Perú. *Revista de Ciencias Biológicas BIOTA*, 100(18), 3-19.
- Rajarithnam, S., Nanjaraja, U., Shashirekha, Z., y Bano, A. (1998). Biodegradative and biosynthetic capacities of mushrooms: present and future strategies. *Critical Reviews in Biotechnology*, 18(2-3), 91-236.
- Rodríguez, N., y Gómez, F. (2001). Cultivo de hongos comestibles en pulpa de café. Programa de investigación científica. Avances técnicos. *Cenicafe*, 285(1), 1-8.
- Romero, O., Huerta, M., Damián, M., Macías, A., Tapia, M., Parraguirre, F., y Juárez, J. (2010). Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa paradisiaca* L., cv. Roatán) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas. *Agronomía Costarricense*, 34(1), 53-63.
- Romero, O., Martínez, M., Damián, M., Ramírez, B., y López, F. (2015). Producción del hongo Shiitake (*Lentinula edodes* Pegler) en bloques sintéticos utilizando residuos agroforestales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(6), 1229-1238. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v6n6/v6n6a7.pdf>
- Ruilova, M.B., y Hernández, A. (2014). Evaluación de residuos agrícolas para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar. La Habana, Cuba. *Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar*, 48(1), 54-59.
- Ruíz, J. (2014). *Curso producción de Pleurotos casa orrellana*.
- 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

- 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].
- Salmones, D. (2017). *Pleurotus djamor*, un hongo con potencial aplicación biotecnológica para el neotrópico. *Revista Mexicana de Micología*, 46(1), 73-85. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmm/v46/0187-3180-rmm-46-73.pdf>
- Salmones, D., y Mata, G. (2015). Laccase production by *Pleurotus djamor* in agar media and during cultivation on wheat straw. *Revista Mexicana de Micología*, 42(1), 17-23.
- Sánchez, J., y Royse, D. (2002). *La biología y el cultivo de Pleurotus spp.* Ed. Limusa S.A.
- Sánchez, J., y Royse, D. (2001). *La biología y el cultivo de Pleurotus spp.* ECOSUR, Limusa
- Sierra, J., López, T. y García, J. (2002). *Lo que Ud. Debe de saber de: setas cultivadas*. Sociedad Micológica Leonesa "San Jorge".
- Silva, R. (2010a). *Utilización de desechos de podas del arbolado urbano como sustrato para la producción de hongos comestibles*.
- Silva, R. (2010b). *Manual para la producción de hongos comestibles (shiitake)*.
- Simoni A.A. y Holgado R.M. (2008). *Cultivo de Pleurotus ostreatus (Jacq.Fr.) Kummer en residuos lignocelulosicos de la región*. UNSAAC.
- Singer, R. (1975). *The Agaricales in Modern Taxonomy*. J. Cramer.
- Stamets, P. (2000). *Los hongos de gourmet Growing y medicinales*. Aceleran Prensa.
- Vega, A., y Franco, H. (2012). Productividad y calidad de los cuerpos fructíferos de los hongos comestibles *Pleurotus pulmonarius* RN2 y *P. djamor* RN81 y RN82 cultivados sobre sustratos lignocelulósicos. *Información Tecnológica*, 24(1), 69-78. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v24n1/art09.pdf>
- Yumi, S., y Duchi, N. (2007). Digestibilidad in vivo de rastrojo de maíz (*Zea mays*) tratado con urea y melaza en ovinos. *Ecociencia*, 1(1), 49-54.
- Zárate, J. R. (2015). *Producción y desarrollo de cuatro aislamientos de Pleurotus ostreatus (Jacq.), cultivados en restos de cosecha*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/919/T007161.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

Anexo A. Datos reportados en la investigación.

Tabla 14. Datos reportados durante la ejecución del estudio.

Trat	PSH (g)	PSS (g)	Peso total (gr)	F (días)	EB (%)	Rdto	TP (%)
1	1086	412,00	276	36	66,99	25,41	3,35
1	1025	376,00	221	35	58,78	21,56	3,92
1	1132	435,00	288	34	66,21	25,44	4,41
1	1141	412,00	243	37	58,98	21,30	3,93
1	1031	392,00	233	34	59,44	22,60	3,96
1	1002	361,00	300	35	83,10	29,94	5,54
1	1108	424,00	311	36	73,35	28,07	4,89
1	1044	374,00	239	34	63,90	22,89	4,26
1	1014	389,00	226	35	58,10	22,29	3,87
1	1008	361,00	271	35	75,07	26,88	5,00

2	1422	512	116	42	22,66	8,16	1,33
2	1377	523	207	43	39,58	15,03	2,33
2	1477	537	135	39	25,14	9,14	1,48
2	1457	560	154	42	27,50	10,57	1,62
2	1381	501	216	43	43,11	15,64	2,54
2	1511	570	225	42	39,47	14,89	2,32
2	1665	607	161	41	26,52	9,67	1,56
2	1490	569	152	43	26,71	10,20	1,57
2	1586	570	107	43	18,77	6,75	1,10
2	1456	546	193	42	35,35	13,26	2,08

