

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES**  
**RENOVABLES**



**PRODUCTIVIDAD DE *Pleurotus djamor* (Rumph. ex Fr.) Boedijn**  
**USANDO COMO SUSTRATOS CÁSCARA DE CAFÉ Y PAJA DE**  
**ARROZ SUPLEMENTADOS CON MAÍZ MOLIDO**

**Tesis**

**Para optar el título profesional de:**

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES,**  
**MENCION: FORESTALES**

**Presentado por:**

**JEAN DENIS SALAS HUAMAN**

**Tingo María – Perú**

**2019**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
Tingo María – Perú



**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 006-2020-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 23 de Diciembre de 2019, a horas 09:05 a.m. en la Sala de Conferencias de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la Tesis titulada:

**“PRODUCTIVIDAD DE *Pleurotus djamor* (Rumph ex Fr.) Boedijn  
USANDO COMO SUSTRATO CÁSCARA DE CAFÉ Y PAJA DE  
ARROZ SUPLEMENTADO CON MAÍZ MOLIDO”**

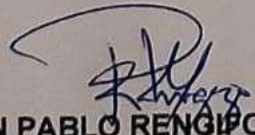
Presentado por el Bachiller, **SALAS HUAMAN, Jean Denis**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADA** con el calificativo de **“MUY BUENO”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES, MENCIÓN FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 12 de Marzo de 2020

  
Dr. YTAVCLERH VARGAS CLEMENTE  
PRESIDENTE

  
Ing. MSc. WARREN RIOS GARCIA  
MIEMBRO

  
Ing. MSc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO  
MIEMBRO

  
Dr. LADISLAO RUIZ RENGIFO  
ASESOR

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES**  
**RENOVABLES**



**PRODUCTIVIDAD DE *Pleurotus djamor* (Rumph. ex Fr.) Boedijn**  
**USANDO COMO SUSTRATOS PAJA DE ARROZ Y CÁSCARA**  
**DE CAFÉ SUPLEMENTADOS CON MAÍZ MOLIDO**

Autor : **JEAN DENIS SALAS HUAMAN**

Asesor : Dr. RUIZ RENGIFO, Ladislao.

Programa de Investigación : Valoración de la biodiversidad y recursos naturales

Línea de Investigación : Manejo, Conservación de la biodiversidad y recursos naturales

Eje temático de investigación: Micología

Lugar de Ejecución : Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación FRNR- UNAS.

Duración : Fecha de inicio: febrero 2019  
Termino: septiembre de 2019

Financiamiento:

FEDU: si

Propio: si

Otros: no

## DEDICATORIA

*A Dios; por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida.*

*A mis padres Inocente Trinidad Tolentino y Ayde Huamán Santillán por su amor, trabajo y sacrificios en todos estos años; gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Gracias por dejarme la herencia más noble posible: Educación.*

*A mi familia Yuriko Minaya Jesús y Dyer Aníbal Salas Minaya; por el apoyo incondicional. Son mi motivo de superación.*

*A mi hermana Luz Vanesa Salas Huamán; con amor fraternal.*

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi más sincero agradecimiento:

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por haberme dado la oportunidad para forjarme como profesional.
- A mis profesores de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, quienes a través de sus enseñanzas contribuyeron en mi formación profesional.
- A mis padres Inocente Trinidad Tolentino y Ayde Huamán Santillán, por su apoyo incondicional para forjarme como profesional.
- Al Dr. Ladislao Ruiz Rengifo, en su condición de asesor de la tesis por su motivación y enorme asistencia durante la ejecución y redacción de esta investigación.
- Asimismo, a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron con la realización y culminación de la presente investigación.

## INDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
	2.1 Sobre el hongo a cultivar .....	4
	2.2. Importancia y valor nutritivo de los hongos comestibles .....	7
	2.3. Residuos para la producción de hongos comestibles .....	11
	2.4. Etapas en el cultivo de hongos comestibles .....	13
	2.4.1. Semilla .....	13
	2.4.2. Inoculación .....	14
	2.4.3. Incubación .....	14
	2.4.4. Fructificación .....	14
	2.4.5. Cosecha .....	15
	2.5. Condiciones necesarias para la producción de hongos comestibles .....	17
	2.5.1. Relación Carbono/Nitrógeno .....	17
	2.5.2. pH del Sustrato.....	19
	2.5.3. Temperatura.....	20
	2.5.4. Humedad.....	20
	2.5.5. Riego.....	21
	2.5.6. Luz .....	21
	2.5.7. Ventilación.....	22
	2.6. Antecedentes de Investigaciones con <i>Pleurotus spp</i> .....	22
III-	MATERIALES Y MÉTODOS .....	27
	3.1. Ubicación del lugar de estudio.....	27
	3.2. Zona de vida.....	27
	3.3. Clima .....	27
	3.4. Materiales.....	28
	3.4.1. Material biológico .....	28
	3.4.2. Materiales y equipos.....	29
	3.4.3. Reactivos.....	29
	3.5. Metodología.....	29
	3.5.1. Preparación de medio de cultivo agar papa dextrosa .....	29
	3.5.2. Plaqueo y siembra de micelio.....	29

3.5.3.	Propagación de semilla (micelio en trigo) .....	30
3.5.4.	Preparación y composteo del sustrato .....	31
3.5.5.	Semiesterilizado y enfriado del sustrato .....	32
3.5.6.	Siembra de la semilla del hongo en los sustratos .....	32
3.5.7.	Incubación y propagación del hongo .....	33
3.5.8.	Inducción a fructificación .....	33
3.6.	Diseño de Investigación .....	33
3.6.1.	Tipo de diseño .....	33
3.6.2.	Técnicas estadísticas .....	34
3.6.3.	Tratamientos .....	34
3.6.4.	Croquis del experimento .....	34
3.6.5.	Modelo de análisis de variancia .....	35
3.6.6.	Análisis estadístico .....	35
3.6.7.	VARIABLES EVALUADAS .....	36
3.6.8.	Medición de variables .....	36
3.6.8.1.	Peso fresco de los basidiocarpos .....	36
3.6.8.2.	El Rendimiento .....	37
3.6.8.3.	Eficiencia biológica (%) .....	37
3.6.8.4.	La tasa de producción (%) .....	37
3.7.	Procesamiento de resultados y análisis estadístico .....	37
IV.	RESULTADOS .....	39
4.1.	Producción en base al peso fresco (g) del hongo <i>Pleurotus djamor</i> en sustratos paja de arroz y cáscara de café suplementados con maíz molido .....	39
4.2.	Eficiencia biológica, rendimiento y tasa de producción del hongo <i>Pleurotus djamor</i> en los sustratos a base de pulpa de café y paja de arroz suplementados con maíz molido. ....	41
V.	DISCUSIÓN .....	48
1.1.	Sobre la producción en base al peso fresco (g) del hongo <i>Pleurotus djamor</i> en sustratos paja de arroz y cáscara de café suplementados con maíz molido .....	48

5.2. De la eficiencia biológica, rendimiento y tasa de producción del hongo <i>Pleurotus djamor</i> en sustratos a base de pulpa de café y paja de arroz suplementados con maíz molido. ....	51
VI. CONCLUSIONES .....	55
VII. RECOMENDACIONES .....	56
VIII. ABSTRACT .....	57
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	58
A N E X O .....	67

## INDICE DE CUADROS

### Cuadro

1. Contenido nutritivo de algunos residuos.....	11
2. Formulación del sustrato para el cultivo de <i>Pleurotus djamor</i> .....	12
3. Contenidos referenciales de C/N de algunos residuos orgánicos.....	18
4. Distribución de los tratamientos establecidos.....	34
5. Modelo de análisis de varianza. ....	35
6. Descriptivos del peso fresco (g) de <i>Pleurotus djamor</i> .....	39
7. Análisis de varianza del peso fresco de <i>P. djamor</i> . ....	40
8. Prueba de Tukey del peso fresco de <i>P. djamor</i> .....	40
9. Descriptivo de la Eficiencia Biológica en la productividad de <i>Pleurotus djamor</i> . ....	42
10. Análisis de varianza de la Eficiencia Biológica en la productividad de <i>P. djamor</i> . ....	42
11. Prueba de Tukey de la eficiencia biológica en la productividad de <i>P. djamor</i> . ....	43
12. Descriptivo del rendimiento en la productividad de <i>P. djamor</i> . ....	44
13. Análisis de varianza del rendimiento en la productividad de <i>P. djamor</i> . .	45
14. Prueba de Tukey del rendimiento en la productividad de <i>P. djamor</i> . .....	45
15. Descriptivo de la Tasa de Producción en la productividad de <i>P. djamor</i> .	46
16. Análisis de varianza de la Tasa de Producción en la productividad de <i>P. djamor</i> . ....	47
17. Prueba de Tukey de la tasa de producción en la productividad de <i>P. djamor</i> . ....	47

18. Datos de producción de basidiocarpos de <i>Pleurotus djamor</i> en sustrato paja de arroz. ....	69
19. Datos de producción de basidiocarpos de <i>Pleurotus djamor</i> (paja de arroz + 10 g de harina de maíz/bolsa). ....	70
20. Datos de producción de basidiocarpos de <i>Pleurotus djamor</i> (paja de arroz + 20 g de harina de maíz/bolsa). ....	71
21. Datos de producción de basidiocarpos de <i>Pleurotus djamor</i> en sustrato cáscara de café. ....	72
22. Datos de producción de basidiocarpos de <i>Pleurotus djamor</i> (cáscara de café + 10 g de harina de maíz/bolsa).....	73
23. Datos de producción de basidiocarpos de <i>Pleurotus djamor</i> (cascara de café + 20 g de harina de maíz/bolsa).....	74
24. Sustrato paja de arroz + suplementado con 20 gramos de harina de maíz/bolsa.....	77
25. Sustratos a base de pulpa de café sin suplemento/bolsa.....	78
26. Sustrato cascara de café + suplementado con 10 gramos de harina de maíz/bolsa.....	79
27. Sustrato cascara de café + suplementado con 20 gramos de harina de maíz/bolsa.....	80
28. Descriptivos de la productividad de <i>Pleurotus djamor</i> en los tratamientos.....	81
29. Datos de pérdida de peso de sustratos a base de paja de arroz .....	83
30. Datos de pérdida de peso de sustratos a base de cáscara de café.....	83

## INDICE DE FIGURAS

### Figura:

1 . Basidiocarpo del hongo comestible <i>Pleurotus djamor</i> .....	7
2. Micelio en medio agar extracto de malta del hongo comestible <i>Pleurotus djamor</i> .....	16
3. Micelio en medio agar extracto de malta del hongo comestible <i>Pleurotus djamor</i> .....	28
4. Placas Petri con micelio crecido de <i>Pleurotus djamor</i> en PDA .....	30
5. Micelio propagado en granos de trigo resbalado (semilla) .....	31
6. Media de la producción en peso fresco del hongo por tratamiento .....	41
7. Media de la Eficiencia biológica por tratamientos <i>Pleurotus djamor</i> .....	43
8. Sustrato a base de cáscara de café en proceso de fermentado .....	84
9. Sustrato a base de paja de arroz en proceso de fermentado .....	84
10. Semiesterilizado de los sustratos .....	85
11. Sustrato a base de paja de arroz en proceso de fermentado .....	85
12. Sustrato a base de paja de arroz en proceso de fermentado .....	86
13. Progreso de crecimiento de micelio en sustrato a base de cáscara de café .....	86
14. Evaluando la producción del hongo crecido en paja de arroz.....	87
15. Hongos <i>Pleurotus djamor</i> cosechados .....	87

## RESUMEN

Existen tantos recursos naturales propias de nuestra biodiversidad que deben ser investigados y promovidos a fin de darle un uso, entre ellos están los hongos comestibles que son bien conocidos por los pobladores especialmente del campo. Con esta investigación se busca conocer la productividad de *Pleurotus djamor* usando como sustratos cáscara de café y paja de arroz suplementados con maíz molido. Las cepas de los hongos colectados en la zona y aislados fueron proporcionadas por el Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María, las semillas “spawn” fueron obtenidas en granos de trigo resbalado (trigo sin pelar) y sembrados en los sustratos cáscara de café y paja de arroz suplementados con harina de maíz previamente fermentados y semi esterilizados. El mejor resultado con respecto a los demás sustratos, se logró con paja de arroz + 20 g de maíz molido en relación al peso fresco del hongo *Pleurotus djamor* ( $128 \pm 9.81$  g/bolsa), menor tiempo entre la inoculación de la semilla y el Inicio de fructificación (11.2 días), mayor eficiencia biológica ( $44.42 \pm 3.38$  %), y mayor rendimiento ( $25.42 \pm 2.27$  %/bolsa de capacidad de 290 g de sustrato seco). El suplemento con maíz molido ha mejorado los resultados de productividad del hongo en los sustratos a base de paja de arroz y cascara de café.

## I. INTRODUCCIÓN

Los hongos cumplen un rol importante en los ecosistemas, actuando en procesos fundamentales del mantenimiento de la vida como la degradación de materia orgánica y el reciclaje de nutrientes (MUELLER y SCHMIT, 2007; BRAGA-NATO, *et al.*, 2008). La bioconversión de lignina y celulosa en la naturaleza es poco y bastante limitado a escasos microorganismos, esto debido a una compleja estructura (MARCELO *et al.*, 2001). La más eficiente degradación de la lignina se da a través de los hongos de pudrición blanca (FALCÓN *et al.*, 1995). De estos organismos, se estiman que un aproximado de siete mil especies muestran si son comestibles en distintos grados, mientras que más de 3000 especies de treinta y uno géneros son considerados como las importantes que se pueden consumir. (SÁNCHEZ y ROYSE, 2001).

Muchos hongos silvestres tienen gran importancia alimenticia para diversos grupos indígenas en América del Sur (PRANCE, 1972; PRANCE, 1973; PRANCE, 1984), además de presentar alto potencial para su cultivo. La amazonia peruana muestra un escenario favorable para el desarrollo del cultivo de hongos comestibles, especialmente con especies nativas, lo que incita a investigar para el aprovechamiento de tan importante recurso natural.

En Perú, el *Pleurotus sp* se cultiva especialmente en base al uso de las cepas que tengan una mejor calidad y producción, que proviene del

extranjero (*Pleurotus ostreatus*). No obstante, se pueden encontrar hongos silvestres en la región, los cuales se pueden consumir pero que no han sido estudiados, teniendo un gran aspecto para comercializarse de manera regional y local, principalmente los hongos que crecen en esas condiciones climáticas. Por tal razón, se requiere fomentar el estudio y la cultivación de este tipo de hongos que se pueden consumir y favorecer a la seguridad alimentaria.

Las investigaciones que se realizan con respecto a los hongos tienen mayor relevancia, ya que se aprovecha constantemente en la alimentación, industria, pero especialmente en la medicina, pero en la Amazonia, de manera más precisa, en Tingo María no se dispone de mucha información. Aun así, hay varios que proviene de forma indirecta o directamente de la agricultura, como aserrín de madera blanda, cascara de café, cascara de cacao, etc., se pueden ser aprovechados para la producción de los hongos que pueden consumirse.

La producción de hongos comestibles en un futuro implicaría en mejor de los casos, generación de empleo para la producción y transformación, esta actividad requiere de poco espacio para su cultivo y son de ciclo relativamente corto. Por esto, nos planteamos la siguiente pregunta ¿en qué medida difieren los sustratos suplementados con maíz molido en la producción de basidiocarpos de *Pleurotus djamor*?

**Objetivo General:**

Conocer la productividad de *Pleurotus djamor* usando como sustratos cáscara de café y paja de arroz suplementados con maíz molido.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar la producción en base al peso fresco (g) de *Pleurotus djamor* en sustratos a base de cáscara de café y paja de arroz suplementados con maíz molido.
- Determinar la eficiencia biológica, rendimiento y tasa de producción de *Pleurotus djamor* en sustratos a base de cáscara de café y paja de arroz suplementados con maíz molido.

### **Hipótesis:**

Al menos uno de los tratamientos a base de paja de arroz y cáscara de café utilizados en la producción de *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn, presenta diferencia en los rendimientos y eficiencia biológica.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Sobre el hongo a cultivar

Cuando se trata sobre hongos, entonces estamos frente a la ciencia conocida como micología, proviene de la palabra etimológica Mico-hongo y Logos-estudio. Los hongos se diferencian de las plantas superiores porque no disponen de clorofila, entonces resultan no ser autótrofos. Pertenecen al reino Fungi, y son quienes deshacen residuos animales y vegetativos, de los cuales se obtienen y compuestos orgánicos nuevos. Asimismo, llegan a asumir la función de eliminar los desechos sin afectar el entorno, de igual forma permite a los que han terminado su ciclo sean usados de nuevo. Solo el hongo y ciertas bacterias pueden sobrevivir de madera muerta.

*Pleurotus djamor* presenta “consistencia carnosa y blanda, de color rosado a blanco cremoso. El sombrero mide de 5 -10 cm, excéntrico y variable, por lo general en forma de repisa. Las láminas son bastante juntas, decurrentes hasta la base del pie. Por lo general es saprófito, se le encuentra en maderas en estado de descomposición, en bosques ribereños con alto porcentaje de humedad relativa. Fructifica durante todo el año, siendo mayormente común en época de invierno. Es comestible y muy apreciado, especialmente por los pobladores del campo, actualmente se viene difundiendo su consumo”. (ARDÓN, 2007).

En muchos países se viene promoviendo e iniciando el cultivo de hongos comestibles por muchas razones, entre una de estas razones son los cambios en los hábitos alimenticios, donde se empieza a notar mayor preferencia de la población por el consumo de productos orgánicos. Los hábitos alimenticios ha tenido que influir mucho con las culturas originarias de nuestros países, tal es así que por ejemplo la cultura Maya ha tenido bastos conocimientos sobre hongos comestibles y para otros usos, siendo actualmente México el mayor productor de hongos comestibles de Latinoamérica, “con el 80.8% de la producción total de la región, seguido por Brasil (7.7%) y Colombia (5.2%), además México se coloca en el 13avo a nivel mundial (ROMERO-ARENAS *et al.*, 2015). Hasta hace pocos años el hongo shiitake fue el segundo hongo más cultivado después de los champiñones, actualmente, el género *Pleurotus* ocupa el segundo lugar con una producción aproximadamente del 19% de la producción mundial”. (SUÁREZ y NIETO, 2013; ROYSE *et al.*, 2016).

Se registraron aproximadamente 70 especies de *Pleurotus* y se vienen descubriendo más. La determinación de especies es difícil debido a las similitudes morfológicas y a los posibles efectos ambientales que hacen variar en cada zona. Asimismo, los hongos *Pleurotus* silvestres están distribuido en todo el mundo y es el hongo comercial más importante después de los champiñones. (WON-SIK, 2005).

*Pleurotus djamor*, es un hongo conocido comúnmente como hongo del amor u hongo salmón; tiene una gran distribución en las zonas trópicas y subtrópicas. Tiene una similitud al del *Pleurotus ostreatus*, aunque se diferencia

marcadamente por el color que presenta, el cual es rosa-salmón y las tonalidades del color dependen del vigor de la cepa con respecto a la edad, de la iluminación y hasta del tipo de sustrato. Se les encuentra creciendo en muchas maderas, en palmas y hasta en bambú. No es tan común conseguirlo en la amazonia en forma silvestre, sino que muy esporádicamente en bosques ribereños. Actualmente, esta especie está siendo bastante requerida su cultivo por su color, precocidad, porque soporta mayores temperaturas que las demás especies de *Pleurotus*, entre otros. Dio inicio su cultivación en Europa, aunque Italia le toma más importancia.

La clasificación taxonómica de *Pleurotus djamor* de acuerdo a HERRERA y ULLOA (1990), es:

REYNO	Fungi
SUBDIVISIÓN	Basidiomycotina
CLASE	Holobasidiomycetae
SUBCLASE	Hymenomycetidae
ORDEN	Agaricales
FAMILIA	Tricholomataceae
GÉNERO	<i>Pleurotus</i>
ESPECIE	<i>djamor</i>

Comúnmente son conocidas como: hongo salmón, oreja de palo, callampa, orellanas, hongos ostra, gírgolas, pleurotus, ostra de árbol, champiñón ostra, entre otros (RODRÍGUEZ y GÓMEZ, 2001; HERRERA y ULLOA, 1990).

No es fácil describir con claridad a todas las especies y cepas comerciales de *Pleurotus*, esto debido a que existen diferentes condiciones climáticas en las regiones del mundo que hacen variar sus características, presentan diferentes condiciones de crecimiento, historias y técnicas distintas de cultivo, el uso de diferentes residuos locales y diferencia en la demanda del consumidor (WON-SIK, 2005).



Figura 1 . Basidiocarpio del hongo comestible *Pleurotus djamor*.

## 2.2. Importancia y valor nutritivo de los hongos comestibles

Por más de 200 años se ha logrado desarrollar en Europa a través de la cultivación del champiñón, mientras que en Asia se cultivan principalmente *Auricularia spp* y *Lentinula edodes*. Estos hongos son conocidos hace mucho tiempo, se estiman que existen aproximadamente 7,000 especies

que pueden ser consumidas y mayor a 3000 distintas especies de treinta y un tipos que son consumibles. (SÁNCHEZ y ROYSE, 2001). De acuerdo con la historia, hay referencias que los primeros intentos por cultivar hongos fueron precisamente en China hace aproximadamente 1,400 años. Una de las primeras especies cultivadas fue *Auricularia aurícula*, posteriormente fue *Flammulina velutipes* cultivada desde hace 200 años - 300 años después, siendo el tercero la *Lentinula edodes* (RODRÍGUEZ, 1996).

Los hongos comestibles presentan cuerpos fructíferos generalmente de consistencia carnosa y gelatinosa, “de forma de sombrilla, oreja, repisa, trompeta, coral, etc.; y tienen basidios, que son estructuras microscópicas especializadas que se ubican en el himenóforo y sobre las cuales se producen las esporas”. (VELASCO y VARGAS, 2004).

En referencia a la nutrición, los hongos lo hacen a través de su pared celular, las enzimas realizan la degradación de moléculas que tienen un gran cuerpo, entre ellas están la lignina y la celulosa para que de esta forma sean consumidas por los hongos. Los hongos macroscópicos forman un cuerpo fructífero visible que se denomina carpóforo (fruto del hongo), que viene a ser lo que mucha gente identifica como hongo, pero que en verdad es la parte fructificativa del hongo (ROBLEDO, 2006, SÁNCHEZ y ROYSE, 2001).

Los *Pleurotus* tienen un sabor sui géneris donde cada vez es más aceptado por los consumidores (CIAPPINI *et al.*, 2004). La elaboración de hongos comestibles tropicales pueden lograr llegar a un nivel en donde se pueda exportar a Norte América, por el momento su importación sigue realizando a gran

escala de distintos países asiáticos. (MIGNUCCI, 1986). La cultivación de hongos comestibles es una acción con un corto tiempo de vida, se puede producir en espacio reducido y presentan un alto valor nutritivo. Está comprobado que los hongos cultivados que logran crecer en sustratos leñosos disponen de cantidad baja de metales pesados. (GARCIA, 1991).

Los hongos del género *Pleurotus* tienen diversos beneficios, son organismos con alto potencial biotecnológico con aplicación en muchos campos; esto debido a que tiene la capacidad de degradar lignina, celulosa y hemicelulosa, además, por su potencial económico a generarse de su producción (PATIL *et al.*, 2010; ANDRINO *et al.*, 2011; MARTÍNEZ, 2012). Actualmente, se conocen que, por cada 100 g de hongos en peso seco, el 17% es proteína y el 7% de aminoácidos esenciales, como la leucina y el triptófano (DEEPALAKSHMI y MIRUNALINI, 2014; ARRIAGA y MORALES, 2009), “asimismo, los hongos presentan propiedades medicinales como antitumorales, antibióticas, antivirales y antioxidantes, entre otros beneficios; por el contenido en  $\beta$ -D-glucano en su pared celular”.

Contienen un valor nutritivo muy elevado, con poca cantidad de grasas y carbohidratos, con cierto contenido de vitaminas y proteínas. Su composición química según el hongo y la evaluación del cultivo. Es así como, los contenidos nutricionales y los componentes bioactivos de los hongos comestibles poseen un efecto directo, dependen del tipo de procesamiento y de la técnica de conservación (almacenamiento utilizado), que influye en la composición química y el valor comercial de los hongos comestibles (ZHAOHUI *et al.*, 2012).

Composiciones químicas de los hongos demuestran que son excelentes alimentos nutricionales, que presentan altos contenidos de proteínas y fibra dietética, bajos contenidos de grasas y fuentes razonables de fósforo, aunque pobres fuentes de vitamina C. (PRADO y GODOY, 2007), y de manera general, el valor nutricional de los hongos comestibles están por encima de las verduras y legumbres (DENIS, 1995). De esta forma, se recomienda su consumo para alimentos que no engordan, se ha demostrado a través de investigaciones que consumir unos 200 gramos pueden alcanzar para que una persona tenga un buen balance de nutrición con un peso de 70 kilos. (BOTELHO y RAMOS, 1985). Los hongos del género *Pleurotus*, contienen un alto valor nutricional a comparación de otros hongos y vegetales, poseen entre micro y macronutrientes, vitamina C y B9. También contribuye mayor cantidad de proteínas a comparación de algunos vegetales, como un 100 por ciento en vitamina C, en mayor cantidad de las que se necesitan en el cuerpo. (LÓPEZ y MURILLO, 2008). Por lo que, resulta de mayor importancia las estrategias para hacer conocer el hongo comestible en la zona. *Pleurotus spp* son ricos en proteínas y poseen contenidos altos de vitamina B12 y ácido fólico los cuales son infrecuentes en las verduras, contiene muy poca grasa, bajos contenidos de hidrato de carbono y sales. Todo esto hace que, sea un alimento ideal para pacientes que padecen hipertensión, diabetes y obesidad (DEWRAJ, 2005).

LÓPEZ y MURILLO (2008) al comparar a *Pleurotus djamor* con el hongo Shiitake, manifiesta que *P. djamor* contiene alto valor nutritivo, debido a que poseen entre micro y macronutrientes, vitamina C y B9. También contribuye mayor cantidad de proteínas a comparación de algunos vegetales,

como un 100 por ciento en vitamina C, en mayor cantidad de las que se necesitan en el cuerpo. Entre especies y dentro de las especies, el contenido de proteína varía grandemente entre 10 y 40% (CHANG, 2004, INGALE y RAMTEKE, 2010). Tal es así que, *Pleurotus ostreatus*, crecido sobre paja de arroz ha reportado un contenido de proteína de 27.42% (JONATHAN *et al.*, 2012).

### 2.3. Residuos para la producción de hongos comestibles

Requieren sustancias abundantes en polisacáridos (celulosa y hemicelulosa) y lignina para su crecimiento. El micelio en su crecimiento utiliza carbohidratos solubles, glucosas, melazas, fuentes orgánicas de nitrógeno tales como, salvado de arroz, trigo, cebada, avena, maíz, soya y girasoles, así como fuentes de minerales como el sulfato de amonio (VIZITEU, 2005).

Existen muchos residuos que provienen de la agricultura y de la industria que tienen un alto potencial para usarse como sustrato en la producción de hongos comestibles, así como por ejemplo los hongos del género *Pleurotus spp*, se cultivan de forma práctica en bagazo de caña de azuca pasteurizada o esterilizada en bolsas plásticas, manteniéndolos en un lugar con ventilación y una natural iluminación, sin que la luz solar de directa a las bolsas para evitar que se resequen. (BOTELHO y RAMOS, 1985).

Cuadro 1. Contenido nutritivo de algunos residuos.

Residuos	Nitrógeno (%)		Hemicelulosa (%)	Celulosa (%)	Lignina (%)
	Total	Asimilable			

Paja de trigo	0.36	0.07	30.0	41.0	15.0
Paja de cebada	0.52	0.10	31.3	44.4	5.8
Viruta de madera	0.57	0.04	15.4	16.7	26.0
Tuza de maíz	0.49	0.06	38.0	28.0	11.0

Fuente: VIZITEU (2005).