3	1236	578	213	39	36,85	17,23	2,46
3	1595	603	152	39	25,21	9,53	1,68

Trat	PSH (g)	PSS (g)	Peso total (gr)	F (días)	EB (%)	Rdto	TP (%)
3	1545	557	191	40	34,29	12,36	2,29
3	1401	591	147	39	24,87	10,49	1,66
3	1655	623	296	40	47,51	17,89	3,17
3	1403	502	203	39	40,44	14,47	2,70
3	1239	487	186	40	38,19	15,01	2,55
3	1333	524	173	38	33,02	12,98	2,20
3	1300	460	215	39	46,74	16,54	3,12

4	1212	464	224	38	48,28	18,48	3,22
4	1203	431	132	39	30,63	10,97	2,04
4	1097	421	224	38	53,21	20,42	3,55
4	1069	381	196	38	51,44	18,33	3,43
4	1104	424	362	37	85,38	32,79	5,69
4	1146	411	81	38	19,71	7,07	1,31
4	1144	425	204	39	48,00	17,83	3,20
4	1496	542	224	32	41,33	14,97	2,76
4	1002	383	153	38	39,95	15,27	2,66
4	1047	377	158	39	41,91	15,09	2,79

EB: Eficiencia biológica

Tabla 15. Descriptivos de los datos procesados en las diferentes variables.

Variables	Tratamientos	Media	EE	Mínimo	Máximo	CV (%)
EB (%)	Maíz	66,39 ^a	3,36	58,10	83,10	0,13
	Frijol	30,48 ^c	3,27	18,77	43,11	0,27
	Plátano	36,14 ^b	2,40	24,87	47,51	0,21
	Arroz	45,98 ^b	7,93	19,71	85,38	0,37

Variables	Tratamientos	Media	EE	Mínimo	Máximo	CV (%)
Fructificación (días)	Maíz	35,10 ^a	1,85	34,00	37,00	0,14
	Frijol	42,00 ^c	0,39	39,00	43,00	0,03
	Plátano	39,10 ^b	0,23	38,00	40,00	0,02
	Arroz	37,60 ^b	0,65	32,00	39,00	0,05
Peso de hongos promedio (g)	Maíz	260,00 ^a	11,97	220,00	311,00	0,13
	Frijol	172,00 ^b	13,87	107,00	261,00	0,29
	Plátano	196,80 ^b	13,21	147,00	296,00	0,21
	Arroz	195,80 ^b	23,71	81,00	362,00	0,38
Rendimiento	Maíz	24,63 ^a	1,24	21,30	29,94	0,11
	Frijol	11,72 ^c	1,21	6,75	18,95	0,33
	Plátano	13,92 ^b	0,89	9,53	17,89	0,20
	Arroz	17,12 ^b	2,94	7,07	32,79	0,46
Tasa de producción (%)	Maíz	4,31 ^a	,027	3,35	5,54	0,13
	Frijol	1,85 ^c	0,19	1,10	2,94	0,33
	Plátano	2,41 ^b	0,89	1,66	3,17	0,20
	Arroz	3,06 ^b	2,94	1,31	5,60	0,46
PSS (g)	Maíz	390,50	6,64	361,00	435,00	0,07
	Frijol	553,00	10,45	501,00	607,00	0,06
	Plátano	558,50	17,42	460,00	623,00	0,10
	Arroz	422,50	27,91	377,00	542,00	0,11

Tabla 16. Datos diarios durante la ejecución del estudio.

Días desde la siembra	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45		
Tallo de maíz	1	87	0	0	0					0	83	0	0	0						69	0	37	0										
	2	111	0	0	0					0	77	0	0	0						0	33	0	0										
	3	93	0	0	51					0	0	83	0	0						61	0	0	0										
	4	81	37	0	0					64	0	0	0	0						0	38	0	23										
	5	86	0	0	0					0	102	0		0						45	0	0	0										
	6	89	0	41	0					0	91	0	0	0						0	79	0	0										
	7	91	0	0	73					0	73		23	0						0		51	0										
	8	102	0	0	0					0	83	0	0	0						54	0	0	0										
	9	92	0	0	0					0	0	87	0	0						0	47	0	0										
	10	109	0	0	0					0	81	0	0	24						0	57	0	0										
Promedio	94	3.7	4	12	0	0	0	0	0	6	59	19	3	2	0	0	0	0	0	23	28	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Paja de arroz	1	89	0	0	0	0						91	0	0					0			0	44	0									
	2	36	0	0	0	0						0	64	0					0			0	0	32									
	3	85	0	0	53	0						0	45	0					0			0	41	0									
	4	73	62	0	0	0						0	0	0					0			0	61	0									
	5	124	0	24	0	0						67	0	76					0			71	0	0									
	6	68	0	0	0	0						0	0	0					0			0	13	0									
	7	96	0	0	0	0						0	45	0					0			0	0	63									
	8	35	0	0	0	36						0	15	77					61			0	0	0									
	9	88	0	0	0	0						0	52	0					0			0	13	0									
	10	73	0	0	0	0						0	34	0					0			0	0	51									
Promedio	77	6.2	2	5	4	0	0	0	0	0	0	16	26	15	0	0	0	0	6	0	0	0	7	17	15	0	0	0	0	0	0	0	