Los suplementos de fuentes de nitrógeno o de proteínas, tales como como salvado de arroz, de trigo, maíz, avena, etc., sólo se usan entre 2 – 10 %. Pero es recomendable agregar solo una pequeña cantidad (máximo 5%), porque pueden producir un aumento de la temperatura del sustrato durante la fase de incubación y afectar al micelio. De acuerdo a esta experiencia, los aditivos no incrementaron significativamente la productividad, pero aceleró el crecimiento micelial debido al aumento de la temperatura del sustrato (VIZITEU, 2005).

En la cultivación del hongo comestible *Volvariella volvacea* en Puerto Rico, evaluaron diferentes mezclas de sustratos y suplementos para conseguir una mayor producción de hongos al nivel de invernadero (MIGNUCCI, 1986). “Los hongos del género *Pleurotus* utilizan la lignina y celulosa de los sustratos empleados en su cultivo, tales como los desechos agroindustriales, donde las enzimas se encargan de liberar la celulosa y la hemicelulosa de la lignina situadas en las paredes celulares de los tejidos vegetales “(YAMILLE y PINEDA, 2001).

Cuadro 2. Formulación del sustrato para el cultivo de *Pleurotus djamor*.

Materiales	Porcentaje de los componentes en peso seco
Residuo agroindustrial (fuente de carbono)	78%

---

Salvado de arroz (fuente de nitrógeno)	20%
Azúcar	1%
Cal	1%
Agua	La necesario para mantener una humedad de 65 a 75%

---

Fuente: Miles y Chang, 1997

## **2.4. Etapas en el cultivo de hongos comestibles**

### **2.4.1. Semilla**

Para expandir el micelio a mayor área y sea manejable para la siembra, se requieren granos de cereales principalmente, siendo esparcidos el micelio para aumentar de forma metabólica el hongo para que este en óptimas condiciones y lograr aumentar de manera eficiente los sustratos de producción. (ADRIAN, 2005).

“Las cepas de los hongos se obtienen a partir de cultivos puros que son mantenidos en agar. De estos cultivos se transfiere el micelio a placas Petri o tubos de ensayo que contienen medio nutritivo como agares, a fin de incrementar el micelio. Luego se prepara la semilla utilizando granos de cereales como trigo, mijo, cebada, sorgo o arroz. El procedimiento consiste en hidratar mediante calor el grano del cereal hasta una humedad del 45%, lo que en la práctica se consigue lavando el grano para retirarle impurezas adicionar agua hasta cubrirlo y hacer una cocción de 15 minutos aproximadamente. Luego de obtener la humedad, el hongo crecido en agar se transfiere al cereal utilizado y se le proporcionan las condiciones de incubación óptimas de

crecimiento dependiendo de la especie que se quiera”. (RODRÍGUEZ y GÓMEZ, 2001).

#### **2.4.2. Inoculación**

Procedimiento que trata de que la semilla se agregue en el sustrato que se preparó y se encuentra estéril, es recomendable que se realice en una zona cerrada, encima de una mesa que se haya desinfectado para prevenir que no haya contaminantes en la etapa del establecimiento micelial (RODRÍGUEZ y GÓMEZ, 2001). Es necesario tener en cuenta que el sustrato se encuentra por debajo de los 35°C para proceder a inocular con la cepa seleccionada de manera homogénea y bajo condiciones de higiene estrictas. La tasa de inoculación es de 1 a 7 % dependiendo de la especie (GONZÁLES, 2017).

#### **2.4.3. Incubación**

“Aquí se busca que el micelio invada todo el sustrato por medio de la optimización de las condiciones ambientales. Se debe realizar en un cuarto cerrado y oscuro. Las bolsas pueden acomodarse en estanterías de madera o metálicas, o bien se pueden colgar uno sobre otros las bolsas. Es necesario que la temperatura en el sitio de incubación permanezca alrededor de 20 a 28 °C, con una humedad relativa mayores a 65%, pero por lo general entre el 70 a 80% y escasa iluminación, teniendo en cuenta que estas características pueden variar dependiendo de la especie”. (GONZALES, 2017; GAITAN-HERNANDEZ, *et al.* 2006; FERNÁNDEZ, 2004).

#### **2.4.4. Fructificación**

Comienza el micelio invade al sustrato y esto da lugar a la aparición de primordios y la formación de un cuerpo fructífero. En esta etapa se necesita que las condiciones de cultivo sean cambiadas, la ventilación y la luminosidad según las condiciones en las que se encuentre, para así generar hongos fructíferos. Para mejorar esta etapa se tiene que manipular una distinta temperatura distinta a la incubación que sea igual al ambiente en donde creció el hongo. (GONZÁLES, 2017; FERNÁNDEZ, 2004).

#### **2.4.5. Cosecha**

“Para la cosecha, en primer lugar, se debe observar que los carpóforos alcancen el mayor tamaño posible, no se debe permitir que el borde del píleo se ponga totalmente plano o comience a enrizarse hacia arriba porque se demerita la calidad y se propicia la diseminación de esporas. Por lo general, la cosecha se realiza de forma manual haciendo un movimiento de torsión sobre la base del estípite sin producir hoyos en el sustrato o utilizando una cuchilla estéril para evitar contaminaciones posteriores en los puntos del sustrato donde creció el hongo. Así mismo, la cosecha se divide en tres periodos, el primero en el cual se recoge el 50% de la producción, el segundo en donde se recoge el 30% y el tercer periodo solamente el 20% de la producción. Habitualmente, en el cultivo de hongos no se recoge más de tres cosechas ya que la productividad es muy baja y el riesgo de contaminación es más frecuente”. (SÁNCHEZ y ROYSE, 2001; OEI, 2003).

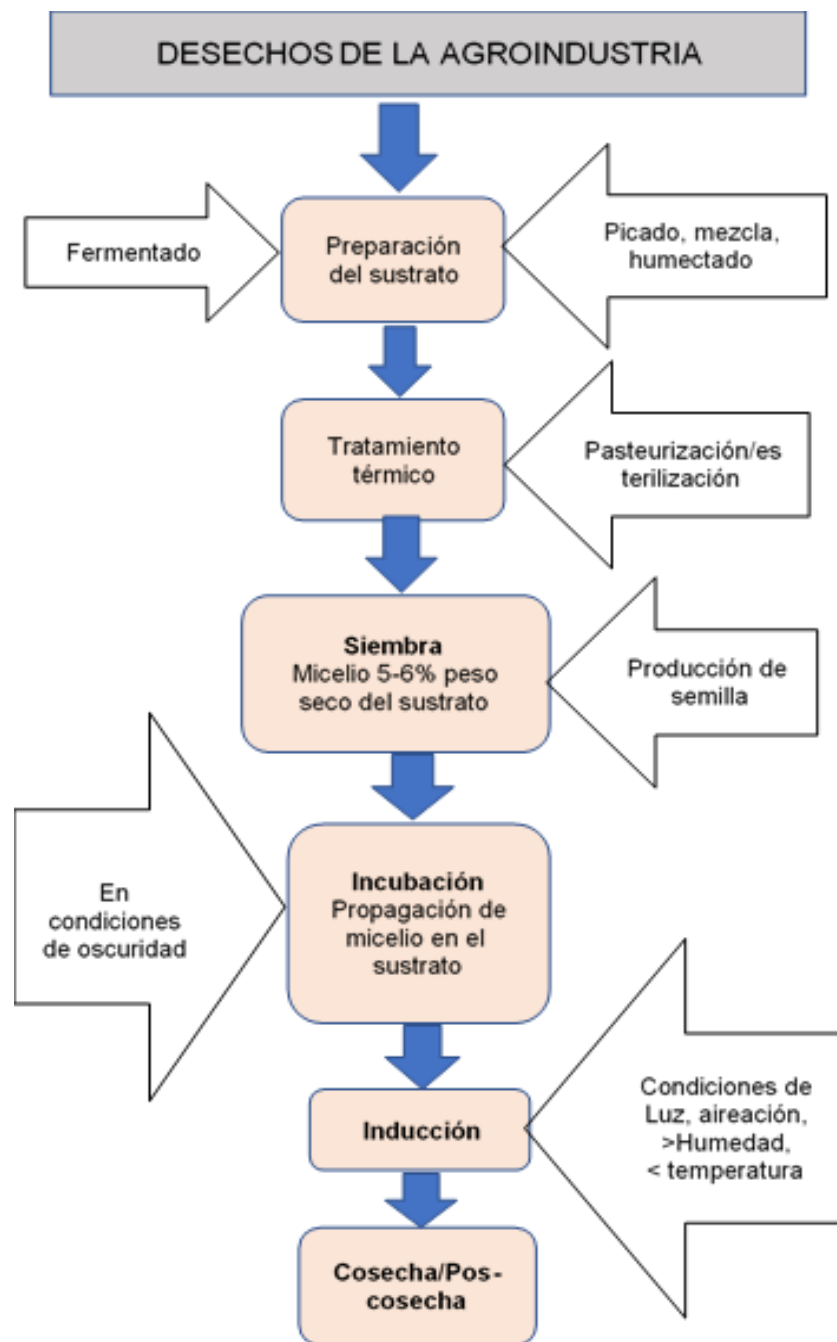


Figura 2. Micelio en medio agar extracto de malta del hongo comestible *Pleurotus djamor*.

Fuente: RUIZ (2019).

## **2.5. Condiciones necesarias para la producción de hongos comestibles**

Todo organismo requiere para su desarrollo de ciertas condiciones ambientales óptimas. En este caso, los hongos lo requieren lo mismo, es decir de factores ambientales tales como: humedad, temperatura, pH, luz, y ventilación principalmente (GAITÁN-HERNÁNDEZ, *et al.* 2006; CASTILLO, 1987).

### **2.5.1. Relación Carbono/Nitrógeno**

De acuerdo a SZTERN y PRAVIA (1999), “la relación C/N, expresa las unidades de Carbono por unidades de Nitrógeno que contiene un material. Una relación adecuada entre estos dos nutrientes favorecerá un buen crecimiento y reproducción. La relación C/N óptimo para el inicio del compostaje está comprendida entre 25-35/1, esta relación va bajando hasta llegar a valores cercanos a 10-15/1 y es cuando el material está listo para ser usado. Se tiene que tener en cuenta que el Carbono es utilizado por los microorganismos como fuente de energía, mientras que el Nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis proteica. Una relación adecuada entre estos dos nutrientes favorecerá un buen crecimiento y reproducción, cuando la relación C/N es mayor de 40 los microorganismos demoraran mucho en descomponer los residuos por carecer de nitrógeno disminuyendo el rendimiento de compostaje, si la relación C/N es baja se producen perdidas de nitrógeno en forma amoniacal debido a elevaciones considerables de temperatura. Con respecto a la relación C/N podemos sacar las siguientes reglas básicas”:

- Se utilizan materiales con una relación buena C/N, no se necesita hacer mezclas.
- Los materiales que tiene un gran contenido de carbono deben combinarse con materiales con referente contenido en nitrógeno y viceversa.

Cuadro 3. Contenidos referenciales de C/N de algunos residuos orgánicos.

<b>Materiales en base seca</b>	<b>C%</b>	<b>N%</b>	<b>C/N</b>
Aserrines	40	0.1	400
Podas, tallos, maíz	45	0.3	150
Paja de caña	40	0.5	80
Hojas de árboles	40	1.0	40
Estiércol de equino	15	0.5	30
Estiércol de ovino	16	0.8	20
Heno	40	2.0	20
Estiércol de bobino	7	0.5	15
Estiércol de cerdo	8	0.7	12
Estiércol de gallina	15	1.5	10
Harina de sangre	37	15	2

Fuente: SZTERN y PRAVIA (1999).

El Nitrógeno, es esencial para las funciones celulares de crecimiento y actividades metabólicas (síntesis de proteína y enzimas), el Carbono (celulosa, hemicelulosa y lignina) es fuente principal de energía. La mayoría de los residuos tienen una relación de C/N entre 32 y 600, siendo el óptimo entre 17 a 40 o más dependiendo el hongo. Las principales fuentes orgánicas de N se indican: alfalfa,

salvado de arroz, salvado de trigo, harina de soja, harina de maíz, harina de semilla de algodón, entre otros. (GONZÁLES, 2017).

### **2.5.2. pH del Sustrato**

Los Valores de pH 5.0 - 6.5, son considerados como los óptimos para los sustratos, sin embargo, el micelio podrá sobrevivir a pH 4.2 a 7.5, a medida que el pH baja el micelio crecerá más lento, dejando de crecer a pH 4.0. Si se da un pH más alto que el valor óptimo, el crecimiento del micelio será más rápido, pero se producirá una estructura anormal. Para la inducción de primordios y la fructificación, el pH óptimo es de 5.0 - 5.5, aunque es posible entre 5.5 - 7.8. El pH del sustrato se puede ajustar agregando yeso o cal (VIZITEU, 2005).

De acuerdo a PÉREZ (1996) “los hongos de manera general se desarrollan en lugares donde se presentan con poco ácido, se puede dar entre 5.5 al 6.6. La adición de carbono de calcio en caso de *Pleurotus* evita que el pH baje mucho debido a la acción acidificante del micelio y si el sustrato es muy ácido el hongo crecerá poco, y no alcanzarán las temperaturas ni el nivel de CO<sub>2</sub> recomendable y en consecuencia crecerán los competidores”.

De acuerdo a DEWRAJ (2005), al utilizar el siguiente sustrato a base de 80% de bagazo de caña de azúcar, 10% de cal, 10% de semilla de maíz molido. El bagazo de caña de azúcar es ligeramente ácido, por lo que se agrega cal para ajustar el pH.

### **2.5.3. Temperatura**

La temperatura óptima para sembrar está entre 24 a 25 °C, de tal manera que se mantenga o se eleve un poco más la temperatura con el crecimiento e invasión del micelio en las bolsas, la temperatura va a influir en el retraso o aceleración del crecimiento del micelio. Para que se desarrolle las setas, una adecuada temperatura es entre 10-25°C, el color del sombrero se ven influenciadas por el ambiente, con baja temperatura el color es negro, pero también depende de la especie del hongo. (GONZÁLES, 2017; GARCÍA, 1991).

### **2.5.4. Humedad**

Los hongos por lo general requieren de una humedad alta, que está entre los 85% - 95 %, el cual se puede administrar mediante un sistema humificador o manualmente regando el entorno. Esto varía según el sustrato y la especie de hongo (GARCÍA, 1991), la humedad es una condición muy importante, debido a que el hongo está constituido de un alto porcentaje de humedad, también hace que requiera alta humedad para sobrevivir, si se encuentra expuesto a una humedad excesiva no logra desarrollarse bien porque el lugar está ocupado por la humedad y no se podrá intercambiar los gases. La humedad también muy importante porque ayuda a estimular a los primordios del fruto que contiene el hongo, por eso es necesario proporcionar riegos frecuentes al suelo o en forma de riego nebulizado utilizando equipos propios para ello (PÉREZ, 1996).

### **2.5.5. Riego**

En el periodo de incubación no requiere que se rieguen las bolsas, porque si se manejó bien el sustrato será suficiente en esta etapa. El riego debe garantizar que se mantenga la humedad, entre 70 – 80 por ciento aproximadamente en el interior de las bolsas. Se puede lograr realizando salpicaduras de agua limpia, sin cloro y pura, con un atomizador manual de manera diaria o según la temperatura que presente el lugar.

Se realiza el riego en la producción, a través de una ventana que se encuentre tapada con una gasa, también se realiza por donde haya cortes en la bolsa. El piso debe mojarse, se hace esto al módulo para que la humedad se mantenga y ayudar a que el hongo se desarrolle. Otros métodos de producción más tecnificados lo hacen a través de micro aspersores que funcionan electrónicamente. (CRUZ *et al.*, 2010).

### **2.5.6. Luz**

Los hongos no realizan el proceso fotosintético porque son organismos heterótrofos, pero si requieren estímulos de luz en su ciclo de vida, y por eso es necesario administrales de 8-12 horas diarias de luz bastante tenue, sin la luz necesaria las setas emergen desfiguradas con sombreros pequeños de color pálido y con pies muy cortos (GONZÁLES, 2017; GARCÍA, 1991).

### 2.5.7. Ventilación

La ventilación del ambiente de producción de los hongos en la fase de producción es fundamental, “por lo mismo que el contenido del aire en dióxido de carbono debe ser inferior al 0,07 por ciento, si por el contrario el contenido es mayor se retrasa el crecimiento, y si llega a aproximadamente 0,2 por ciento se produce la muerte del hongo. Una cifra orientadora de ventilación debe ser una renovación de 150-250 metros cúbicos de aire por hora y por cada tonelada de sustrato”. (YAMILLÉ y PINEDA, 2001; SÁNCHEZ y ROYSE, 2001; GARCÍA, 1991).

### 2.6. Antecedentes de Investigaciones con *Pleurotus spp*

APAZA (2018) cuando se produce el *Pleurotus djamor* utilizando diferentes sustratos tales como: paja de arroz, tuza de maíz, bagazo de caña + tuza de maíz y bagazo de caña, obtuvo con el sustrato paja de arroz menor tiempo en el inicio de fructificación (13 días después de la siembra de micelio), una eficiencia biológica de 79.09%, un rendimiento de 19.54% y una tasa de producción de 5.75% en comparación a los demás tratamientos.

SALAZAR (2018), al trabajar con *Pleurotus ostreatus* obtiene una eficiente biológica utilizando el sustrato paja de arroz ( $24.01 \pm 5.98\%$ ) y menor eficiencia biológica con el sustrato hoja de plátano ( $20.06 \pm 5.74\%$ ).

“La eficiencia biológica y crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* en bloques sintéticos (sustrato) a base de fibra de la palma de aceite en seis formulaciones como tratamientos compuestos por fibra y salvado a diferentes

concentraciones en Norte de Santander-Colombia, logran resultados donde la fibra de palma de aceite por ser un sustrato con alto contenido de carbono favorece el desarrollo de *Pleurotus ostreatus*, demostrando así su adaptabilidad a medios formulados a partir de este residuo agroindustrial a una concentración del 99% más CaSO<sub>4</sub> al 1% (F6), con un rendimiento teórico del 15.8%, el cual no solo permitiría alcanzar niveles de producción competitivos a nivel nacional, sino también sería una alternativa de manejo de estos residuos causantes de serios problemas de contaminación en zonas aledañas a las plantas extractoras”. (DÍAZ y CARVAJAL, 2014).

GARZÓN y CUERVO (2008) “al investigar el efecto de cuatro sustratos: bagazo de caña de azúcar, tallo de maíz, aserrín y sobras de café de consumo humano de forma individual y en mezclas sobre la producción de *Pleurotus ostreatus* a través de indicadores como la eficiencia biológica, el rendimiento, la frecuencia, porcentaje de peso de cada cuerpo fructífero y la productividad, reportan que al mezclar el café con bagazo de caña de azúcar o con tallo de maíz se obtienen los mejores resultados con eficiencias biológicas que varían entre el 40 y el 48% y una productividad entre 0.715 y 0.905kg de hongos frescos por cada 100kg de sustrato seco al día”.

ZAMBRANO, VILLARREAL y CUETO (2011) “evaluaron sustratos a base de residuos agroindustriales (piña, mandarina, banano y mango) suplementados con salvado de trigo como aporte de nitrógeno, CaCO<sub>3</sub> como controlador de pH y el CaSO<sub>4</sub> como promotor de crecimiento para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. Los resultados mostraron un alto grado de bioconversión

de los sustratos a base de mango y banano, al ser reducidos en un 50%, sin embargo, no consideran un proceso económicamente rentable debido a que el rendimiento de las setas obtenido fue por debajo del 15%. En el Centro de investigaciones del café CENICAFE, lograron estandarizar la técnica de cultivo hasta alcanzar un rendimiento del 85% a partir de residuos agroindustriales del café de la zona cafetera, como la pulpa, película plateada y troncos del cafeto con las especies *Pleurotus sp*, *Hypsizygus marmoreus*, *Ganoderma lucidum* y *Lentinula edodes* con excelentes resultados”.

TABOADA (2011) al experimentar residuos agroindustriales como fuente de producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en Tingo María, obtuvo mayor número de basidiocarpos en dos cosechas con el sustrato 50% de pulpa de café + 50% de bagazo de caña de azúcar, y mejor eficiencia biológica (34.98%).

VEGA *et al.*, (2006), quienes aislaron distintos hongos silvestres de *Pleurotus djamor* en Panamá, seleccionaron cepas con características tolerables que pueden comercializarse según como rinde (R), que sea biológicamente eficiente, y con una buena tasa de producción (TP), que se consideran como variables respuesta. Al utilizar pulpa de café y paja de arroz como sustratos, todos los hongos no mostraron altos niveles en la pasta de café en referencia a la TP, no obstante, se logro un promedio más alto en el sustrato a comparación de la paja de arroz. alcanzó valores más altos que en la paja de arroz, pero, en los resultados se obtuvo un promedio similar al otro. El uso de la pulpa de café como sustrato único produce usualmente

contaminantes en el proceso, siendo un problema, especialmente por mohos del género *Trichoderma*.

Al evaluar la eficiencia biológica (EB) en *Pleurotus eryngii* utilizando como sustrato paja de trigo que se somete a 2 métodos térmicos; a pasteurización y cocción, obtiene mayor EB (42.8%) en paja de trigo pasteurizada con respecto al sustrato sometido a una cocción de 28 por ciento (MORENO, 2008).

*Pleurotus sp.*, se cultiva de forma práctica en las compostas de la caña de azuca que estén pauterizadas y dentro de bolsas plásticas. Un buen lugar para establecer las bolsas tiene que tener buena ventilación con natural iluminación, evitando que la luz solar no de directo a las bolsas para que no se resequen. (BOTELHO y RAMOS, 1985).

A nivel de laboratorio, pruebas de aislamiento de micelio y producción basidiocarpos de *Pleurotus ostreatus* en distintos lugares de cultivo, logran condiciones con mejor crecimiento micelial en trigo autoclavado a 28 °C de temperatura y en condiciones que estén oscuros completamente; para que se desarrollen los basidiocarpos se necesita de la luz natural del laboratorio (RIOS y RUIZ, 1993).

“La producción de cinco cepas de *P. ostreatus* que se han cultivado en testas de semilla de girasol suplementadas con amonio y manganeso bajo condiciones controladas de temperatura (21°C), humedad relativa (80% a 90%)

y 12 horas de luz (1500 a 2000 lux), y logran de 1,2 kg a 3 kg de cuerpos fructíferos por 100kg de sustrato seco/día” (CURVETTO *et al.*, 2002).

Tuza de maíz triturada en piezas con 3 cm aproximado, permite que el micelio invada en el sustrato. La pasta de café previamente debe ser composteado, acción que debe ser volteando una o más veces al día y tapado con plástico negro para generar mayor temperatura, el óptimo de fermentado que se busca varía entre 8 y 15 días el cual depende de la zona y como se maneje, después es secado en un lugar. (CRUZ *et al.*, 2010). Asimismo, al cuando se evalúa la producción en tasa de *P. ostreatus* en olotes de maíz muestran 3.5 y con *P. djamor* utilizando el mismo sustrato un valor de 2.6 (MARTÍNEZ, 2014).

DEWRAJ (2005) “reporta que ha obtenido 250 g de hongo ostra de 1000 g de sustrato seco (bagazo 800 g + cal 100 g + semilla de maíz 100 g), de manera que la eficiencia biológica es 25%. Normalmente, se cosechan tres oleadas de cada bolsa y el rendimiento es de aproximadamente un cuarto del peso seco del sustrato. Asimismo, manifiesta que el maíz molido es un suplemento para proporcionar una fuente de nitrógeno. Se usan bolsas de capacidad de 0.75 a 3kg, pero se han experimentado con bolsas de 25 kg. La tasa de inoculación es de 2.5% del peso húmedo del sustrato”.

### **III- MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ubicación del lugar de estudio**

Fue realizado en el laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación de la FRNRs, UNAS; que se encuentra en la Provincia de Leoncio Prado.

#### **3.2. Zona de vida**

HOLDRIDGE (1987) el Alto Huallaga comprende a un bosque muy húmedo Pre Montano Tropical (bmh-PT).

#### **3.3. Clima**

SENAMHI (2019) en la “ciudad de Tingo María, registra una temperatura máxima media anual de 29,8 °C y una temperatura mínima media anual de 19,2 °C, estando la temperatura media anual de 24,5 °C, La humedad relativa media anual es próxima al 80%, una precipitación media anual es de 3300 milímetros. La época de lluvias inicia en octubre y se prolonga hasta mayo, sin embargo, en los últimos años el régimen de lluvias y estiaje ha sufrido cambios en su intensidad, produciendo inundaciones de los ríos, así como sequías”.

### 3.4. Materiales

#### 3.4.1. Material biológico

El material biológico utilizado en las pruebas de cultivo en los distintos sustratos fue el hongo comestible *Pleurotus djamor*. Las cepas fueron proporcionadas por el Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación de la Escuela Profesional de Ingeniería en RNR de la Facultad de Recursos Naturales Renovables – Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tal como se observa el micelio de *P. djamor* reproducido en placa Petri conteniendo medio agar extracto de malta (Figura 3).

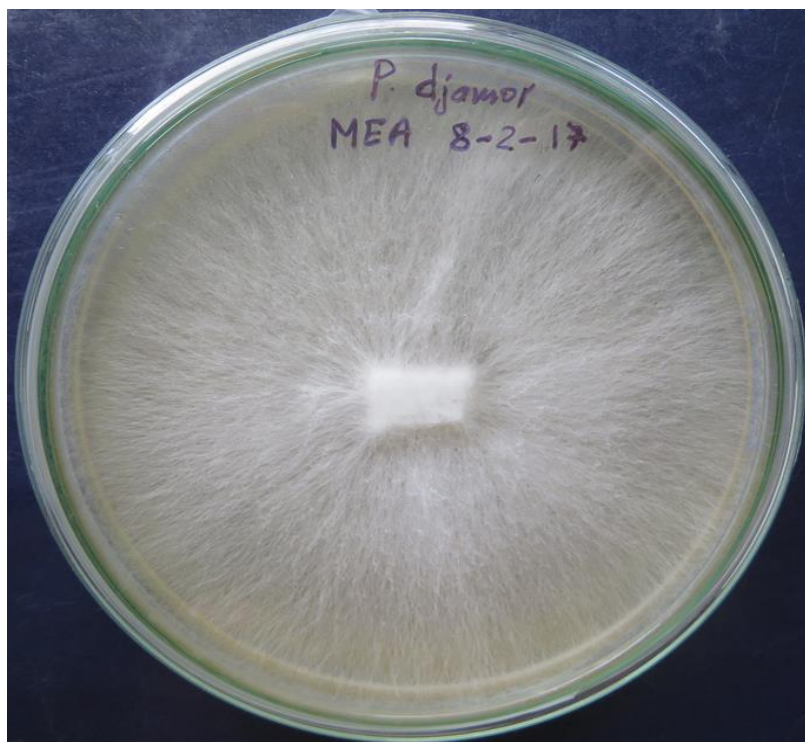


Figura 3. Micelio en medio agar extracto de malta del hongo comestible *Pleurotus djamor*.

### **3.4.2. Materiales y equipos**

Materiales de vidrio, reactivos, autoclave, cámara digital, balanza digital, estufa, esterilizador, estereoscopio, cámara de flujo laminar, microscopio. Maíz molido amarillo duro como suplemento.

### **3.4.3. Reactivos**

Hipoclorito de sodio, agar para dextrosa, agua destilada, alcohol de 70°, alcohol de 96°.

## **3.5. Metodología**

### **3.5.1. Preparación de medio de cultivo agar papa dextrosa**

Se agregaron 1000 mL de agua destilada en un vaso de precipitación de capacidad de 2000 mL, se adicionaron 29 gramos de medio comercial agar papa dextrosa, luego se calentó hasta hervir en una estufa, de manera práctica hasta que el medio cambie a color más transparente. Fue agitado constantemente con una varilla de vidrio para homogenizar y diluir el medio.