Días desde la siembra	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45		
Hoja de plátano	1	62	0	0								0	73	0										57	0	0							
	2	82	0	0								45	0	71										0	15	0							
	3	0	0	25								0	0	56										0	71	0							
	4	0	72	0								0	0	15										0	0	104							
	5	15	0	0								0	61	0										0	71	0							
	6	0	0	82								63	0	0										78	0	73							
	7	91	0	0								0	86	0										0	26	0							
	8	73	0	0								0	24	0										0	0	89							
	9	0	109	0								0	31	0										33	0	0							
	10	48	0	0								0	0	71										0	96	0							
Promedio	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	28	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	28	27	0	0	0	0	0
Cáscara de frijol	1	0	35	0	34	0	0								24	0	0					0		0	0	0	23	0					
	2	0	83	0	0	0	0								73	0	0					0		0	0	0	51	0					
	3	13	65	0	0	0	0								0	57	0					0		13	0	0	0	0					
	4	0	46	0	0	0	0								0	74	0					0		0	0	34	0	0					
	5	88	0	43	0	0	0								51	0	0					0		0	0	0	0	34					
	6	0	14	0	0	32	0								0	71	0					41		0	0	0	67	0					
	7	0	67	0	0	28	0								0	45	0					0		0	0	21	0	0					
	8	0	37	0	0	0	0								0	101	0					0		0	0	0	0	14					
	9	55	0	0	0	0	16								39	0	0					0		0	0	0	0	52					
	10	0	71	14	0	0	0								0	0	66					0		0	0	0	42	0					
Promedio	16	42	6	3	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	19	35	7	0	0	0	4	0	0	0	1	0	6	18	10	0	0	0	

Tabla 17. Eficiencias biológicas alcanzadas en algunos productos agroindustriales.

Sustrato	EB (%)	Referencia
Algodón (<i>Gossypium sp.</i>)		Funaki <i>et al.</i> (2010)
Desechos	92.5	
Arroz (<i>Oryza sativa</i>)		Cayetano <i>et al.</i> (2007)
Paja	39.4-55.7	
Café (<i>Coffea arabica</i>)	40.2-61.8,	Salmones <i>et al.</i> (2005)
Pulpa	63, 64.4178.3	Savoie <i>et al.</i> (2007), Huerta <i>et al.</i> (2010)
Calabaza (<i>Cucurbita maxima</i>)		Cetz <i>et al.</i> (2000), Ancona <i>et al.</i> (2007)
Rastrojo	130, 84-128	
Caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>)		Hasan <i>et al.</i> (2015), Selvakamur <i>et al.</i> (2015)
Bagazo	36.8, 101.2	
Cártamo (<i>Carthamus tinctorius</i>)		Atila (2017)
Paja	77.8	
Coco (<i>Cocos nucifera</i>)		Cayetano <i>et al.</i> (2007)
Residuos del fruto	35.3	
Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)		Atila (2017)
Rastrojo	78.2	
Henequén (<i>Agave fourcroydes</i>)		
Bagazo	76-115	Ancona <i>et al.</i> (2007)
Residuos	64-74	Mshandete y Cuff (2008)
Lirio acuático (<i>Eichhornia crassipes</i>)	53-84	Kivaisi <i>et al.</i> (2003)
Maíz (<i>Zea mays</i>)		
rastrojo	98, 53.1,	Cayetano <i>et al.</i> (2007)
tuza	16-27	Menolli <i>et al.</i> (2010)
Pajas de gramíneas		Paswall <i>et al.</i> (2017)
avena (<i>Avena sativa</i>)	51.9, 56.5-123,	Savoie <i>et al.</i> (2007)
cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)	53.6-114.4,	Chaubey <i>et al.</i> (2010)
trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	30.5-40.4, 60.2, 72	Siddhant <i>et al.</i> (2009)
Pastos (<i>Pennisetum spp.</i>)		Bernardi <i>et al.</i> (2007);
Pasto elefante (<i>P. purpurem</i>)	132.6	Gaitán-Hernández (1993)
Zacate buffel (<i>P. ciliare</i>)	54.1	
Plátano (<i>Musa paradisiaca</i>)		Motato <i>et al.</i> (2006)
hojas, pseudotallo y fruto	24.1	

Fuente: Salmones (2017).

Anexo B. Panel fotográfico

Figura 7. Desarrollo del micelio del hongo.



Figura 8. Preparación de sustratos para los tratamientos.



Figura 9. Llenado de sustratos en las bolsas.



Figura 10. Incubación en los sustratos sembrados con el hongo.



Figura 11. Basidiocarpos del hongo: izquierda (tallo de maíz), derecha (paja de arroz).



Figura 12. Pesado de basidiocarpos en la balanza electrónica.