### **3.5.2. Plaqueo y siembra de micelio**

Ha consistido en verter en las placas Petri esterilizadas (260°C x 2h) de 15 a 20 mL de agar papa dextrosa (PDA). Una vez solidificado el medio, se sembró un fragmento de micelio (0.5 cm<sup>2</sup>) de trozo de medio invadido de

micelio de *P. djamor* y depositados en el centro de la placa. Posteriormente fue rotulado y sellado con paraflim (Figura 4).



Figura 4. Placas Petri con micelio crecido de *Pleurotus djamor* en PDA.

### 3.5.3. Propagación de semilla (micelio en trigo)

La denominada semilla, es decir el micelio invadido en granos de trigo, ha sido obtenida mediante la siembra de trozos de micelio crecidos en agar papa dextrosa y depositados en pomos de vidrio de 250 mL de capacidad contenidos con trigo precocido y autoclavado. Todo esto se ha realizado en la cámara de flujo. Al cabo de 15 días, los granos fueron invadidos en su totalidad, el cual fue la semilla usada para la siembra en los sustratos elegidos como tratamientos (Figura 5).



Figura 5. Micelio propagado en granos de trigo resbalado (semilla).

#### **3.5.4. Preparación y composteo del sustrato**

Los sustratos paja de arroz y cáscara de café, fueron regados hasta que el sustrato se humedezca, es decir solo se sienta húmeda, inmediatamente esto fue tapado con bolsa negra para que se genere una mayor temperatura y por lo tanto incrementa la actividad de microorganismos para el fermentado del sustrato por un periodo de 5 días. Esta actividad se realizó en un espacio bajo techo (Anexo 4, Figura 8 y 9).

### **3.5.5. Semiesterilizado y enfriado del sustrato**

Con un equipo doméstico que se contruyó a base de un bidón con tapa, en cuyo interior se colocó una parrilla de fierro a 30 cm de altura desde la base del bidón, esto con la finalidad de que el sustrato depositado en costal de malla fina no tenga contacto con el agua depositado por debajo del nivel de la parrilla. Aquí los sustratos previamente fermentados fueron esterilizados por 6 horas por medio de vapor caliente, generado por energía a leña y fuego abierto. El sustrato, luego fue escurrido por 24 horas (Anexo 4. Figura 10).

### **3.5.6. Siembra de la semilla del hongo en los sustratos**

El sustrato semiesterilizado fue esparcido en una mesa limpia previamente desinfectada con alcohol a 70°; seguidamente, se sembraron los granos invadido de micelio a una tasa de inoculación de 5% del peso seco del sustrato, como suplemento se agregaron 10 y 20 g de maíz molido en cada bolsa, indicación recogida de VIZITEU (2005), que revela que se pueden agregar suplementos a base de harina entre 2 – 3% para acelerar el crecimiento micelial y obtener mayores rendimientos. “Luego fueron colocados en bolsas transparentes y delgadas de polietileno de dimensiones de (25 x 37.5 cm), amarrado en el extremo superior y agujereados con un punzón para que respire el micelio, fueron rotulados de acuerdo con los tratamientos establecidos y colocados en un estante para su incubación. Toda esta actividad se realizó con mucha higiene, utilizando guantes y mascarillas”.

### **3.5.7. Incubación y propagación del hongo**

Las bolsas sembradas fueron colocadas en andamios de madera dentro de un pequeño invernadero protegido y cubierto de malla Rachel construidas para tal fin. Los andamios fueron cubiertos con plástico negro para proporcionar oscuridad, mayor temperatura a la del ambiente, con la finalidad de favorecer el crecimiento del micelio del hongo (Anexo 4, Figura 13).

### **3.5.8. Inducción a fructificación**

A los 12 días después de la siembra, se quitaron los plásticos negros que recubrían los andamios, a fin de inducir a la fructificación, dándole mayor aireación, humedad y luz. De igual modo la cosecha de la producción de los basidiocarpos del hongo en los tratamientos respectivos (Anexo 4. Figuras 11,12, 14 y 15).

## **3.6. Diseño de Investigación**

### **3.6.1. Tipo de diseño**

Experimental comparativo, que busca lograr el mejor residuo y suplemento para el cultivo de *P. djamor*, es decir aquel sustrato que dé origen a una mayor productividad del hongo. Para ello se empleó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con 6 tratamientos y 10 repeticiones. Para la prueba de comparación de medias se usó la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad. Se manejo datos de promedios de producción del hongo.



### 3.6.5. Modelo de análisis de variancia

El modelo utilizado fue el que se indica en el cuadro 5.

Cuadro 5. Modelo de análisis de variancia.

FV	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F
Tratamientos	t - 1	$\sum_{i=1}^t \frac{Y_i^2}{r} - \frac{Y_{..}^2}{tr}$	SCtrat /gl trat	CMtrat/CMee
Error experimental	(t - 1) (r - 1)	SCtotal - (SCtrat + SC bloque)	SCee /glee	
Total	tr - 1	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij} - \frac{Y_{..}^2}{tr}$		

El modelo aditivo lineal:

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

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta

$\mu$  = Efecto de la media general

$\tau_i$  = Efecto del i- ésimo tratamiento

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

### 3.6.6. Análisis estadístico

Fue elaborado con datos de la media o promedio, valores máximos y valores mínimos, rango, error estándar (EE), desviación estándar (DE), coeficiente de variación (CV), datos que permitieron entender la variabilidad de los valores.

### 3.6.7. Variables evaluadas

#### Variables independientes

Los residuos de origen agrícola: cáscara de café, paja de arroz, maíz molido como fuente de nitrógeno.

#### Variables dependientes

- Tiempo de corrida del micelio: tiempo determinado en días en el cual el hongo coloniza el sustrato, evidenciado con el cambio de color a blanco.
- Porcentaje de eficiencia biológica: peso en fresco de hongos cosechados sobre el peso del sustrato seco por cien de las tres cosechas.
- Peso fresco total: peso en fresco de los cuerpos fructíferos en gramos (g) a partir de las tres cosechas.
- Rendimiento de la producción: Peso en kilogramos (kg) en fresco en las tres cosechas sobre el área ocupada por las bolsas.

**Variables intervinientes:** humedad, temperatura, aireación.

### 3.6.8. Medición de variables

#### 3.6.8.1. Peso fresco de los basidiocarpos

Cuando los hongos lograron la madurez, éstos fueron cosechados torciendo levemente con la mano, se pesaron en una balanza digital considerando los tratamientos y las repeticiones (Cuadro 18 al 23 del Anexo 1).

### 3.6.8.2. El Rendimiento

$$R (\%) = \frac{\text{Peso total de hongo fresco cosechado (g)}}{\text{Peso del sustrato húmedo (g)}} \times 100$$

### 3.6.8.3. Eficiencia biológica (%)

$$E B (\%) = \frac{\text{Peso de los cuerpos fructíferos (g) frescos}}{\text{Peso seco del sustrato seco (g)}} \times 100$$

### 3.6.8.4. La tasa de producción (%)

$$T P = \frac{\text{Eficiencia Biológica (\%)}}{\text{Tiempo en días (desde la inoculación a la cosecha)}}$$

## 3.7. Procesamiento de resultados y análisis estadístico

Los datos registrados se procesaron en hoja electrónica Excel para la obtención de los promedios por tratamiento. Las pruebas de significación fueron logradas al 95% de probabilidad, y para la separación de medias de los tratamientos se empleó el test de Tukey para un nivel de  $\alpha = 0.05$ .

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Producción en base al peso fresco (g) del hongo *Pleurotus djamor* en sustratos paja de arroz y cáscara de café suplementados con maíz molido

En relación con los sustratos utilizados como tratamientos en la productividad del hongo *P. djamor*, mayor peso fresco se obtuvo con el sustrato 290 g de paja de arroz + 20 g de maíz molido/bolsa con valores  $128 \pm 9.81$  g, seguido de los sustratos 290 g de paja de arroz (testigo) con  $114.20 \pm 10.25$  g y 290 g de paja de arroz + 10 g de maíz molido/bolsa con  $107.00 \pm 8.53$  g. Los tratamientos a base de cáscara de café y suplementados lograron valores de peso bastante bajos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Descriptivos del peso fresco (g) de *Pleurotus djamor*.

Tratamientos	Media	EE	Mín.	Máx.	CV (%)
290 g de paja de arroz (**)	114.20	10.25	76.00	173.00	28.38
290 g de paja de arroz + 10 g de maíz molido (*)	107.00	8.53	66.00	145.00	25.21
290 g de paja de arroz + 20 g de maíz molido	128.80	9.81	74.00	184.00	24.08
620 g de cáscara de café (**)	36.22	9.10	4.00	97.00	75.38
620 g de cáscara de café + 10 g de maíz molido	36.56	9.23	2.00	86.00	75.76
620 g de cáscara de café + 20 g de maíz molido	36.60	7.86	7.00	86.00	67.95

C.V. = Coeficiente de variación EE= Error estándar de la muestra.

(\*) El maíz molido maíz fue agregado al sustrato en cada bolsa al momento de la siembra del micelio.

(\*\*) Los pesos de los sustratos paja de arroz y cáscara de café son expresados en base a peso seco.

El análisis de varianza (ANVA), nos indica que existen efectos significativos ( $p = <0.05$ ) entre los tratamientos de la productividad de basidiocarpos del hongo en peso fresco expresado en gramos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis de varianza del peso fresco de *P. djamor*.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Tratamientos	5	95627.467	19125.493	23.498	<0.005
Error Experimental	52	42323.378	813.911		
Total	57	137950.845			

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey al 5% para la variable peso fresco del hongo *P. djamor*, se aprecia que el sustrato 290 g de paja de arroz + 20 g de harina de maíz, tiene la media más alta ( $p < 0.05$ ), situándose en primera posición con respecto a los demás (Cuadro 8 y Figura 6).

Cuadro 8. Prueba de Tukey del peso fresco de *P. djamor*.

Mérito	Tipo de sustrato	Media	Significancia
6	620 g de cáscara de café	36.22	b
5	620 g de cáscara de café + 10 g de maíz molido	36.56	b
4	620 g de cáscara de café + 20 g maíz molido	36.60	b
3	290 g de paja de arroz + 10 g de maíz molido	107.00	a
2	290 g de paja de arroz	114.20	a
1	290 g de paja de arroz + 20 g de maíz molido	128.80	a

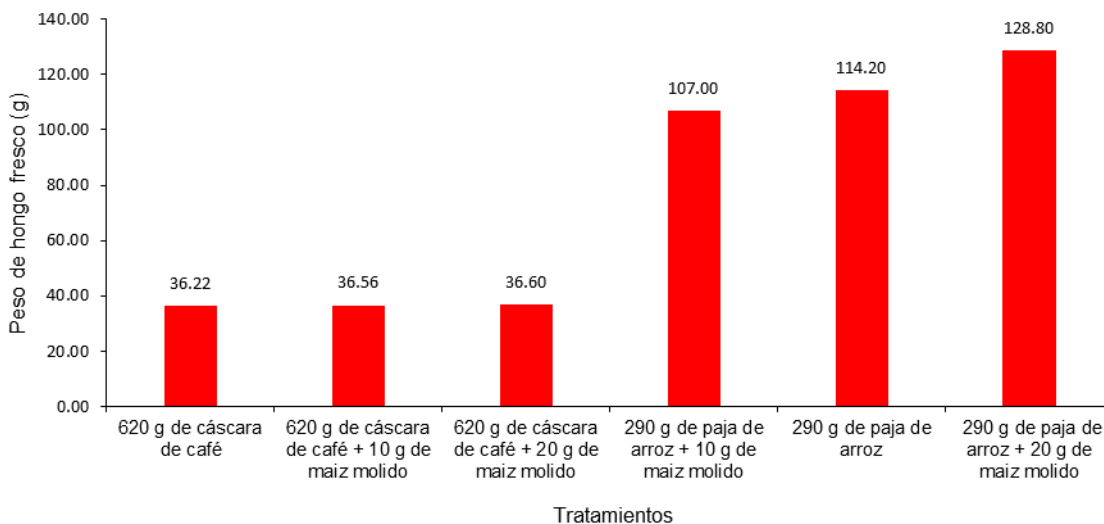


Figura 6. Media de la producción en peso fresco del hongo por tratamiento.

#### 4.2. Eficiencia biológica, rendimiento y tasa de producción del hongo *Pleurotus djamor* en los sustratos a base de pulpa de café y paja de arroz suplementados con maíz molido.

Referente a los sustratos utilizados como tratamientos en la productividad del hongo *P. djamor*, mayor eficiencia biológica se obtuvo con el sustrato 290 g de paja de arroz + 20 g de maíz molido/bolsa con valores  $44.42 \pm 3.38\%$ , seguido de sustrato a base de 290 g de paja de arroz con  $39.38 \pm 3.53\%$  y 290 g de paja de arroz + 10 g de maíz molido/bolsa con  $36.90 \pm 2.94\%$ . Siendo el tratamiento 620 g de cáscara de café el que obtuvo la más baja eficiencia biológica ( $5.84 \pm 1.47\%$ ), tal como se muestra el Cuadro 9.

Cuadro 9. Descriptivo de la Eficiencia Biológica en la productividad de *Pleurotus djamor*.

Tratamientos	Media	EE	Mín.	Máx.	CV (%)
290 g de paja de arroz	36.90	2.94	22.76	50.00	25.21
290 g de paja de arroz + 10 g de maíz molido	39.38	3.53	26.21	59.66	28.38
290 g de paja de arroz + 20 g de maíz molido	44.42	3.38	25.52	63.45	24.08
620 g de cáscara de café	5.84	1.47	0.65	15.65	75.34
620 g de cáscara de café + 10 g de maíz molido	5.89	1.49	0.32	13.87	75.77
620 g de cáscara de café + 20 g de maíz molido	5.90	1.27	1.13	13.87	67.93

El análisis de varianza (ANVA), nos muestra que existen efectos significativos ( $p=0.00$ ) de Eficiencia Biológica entre los tratamientos en la productividad del hongo expresado en porcentaje (Cuadro 10).

Cuadro 10. Análisis de varianza de la Eficiencia Biológica en la productividad de *P. djamor*.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Tratamientos	5	17380.629	3476.126	53.301	<0.005
Error Experimental	52	3391.287	65.217		
Total	57	20771.917			

La prueba de comparación de medias de Tukey al 5% para la variable Eficiencia Biológica de *P. djamor*, se aprecia que el sustrato 290 g de paja de arroz + 20 g de maíz molido, posee la media más alta ( $p<0.05$ ),

situándose en primera posición con respecto a los demás (Cuadro 11 y Figura 7).

Cuadro 11. Prueba de Tukey de la eficiencia biológica en la productividad de *P. djamor*.

Mérito	Tipo de sustrato	Media	Significancia
6	620 g de cáscara de café	5.84	b
5	620 g de cáscara de café + 10 g de maíz molido	5.89	b
4	620 g de cáscara de café + 20 g de maíz molido	5.90	b
3	290 g de paja de arroz	36.90	a
2	290 g de paja de arroz + 10 g de maíz molido	39.38	a
1	290 g de paja de arroz + 20 g de maíz molido	44.42	a

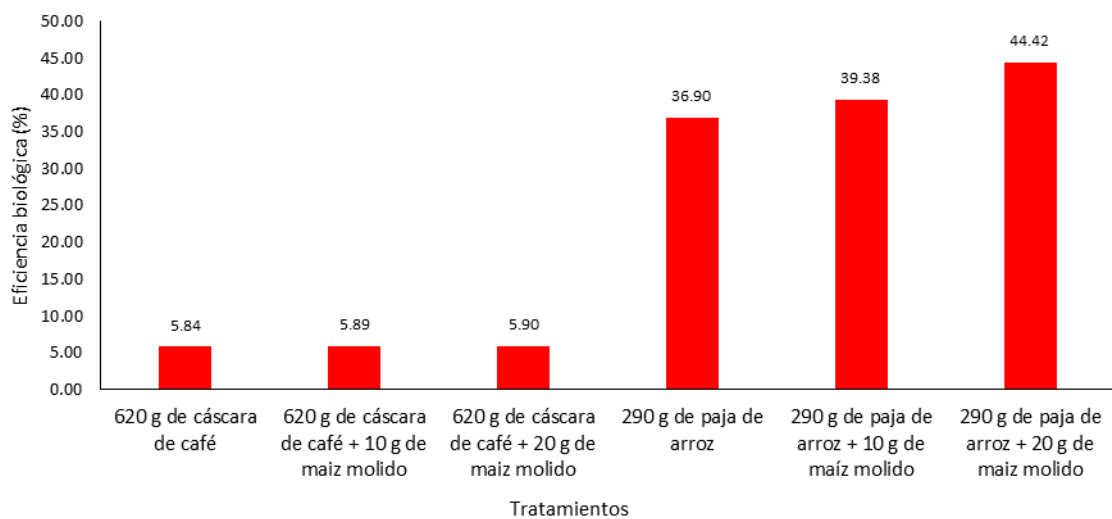


Figura 7. Media de la Eficiencia biológica por tratamientos *Pleurotus djamor*.

### Rendimiento:

El rendimiento del hongo *P. djamor*, ha sido mayor con el sustrato paja de arroz con valores de  $25.42 \pm 2.27$  g, seguido de los sustratos 290 g de paja de arroz + 20 g de maíz molido/bolsa con  $23.42 \pm 1.01$  g y de 290 g de paja de arroz + 10 g de maíz molido/bolsa con  $20.81 \pm 1.17$ . Siendo el tratamiento 620 g de cáscara de café con valores de  $5.08 \pm 1.27$  g como el que obtuvo el más bajo rendimiento, expresado en porcentaje (Cuadro 12).

Cuadro 12. Descriptivo del rendimiento en la productividad de *P. djamor*.

Tratamientos	Media	EE	Mín.	Máx.	CV (%)
290 g de paja de arroz	25.42	2.27	16.84	38.96	28.19
290 g de paja de arroz + 10 g de maíz molido	20.81	1.17	15.71	26.60	17.77
290 g de paja de arroz + 20 g de maíz molido	23.42	1.01	16.34	27.99	13.61
620 g de cáscara de café	5.08	1.27	0.51	12.75	74.95
620 g de cáscara de café + 10 g de maíz molido	5.18	1.23	0.27	11.45	71.38
620 g de cáscara de café + 20 g de maíz molido	5.16	1.12	1.10	12.55	68.60

El análisis de varianza (ANVA), nos muestra que existen efectos significativos ( $p < 0.05$ ) en referencia al rendimiento entre los tratamientos en la productividad del hongo expresado en porcentaje (Cuadro 13).

Cuadro 13. Análisis de varianza del rendimiento en la productividad de *P. djamor*.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Tratamientos	5	4839.371	967.874	49.61343687	<0.005
Error Experimental	52	1014.432	19.508		
Total	57	5853.803			

La prueba de comparación de medias de Tukey al 5% para la variable Rendimiento de *P. djamor*, se aprecia que el sustrato 290 g de paja de arroz, posee la media más alta, situándose en primera posición con respecto a los demás (Cuadro 14).

Cuadro 14. Prueba de Tukey del rendimiento en la productividad de *P. djamor*.

Mérito	Tipo de Sustrato	Media	Significancia
6	620 g de cáscara de café	5.08	b
5	620 g de cáscara de café + 20 g de maíz molido	5.16	b
4	620 g de cáscara de café + 10 g de maíz molido	5.18	b
3	290 g de paja de arroz + 10 g de maíz molido	20.81	a
2	290 g de paja de arroz + 20 g de maíz molido	23.42	a
1	290 g de paja de arroz	25.42	a

#### Tasa de Producción:

La tasa de producción del hongo *P. djamor*, ha sido mayor con el sustrato 290 g de paja de arroz + 20 g de maíz molido/bolsa, con valores de

4.04 ± 0.31 g, seguido de los sustratos 290 g de paja de arroz + 10 g de maíz molido/bolsa con 3.50 ± 0.29 g y de 290 g de paja de arroz con 3.35 ± 0.27. Siendo el tratamiento 620 g de cáscara de café + 20 g de maíz molido con valores de 0.29 ± 0.07 g el que obtuvo la más baja tasa de producción del hongo, expresado en porcentaje (Cuadro 15).

Cuadro 15. Descriptivo de la Tasa de Producción en la productividad de *P. djamor*.

Tratamientos	Media	EE	Mín.	Máx.	CV (%)
290 g de paja de arroz	3.50	0.29	2.38	4.97	26.61
290 g de paja de arroz + 10 g de maíz molido	3.35	0.27	2.07	4.55	25.25
290 g de paja de arroz + 20 g de maíz molido	4.04	0.31	2.32	5.77	24.08
620 g de cáscara de café	0.30	0.08	0.03	0.87	83.08
620 g de cáscara de café + 10 g de maíz molido	0.30	0.08	0.02	0.66	76.33
620 g de cáscara de café + 20 g de maíz molido	0.29	0.07	0.06	0.77	79.58

El análisis de varianza (ANVA), nos muestra que existen efectos significativos ( $p=0.00$ ) en referencia a la tasa de producción entre los tratamientos, expresado en porcentaje (Cuadro 16).

Cuadro 16. Análisis de varianza de la Tasa de Producción en la productividad de *P. djamor*.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Tratamientos	5	163.875	32.775	70.545	<0.005
Error Experimental	52	24.159	0.465		
Total	57	188.034			

La prueba de comparación de medias de Tukey al 5% para la variable Tasa de Producción de *P. djamor*, se aprecia que el sustrato 290 g de paja de arroz + 20 g de harina de maíz posee la media más alta ( $p < 0.05$ ), situándose en primera posición con respecto a los demás (Cuadro 17).

Cuadro 17. Prueba de Tukey de la tasa de producción en la productividad de *P. djamor*.

Mérito	Tipo de Sustrato	Media	Significancia
6	620 g de cáscara de café + 20 g de maíz molido	0.29	b
4	620 g de cáscara de café	0.30	b
5	620 g de cáscara de café + 10 g de maíz molido	0.30	b
2	290 g de paja de arroz + 10 g de maíz molido	3.35	a
1	290 g de paja de arroz	3.50	a
3	290 g de paja de arroz + 20 g de maíz molido	4.04	a

## V. DISCUSIÓN

### 1.1. Sobre la producción en base al peso fresco (g) del hongo *Pleurotus djamor* en sustratos paja de arroz y cáscara de café suplementados con maíz molido

La evaluación de la fructificación del hongo comestible *Pleurotus djamor* se realizó por un periodo de 25 días para las pruebas de sustrato a base de paja de arroz y de 21 días para el sustrato a base de cáscara de café, debido a que en ese periodo de tiempo se dio la mayor producción de basidiocarpos. Al respecto, SÁNCHEZ y ROYSE (2001) y OEI (2003) señalan que la cosecha llega a dividirse en 3 etapas, en la primera se obtiene un aproximado del 50 por ciento, en el segundo se obtiene un 30 por ciento mientras que la tercera obtiene 20 por ciento de la producción. Habitualmente, no se recogen cosechas mayor a tres, porque su producción es baja y se tiene más riesgo a que se contamine.

En cuanto al tiempo que ha requerido, desde la siembra del micelio en el sustrato hasta la producción de los basidiocarpos (11 días en el caso del sustrato paja de arroz y 20 días para el sustrato cáscara de café), y su mayor producción hasta los 21 - 25 días, nos demuestra que tiene un ciclo de vida corto, para cualquier sistema de producción. Sobre el particular GARCÍA (1991)

indica que el cultivo de hongos comestibles es una actividad de un corto periodo de vida, además se puede producir en un espacio reducido y presentan un alto valor nutritivo. Como se puede apreciar, depende también en cierto modo del tipo de sustrato en el cual se producen, de la relación C/N, del contenido de lignina y celulosa; pero de manera general es recomendable y económico cosechar solo tres oleadas, porque ya no es rentable mantener por la baja fructificación y se deben reemplazar por otras bolsas para seguir con el proceso. Los *Pleurotus spp*, son hongos que se desarrollan sobre residuos vegetales fibrosos o leñosos con alto contenido de celulosa y lignina (GARZÓN y CUERVO, 2008), por lo que la nutrición, lo hacen a través de la participación de enzimas que se encargan de degradar las moléculas de gran tamaño que son la celulosa y la lignina y convertirlos en moléculas asimilables o absorbidas por los hongos (ROBLEDO, 2006, SÁNCHEZ y ROYSE, 2001).

En referencia a la cepa de *P. ostreatus* utilizado, fue proporcionada por el laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María - Perú, hongo colectado de la zona, aislado y conservado a 4°C en sustrato a base de aserrín con suplemento de cebada. Como cualquier organismo y por su gran variabilidad genética que presentan, quizás en la productividad también haya influenciado este factor tipo de cepa, por lo que cada cual tiene su propio vigor, y esto se nota en la coloración rosada intensa en las primeras oleadas y en las demás cosechas se va perdiendo esta coloración. Al respecto, VEGA *et al.*(2006),

quienes aislaron diferentes cepas silvestres de *P. djamor* en Panamá cultivados en sustratos a base de pulpa de café y paja de arroz, reportan ciertas diferencias en cuanto a eficiencia biológica, rendimiento y tasa de producción.

Se ha notado mayor contaminación por mohos del género *Trichoderma* en los sustratos utilizado a base de cáscara de café, aun cuando los mohos usualmente están en la parte externa del bloque de sustrato, es decir, en contacto con las paredes de las bolsas de polietileno, esto ya demerita en la producción de los basidiocarpos del hongo. Los sustratos se contaminan, posiblemente porque requiere un mejor pretratamiento a fin de eliminar una serie de compuestos propios de la cáscara de café, o en todo caso un factor determinante también podría haber sido el porcentaje de humedad y el nivel de semiesterilizado. Al respecto DEWRAJ (2005), al utilizar bagazo de caña de azúcar en la producción de *Pleurotus* le agrega cal para ajustar el pH debido a que la caña de azúcar es ligeramente ácida. Esto es similar al que indica VEGA *et al.* (2006), quienes al utilizar cáscara de café como sustrato único en la producción de *Pleurotus ostreatus* reportaron problemas de contaminación por mohos del género *Trichoderma*.

## **5.2. De la eficiencia biológica, rendimiento y tasa de producción del hongo *Pleurotus djamor* en sustratos a base de pulpa de café y paja de arroz suplementados con maíz molido.**

La eficiencia biológica (EB) obtenida con el sustrato a base de 290 g de paja de arroz + 20 g de maíz molido en promedio (44.42%), seguido de 290 g de paja de arroz (39.38%) y 290 g de paja de arroz + 10 g de maíz molido (36.90%), nos muestra que en cierto modo ha influido el suplemento a base de maíz molido agregado a los sustratos en las bolsas por tratamiento, asimismo ha influido en la mejora de la producción de basidiocarpos expresados en peso fresco del hongo (290 g de paja de arroz + 20 g de maíz molido/bolsa con valores de  $128 \pm 9.81$  g de hongo fresco/bolsa), seguido de los sustratos a base de 290 g de paja de arroz y 290 g de paja de arroz+ 10 g de maíz molido/bolsa. Esto es corroborado por investigadores, quienes indican que los *Pleurotus* requieren, además de sustancias abundantes en polisacáridos (celulosa y hemicelulosa) y lignina para su crecimiento, carbohidratos solubles, glucosas, melazas, fuentes orgánicas de nitrógeno tales como, salvado de arroz, trigo, cebada, avena, maíz, soya y girasoles, así como fuentes de minerales como el sulfato de amonio. Estas fuentes de nitrógeno o de proteínas sólo se usan entre 2 – 10 %, porque si se usan mayores porcentajes pueden producir un aumento de la temperatura del sustrato durante la fase de incubación y afectar al micelio. En todo caso, los aditivos pueden no incrementar significativamente la productividad, pero sí acelerar el crecimiento del micelio debido al aumento de la

temperatura del sustrato (VIZITEU, 2005; GONZALES, 2017). En una experiencia más, reportan que el maíz molido es un suplemento para proporcionar una fuente de nitrógeno. Tal como indica SZTERN y PRAVIA (1999) que utilizan al carbono como energía, para la síntesis proteica el nitrógeno es importante. (DEWRAJ, 2005).

“Los porcentajes de eficiencia biológica logrados en este experimento, coinciden de cerca con los valores logrados por GARZÓN y CUERVO (2008), quienes al investigar el efecto de cuatro sustratos: bagazo de caña de azúcar, tallo de maíz, aserrín y sobras de café de consumo humano de forma individual y en mezclas sobre la producción de *Pleurotus ostreatus* reportan que al mezclar el café con bagazo de caña de azúcar o con tallo de maíz una eficiencia biológica que varían entre el 40 y el 48% y una productividad entre 0.715 y 0.905 kg de hongos frescos por cada 100kg de sustrato seco al día. Además, TABOADA (2011) al experimentar residuos agroindustriales como fuente de producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en Tingo María, obtuvo una eficiencia biológica de 34.98%. Asimismo, MORENO (2008) al evaluar la eficiencia biológica (EB) en *Pleurotus eryngii* utilizando como sustrato paja de trigo sometida a dos tipos de tratamientos térmicos; a cocción y pasteurización, obtiene mayor EB (42.8%) en paja de trigo pasteurizada con respecto al sustrato sometido a cocción 28%. Del mismo modo, APAZA (2018) en la producción de *Pleurotus djamor* al utilizar los sustratos paja de arroz, tuza de maíz, bagazo de caña + tuza de

maíz y bagazo de caña, obtuvo con el sustrato paja de arroz mayor eficiencia biológica (79.09%), un rendimiento de 19.54% y una tasa de producción de 5.75% en comparación a los demás tratamientos. De manera general, los valores en cuanto a rendimiento y tasa de producción también están marcados por valores similares, tal es el caso DEWRAJ (2005) reporta que se obtienen 250 g de hongo ostra de 1000 g de sustrato seco (bagazo 800 g + cal 100 g + semilla de maíz 100 g), de manera que la eficiencia biológica es 25%. Normalmente, se cosechan tres oleadas de cada bolsa y el rendimiento es de aproximadamente un cuarto del peso seco del sustrato”.

Como un factor importante en este experimento, se ha tenido en cuenta de administrarse las condiciones necesarias de temperatura, humedad y aireación, para el cual se adecuó un ambiente tipo invernadero protegido de malla fina y estantería para colocar las bolsas, es decir, con ciertas condiciones, pero no de las óptimas y mejor controladas. Al respecto, GONZALES (2017), GARCÍA (1991), CRUZ *et al.* (2010), manifiestan que, la temperatura óptima para el caso de *Pleurotus* está entre 24 a 25 °C, la temperatura va a influir en el retraso o aceleración del crecimiento del micelio. Para que se desarrollen, una buena temperatura es entre los 10 y 25 grados centígrados, llegando a influir en su color del sombrero, al ser más baja la temperatura el color del sombrero es más oscuro, pero también depende de la especie.. En cuanto a la humedad debe administrarse entre los 85% - 95 %, siendo este factor una condición muy importante en el proceso de producción y

en favorecer la estimulación de los primordios del fruto del hongo. Se puede lograr realizando salpicaduras de agua limpia, sin cloro y pura, con un atomizador manual de manera diaria o según la temperatura que presente el lugar. Otros métodos de producción más tecnificados lo hacen por medio de micro aspersores electrónicos (PÉREZ, 1996). En lo que es la aireación del ambiente, fueron protegidas parcialmente con mallas finas de rafia de color negro para lograr un ingreso de luz más tenue, en las noches se remangaron la rafia para darle una mayor ventilación. Esto coincide con lo manifestado por YAMILLE y PINEDA (2001), SANCHEZ y ROYSE (2001) y GARCIA (1991), quienes indican que la ventilación del ambiente de producción de los hongos en la fase de producción es fundamental, por lo mismo que el contenido del aire en dióxido de carbono debe ser inferior al 0,07 por ciento, si por el contrario el contenido es mayor se retrasa el crecimiento, y en caso de que llegue a aproximadamente 0,2% el hongo se muere. Una cifra orientadora de ventilación debe ser una renovar de 150-250 metros cúbicos de aire por hora y por cada tonelada de sustrato. El riego se hizo manualmente y se realizó mojando el piso para aumentar la humedad relativa. Al respecto CRUZ *et al.* (2010), indican que se debe mantener la humedad en aproximadamente 70 a 80%, dentro de las bolsas en el módulo. Se puede lograr realizando salpicaduras de agua limpia, sin cloro y pura, con un atomizador manual de manera diaria o según la temperatura que presente el lugar. Otros métodos de producción más tecnificados lo hacen por medio de micro aspersores electrónicos

## VI. CONCLUSIONES

- Mayor producción expresado en peso fresco (g) de *Pleurotus djamor* se obtuvo con el sustrato paja de arroz suplementado con 20 g de maíz molido.
- Mayor Eficiencia Biológica, Rendimiento y Tasa de Producción del hongo *Pleurotus djamor* se obtuvo con el sustrato a base de paja de arroz suplementado con 20 g de maíz molido.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Investigar con otras cepas de *Pleurotus djamor* aisladas de la zona a fin de conocer el vigor y las características, debido a la variabilidad dentro de las especies que no ha sido estudiada.
- Investigar otros tipos de suplementos a base de harinas utilizando dosis distintas.
- Plantear investigaciones similares utilizando otras especies de hongos comestibles propios de la zona.
- Tener en cuenta que las instalaciones para la producción de *Pleurotus* debe proporcionar condiciones óptimas de temperatura, humedad relativa y ventilación.

## VIII. ABSTRACT

There are so many natural resources of our biodiversity that must be investigated and promoted in order to make use of them, among them are edible fungi that are well known to the inhabitants of the countryside especially. This research seeks to know the productivity of *Pleurotus djamor* using as substrates coffee husk and rice straw supplemented with ground corn. The strains of the fungi collected in the area and isolated were provided by the Laboratory of Mycology and Technology of the Propagation of the National Agrarian University of the Jungle - Tingo María, the spawn seeds were obtained in grains of slipped wheat (wheat without peel) and seeded in the substrates of coffee husk and rice straw supplemented with previously fermented and semi-sterilized cornmeal. The best result with respect to the other substrates, was achieved with rice straw 20 g of ground corn in relation to the fresh weight of the fungus *Pleurotus djamor* ( $128 \pm 9.81$  g/bag), less time between the inoculation of the seed and the Beginning of fruiting (11.2 days), greater biological efficiency ( $44.42 \pm 3.38$  %), and higher capacity yield ( $25.42 \pm 2.27$  %/bag) of 290 g of dry substrate). The ground corn supplement has improved the productivity results of the fungus on the substrates based on rice straw and coffee husk.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRIAN, O. K. (2005). Cultivo de hongos ostra, Parte II, Capítulo 4. Inoculo (semilla o spawn). Como hacer spawn de hongo ostra en grano de una manera simple. En Manual del cultivador de hongo ostra.
- ANDRINO, A., MORTE, A., & HONRUBIA, M. (2011). Caracterización y cultivo de tres cepas de *Pleurotus eryngii* (Fries) sobre sustratos basados en residuos agroalimentarios. *Anales de Biología*, 33, 53-66. Obtenido de [https://www.um.es/analesdebiologia/numeros /33/PDF/33\\_2011\\_07.pdf](https://www.um.es/analesdebiologia/numeros /33/PDF/33_2011_07.pdf)
- APAZA, K. J. (2017). *Produccion del hongo comestibles Pleurotus djamor (Fr.) Boedijn usando distintos sustratos de residuos agricolas aisldo en Tingo María*. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María. 87p.
- APROLAB. (2007). *Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces. Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú Capacítate Perú (APROLAB) - Convenio ALA/2004/016-895 FONDO CONCURSABLE – Instructivo No. 001-2007 / Jul.*
- ARDÓN, C. (2007). *La producción de los hongos comestibles. Guatemala. 207p.*
- ARRIAGA-CERDA, J., & MORALES-AGUILAR, J. (2009). *Producción de cuatro variedades de Pleurotus ostreatus (Jac. Ex Fr) Kum en paja de trigo*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México.

- BOTELHO, T. S., & RAMOS, B. V. (1985). *Cogumelos comestíveis; São Paulo - Brasil, ed. Icome. 83 p.*
- BRAGA-NETO, R., LUIZAO, R. C., MAGNUSSON, W. E., ZUQUIM, G., & CASTILLO, C. V. (2008). Leaf litter in a Central Amazonian forest: the influence of rainfall, soil and topography on the distribution of fruiting bodies. *Biodiversity and Conservation, V. 17, 2701-27122.*
- CASTILLEJOS, V., SÁNCHEZ-VÁSQUEZ, J., & HUERTA, G. (1996). Evaluación de cepas del hongo comestible *Auricularia fuscosuccinea* nativas del Soconusco. *Chiapas. Rev. Mex. Micol. 12, 23-30.*
- CASTILLO, J. T. (1987). *Micología General. Editorial Limusa. México.*
- CHANG, S. (2004). *Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact, S.T. Chang y P.G. Miles (ed.), pp 477, CRC Press LLC, Boca Ratón, Florida, USA.*
- CIAPPINI, M., GATTI, B., & LÓPEZ, M. (2004). *Pleurotus ostreatus*, una opción para el menú. Estudios sobre las gírgolas en la dieta diaria. . *Revista de la Universidad del Centro Educativo Latinoamericano INVENIO, 127 - 132.*
- CRUZ, D. E., LÓPEZ DE LEÓN, L. F., & PASCUAL, M. B. (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 104 (3-4), 139-154.*
- CURVETTO, N., FIGLAS, D., DEVALIS, R., & DELMASTRO, S. (2002). Growth and productivity of different *Pleurotus ostreatus* strains on sunflower seed hulls supplemented with N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> and/or Mn(II). *Bioresour Technol: 84 , 171-176.*

- DEEPALAKSHMI, K., & MIRUNALINI, S. (2014). Pleurotus ostratus: an oyster mushroom with nutritional and medicinal properties. *Journal of Biotechnolgy Technology*, 5(2), 718-726. Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/3430/4adfd5670e5fd784830ab4384d142b949ac0.pdf>
- DENIS, R. B. (1995). *Mushrooms poisons and panaceas. A handbook for naturalists mycologists and physicians. Freeman and Company (N. Y.): Ed. W. H.*
- DEWRAJ, T. (2005). Cultivo de hongos ostra, Parte II, Capítulo 5. Sustrato: Bagazo de caña de azucar. . En *Manual del cultivador de hongo ostra 1. Wings of Angels. Mauricio.* Obtenido de <http://www.fungifun.org/mushworld/Oyster-Mushroom-Cultivation/mushroom-growers-handbook-1-mushworld-com-chapter-5-6.pdf>
- DÍAZ, C. C., & CARVAJAL, E. R. (2014). Eficiencia biológica de Pleurotus ostreatus cultivado en fibra de palma de aceite. Facultad de Ingenierías y Arquitectura Universidad. @LIMENTECH CIENCIA Y TECNOLOGÍA ALIMENTARIA ISSN. Volumen 12, No. 1, 63 - 70.
- FALCÓN, M., RODRÍGUEZ, A., & CARNICERO, A. (1995). Insolation of microorganisms with lignin transformation potential from soil of Tenerife Island. *Soil Biology Biochenistry*, 121-126.
- FERNÁNDEZ, F. (2004). *Guía Práctica de producción de Setas (Pleurotus sp.). Fungitec Asesorias. Guadalajara, Jalisco. México. Marzo.*
- GAITAN-HERNANDEZ, R., SALMONES, D., PEREZ, R., & MATA, G. (2006). *Manual práctico del cultivo de setas. Aislamiento, siembra y producción. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz, México. doi:970-709-042-1*

- GARCIA, R. M. (1991). *Cultivo de Setas y Trufas. Ediciones Mundi – Prensa, “da. Edición. Madrid, España. 174 p.*
- GARZÓN, J., & CUERVO, J. (2008). Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. *Revista Ciencia Biomédicas. 6, 1-3.*
- GONZÁLES, M. R. (2017). Cultivo de hongos comestibles y medicinales. Curso: Transformación de biomasa lignocelulosa con hongos comestibles y medicinales para la valoración de agroresiduos. *In: IX Congreso Latinoamericano de Micología. . Lima Perú.*
- GUZMÁN, G. (2003). *Los Hongos de El Edén Quintana Roo (Introducción a la microbiota de México). Xalapa. INECOL y CONABIO, 316 pp.*
- HERRERA, T., & ULLOA, M. (1990). *El reino de los hongos. Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo de cultura económica. . Ciudad de México. .*
- HOLDRIDGE, L. (1987). *Ecología basada en zonas de vida. IICA. San José, Costa Rica. 216 p.*
- INGALE, A., & RAMTEKE, A. (2010). Studies on cultivation and biological efficiency of mushrooms grown on different agro-residues. *Innovative Romanian Food Biotechnology 6, 25-28.*
- JONATHAN, S., OKO, C. V., OYELAKINY, A. O., & OLURANTI, O. O. (2012). Nutritional values of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) (Jacq. Fr.) Kumm. Cultivated on different agricultural wastes . *Nature and Science 10(9), 186-191.*
- LÓPEZ, G. L., & MURILLO, J. D. (2008). *Estudio comparativo de nutrientes (Agaricus bisporus “Café” y Lentinus edodes) con el macrohongo*

*Pleurotus djamor Nativo de Panamá” Centro Regional de Coclé. Universidad de Panamá.*

- MARCELO, J., SAMIA, M., VARA, L., & MARINA, C. (2001). Cultivation of the edible mushrooms *Oudemansiella canarii* (Jungh) Hohn in lignocellulosic substrates. *Brazilian Journal of Microbiology*, 211-214.
- MARTÍNEZ, D. M. (2014). *Producción de tres especies de Pleurotus spp. utilizando diferentes sustratos; Nuevo Progreso, San Marcos, Coatepeque, México.*
- MARTÍNEZ, G., SIHUANCA, L., MACÍAS, L., PÉREZ, M., & MARTÍNEZ, O. (2012). 2012. Characterization and production of Shiitake (*Lentinula edodes*) in Mexico using supplemented sawdust. *African Journal of Biotechnology*, 11(46), 10582-10588. Obtenido de <https://doi.org/10.5897/AJB12.266>.
- MIGNUCCI, J. (1986). *Perspectivas para el cultivo de setas en Puerto Rico y el Caribe; Recinto Universitario de Mayagüez, Puerto Rico. 24 p.*
- MORENO, M. R. (2008). *Producción de setas de Pleurotus eryngii (DC.:Fr) Quel. en paja de trigo y posterior evaluación del sustrato bioaumentado incorporado a un suelo Hapludand. Valdivia. Valdivia, Chile.*
- MUELLER, G. M., & SCHMIT, J. P. (2007). Fungal biodiversity: What do we know? What can we predict? *Biodiversity Conservation*, V. 16., 1-5.
- OEI, P. (2003). *Mushroom cultivation. Tercera edición. Backhuys Publishers. Leiden, Holanda.. s.l.:s.n.*
- PATEL, Y., NARAIAN, R., & SINGH, V. (2012). *Medicinal properties of Pleurotus species (Oyster mushroom): A Review. World Journal of Fungal and Plant Biology*, 3(1): . doi:10.5829/idosi.wjfpb.2012.3.1.303

- PATIL, S., AHMED, S., TELANG, S., & BAIG, M. (2010). The nutritional value of *Pleurotus ostreatus* (Jacq: Fr.) Kumm cultivated on different lignocellulosic agrowastes. *Innovative Romanian Food Biotechnology*, 7:, 66-76. Obtenido de <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=7561bdfd-d0d0-478ba9ce-22ff76b00fa2%40sessionmgr102>
- PÉREZ, E. G. (1996). *Producción de hongos comestibles (Setas y Champiñones)*. Centro de Investigaciones Sociales, Tecnológicas y Agroindustriales de la Agricultura Mundial. México.
- PRADO, Z., & GODOY, H. (2007). Valor nutricional de cogumelos comestíveis. Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos. *Food Science and Technology* 27(1), 154-157.
- PRANCE, G. T. (1973). The mycological diet of the Yanomam Indians. *Mycologia*, v. 65, n. 1, 248-250.
- PRANCE, G. T. (1984). The use of edible fungi by Amazonian Indians. In: PRANCE, G. T.; KALLUNKI, J. A. (Eds.). *Ethnobotany in the Neotropics*. *Advances in Economic Botany*, 127-139.
- PRANCE, G. T. (s.f.). An ethnobotanical comparison of four tribes of Amazonian Indians. *Acta Amazonica*, v. 2, 7-27, 1972.
- RIOS, R. R., & RUIZ, L. R. (1993). Aislamiento y cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr) Kumm en Tingo María. *Folia Amzónica* Vol. 5 (1-2), 1 - 12.
- ROBLEDO, G. (2006). *Taxonomía, Ecología y Diversidad de poliporos*. Cuzco, Perú. 13 p.

- RODRÍGUEZ, M. (1996). *Caracterización de cepas del hongo comestible (Pleurotus ostreatus), en medios de cultivos y evaluación en sustratos lignocelulosicos forrajeros para la producción de carpoforos. Tesis profesional. UANL. Nuevo León, México.*
- RODRÍGUEZ-VALENCIA, N., & GÓMEZ, F. (2001). Cultivo hongos comestibles en pulpa de café. . *Avances Técnicos Cenicafé.* 285 , 1 - 8.
- ROMERO-ARENAS, O., MARTÍNEZ, M. A., DAMIÁN, M. A., RAMÍREZ, B., & LÓPEZ-OLGUÍN, J. (2015). Producción de hongo Shiitake (*Lentinula edodes* Pegler) en bloques sintéticos utilizando residuos agroforestales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(6): 12291238. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=s ci\\_arttext&pid=S2007-09342015000600007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=s        ci_arttext&pid=S2007-09342015000600007)
- ROYSE, D. J., BAARS, J., & TAN, Q. (2016). *Current overview of mushroom production in the world. In: Zied DC, editor. Edible and medicinal mushrooms: technology and applications. New York, Wiley. 462 p. doi:10.1002/9781119149446.ch2*
- RUIZ, L. (2019). *Cultivo de hongos comestibles. Triptico de divulgación.* Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- SALAZAR, N. C. (2018). *Eficiencia de la producción de Pleurotus ostreatus Jacq. ex Fr. P. Kumm "Hongo Comestible" producidos en residuos agrícolas en Tingo María.* Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María.
- SÁNCHEZ, J. E., & ROYSE, D. (2001). *La Biología y el cultivo de Pleurotus spp. (1a. Ed.). México: Edit. Noriega Editores.*

- SENAMHI. (2019). *El clima en Tingo Maria*. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle&dp=10&localidad=0025>
- SUÁREZ, C., & NIETO, I. (2013). Cultivo biotecnológico de macrohongos comestibles: una alternativa en la obtención de nutraceuticos. *Revista Iberoamericana de Micología*, 30(1): 1-8. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.riam.2012.03.011>
- SZTERN, D., & PRAVIA, M. A. (1999). *Manual para la elaboración de compost, bases conceptuales y procedimentales. Organización Panamericana de la Salud. OPS/HEP/HES/URU/02.99*. Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/newinformes/comp.pdf>
- TABOADA, M. M. (2011). *Sustratos agroindustriales como fuentes para la producción de hongo ostra (Pleurotus ostreatus (Jacq.) Qué)*. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables mención Forestales. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- TRIGOS, A., & SUÁREZ-MEDELLÍN, J. (2010). *Los hongos como alimentos funcionales y complementos alimenticios*. In: Martínez-Carrera, D.; Curvetto, N.; Sobal, M.; Morales y Mora, V. M. (Eds.). *Hacia un desarrollo sostenible del sistema de producción-consumo de los hongos comestibles y medicinales*. Puebla, México.
- VARGAS-ISLA, R., & ISHIKAWA, N. K. (2008). Optimal conditions of in vitro mycelial growth of *Lentinus strigosus*, an edible mushroom isolated in the Brazilian Amazon. *Mycoscience*, V. 49, 215-219.
- VELASCO, J., & VARGAS, E. (2004). *Manual Cultivo del Hongo Seta (Pleurotus ostreatus)*. Programa Fondo de Tierras e instalación del Joven Emprendedor, Secretaría de la Reforma Agraria. Montecillo. Texcoco, Estado de México. México.

- VILLEGAS, A. (1996). *Biotecnología intermedia en México, la producción de hongos comestibles*. CIESTAAM- Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Texcoco. Estado de México. 107 p.
- VIZITEU, G. (2005). Cultivo del hongo ostra. Parte II Hongos ostra, Capítulo 5. Sustrato: Paja de maíz y mazorca o marlos de maíz, En Manual del cultivador de hongo ostra. .
- WON-SIK, K. (2005). Cultivo de hongos ostra, Parte II, Capítulo 4. Inoculo semilla o spawn. Descripciones de especies de Pleurotus de importancia comercial. En Manual del cultivador de hongo ostra. .
- YAMILLE, S. O., & PINEDA, G. F. (2001). *Manual de Micología Aplicada*. Editorial Universidad de Antioquía, Medellín, Colombia. 97 p.
- ZAMBRANO, L., VILLARREAL, R., & CUETO, L. (2011). *Evaluación de un sustrato a base de residuos de frutas para la producción del Pleurotus ostreatus*. (2011). [Tesis pregrado]. Colombia: Universidad de Santander. 106 p.
- ZHAOHUI, X., JINGFENG, H., WANCONG, Y., & XIAOHONG, K. (2012). Effects of processing and storage preservation technologies on nutritional quality and biological activities of edible fungi. . *Chemical Engineering and Technology*.

## **ANEXO**



**ANEXO 1. Evaluación de la producción de basidiocarpos de *Pleurotus djamor* en peso fresco (g)**

Cuadro 18. Datos de producción de basidiocarpos de *Pleurotus djamor* en sustrato 290 g de paja de arroz.

Testigo	DÍAS DE EVALUACIÓN																				TOTAL (g)							
	21.4.2019	22.4.2019	23.4.2019	24.4.2019	25.4.2019	26.4.2019	27.4.2019	28.4.2019	29.4.2019	30.4.2019	01.5.2019	02.5.2019	03.5.2019	04.5.2019	05.5.2019	06.5.2019	07.5.2019	08.5.2019	09.5.2019	10.5.2019		11.5.2019	12.5.2019	13.5.2019	14.5.2019	15.5.2019		
1	19	25											37															81
2	44							33	35																10		122	
3		51						71	22	19														10			173	
4	49								14													13					76	
5		57							24	19															16		116	
6	49	5						47	8													24					133	
7	52							42	4								26										124	
8	40							80	6													14	8				148	
9	37								26													10	14				87	
10	50								25													7					82	
TOTAL (g)	340	138	0	0	0	0	0	0	273	0	164	0	0	75	0	0	0	26	0	0	0	68	0	32	26	1142		

Cuadro 19. Datos de producción de basidiocarpos de *Pleurotus djamor* (290 g de paja de arroz + 10 g de maíz molido/bolsa).

T1	DÍAS DE EVALUACIÓN																				TOTAL (g)						
	21.4.2019	22.4.2019	23.4.2019	24.4.2019	25.4.2019	26.4.2019	27.4.2019	28.4.2019	29.4.2019	30.4.2019	01.5.2019	02.5.2019	03.5.2019	04.5.2019	05.5.2019	06.5.2019	07.5.2019	08.5.2019	09.5.2019	10.5.2019		11.5.2019	12.5.2019	13.5.2019	14.5.2019	15.5..2019	
1	75								20	23												27					145
2	51								11									15									77
3	41								8									11							6	66	
4	47	9									38											20					114
5	61										50											25					136
6	61									12	36													28		137	
7	55										30																85
8	51										7							28						6		92	
9	29	24									37		7									9				106	
10	48	8									39											17				112	
TOTAL (g)	519	41	0	0	0	0	0	0	51	0	260	0	0	7	0	0	0	54	0	0	0	98	0	34	6	1070	

Cuadro 20. Datos de producción de basidiocarpos de *Pleurotus djamor* (290 g de paja de arroz + 20 g de maíz molido/bolsa).

T2	DÍAS DE EVALUACIÓN																				TOTAL (g)						
	21.4.2019	22.4.2019	23.4.2019	24.4.2019	25.4.2019	26.4.2019	27.4.2019	28.4.2019	29.4.2019	30.4.2019	01.5.2019	02.5.2019	03.5.2019	04.5.2019	05.5.2019	06.5.2019	07.5.2019	08.5.2019	09.5.2019	10.5.2019		11.5.2019	12.5.2019	13.5.2019	14.5.2019	15.5.2019	
1	56								40																15	111	
2	82								36	24										42							184
3	60								57									18									135
4	43	20									38												25				126
5	54	8							32	22										14							130
6	43	21									10																74
7	67	3							51											15							136
8	42	17									30												9				98
9	75								52									37									164
10	53	20							6	35													16				130
TOTAL (g)	575	89	0	0	0	0	0	0	274	0	159	0	0	0	0	0	0	55	0	71	0	50	0	15	0	1288	

Cuadro 21. Datos de producción de basidiocarpos de *Pleurotus djamor* en sustrato 620 g de cáscara de café.

Testigo	DÍAS DE EVALUACIÓN																				TOTAL (g)		
	25.4.2019	26.4.2020	27.4.2019	28.4.2019	29.4.2019	30.4.2019	01.5.2019	02.5.2019	03.5.2019	04.5.2019	05.5.2019	06.5.2019	07.5.2019	08.5.2019	09.5.2019	10.5.2019	11.5.2019	12.5.2019	13.5.2019	14.5.2019		15.5.2019	
1																						0	
2				11										18									29
3				4								11								15			30
4	16														15							5	36
5	14			19						32											32		97
6				14										17									31
7				21																	8		29
8				4																			4
9				12																			12
10				17								13									15		58
TOTAL (g)	30	0	0	102	0	0	0	0	0	32	0	24	0	35	15	0	0	55	0	15	18	326	

Cuadro 22. Datos de producción de basidiocarpos de *Pleurotus djamor* (620 g de cáscara de café + 10 g de maíz molido/bolsa).

T1	DÍAS DE EVALUACIÓN																				TOTAL (g)		
	25.4.2019	26.4.2020	27.4.2019	28.4.2019	29.4.2019	30.4.2019	01.5.2019	02.5.2019	03.5.2019	04.5.2019	05.5.2019	06.5.2019	07.5.2019	08.5.2019	09.5.2019	10.5.2019	11.5.2019	12.5.2019	13.5.2019	14.5.2019		15.5.2019	
1				10							12										3	25	
2				12										12									24
3				6																			6
4	22										21											6	49
5	3			3					16						25			17					64
6																							0
7				2																			2
8				23																			23
9				62							24												86
10				16							19									15			50
TOTAL (g)	25	0	0	134	0	0	0	0	0	16	76	0	0	12	25	0	0	17	0	15	9	329	

Cuadro 23. Datos de producción de basidiocarpos de *Pleurotus djamor* (620 g de cascara de café + 20 g de maíz molido/bolsa).

T2	DÍAS DE EVALUACIÓN																				TOTAL (g)	
	25.4.2019	26.4.2020	27.4.2019	28.4.2019	29.4.2019	30.4.2019	01.5.2019	02.5.2019	03.5.2019	04.5.2019	05.5.2019	06.5.2019	07.5.2019	08.5.2019	09.5.2019	10.5.2019	11.5.2019	12.5.2019	13.5.2019	14.5.2019		15.5..2019
1	12			13								15										40
2				5																	8	13
3	25											34								10		69
4				11								10										21
5	21																				5	26
6	7																					7
7	54									32												86
8														20							15	35
9														34							12	46
10	15									8												23
TOTAL (g)	134	0	0	29	0	0	0	0	0	40	0	59	0	54	0	0	0	0	0	10	40	366

**ANEXO 2. Datos procesados**

Cuadro 24. Sustrato 290 g paja de arroz /bolsa (sin suplemento)

REP.	SUSTRATO SECO (g)	SUSTRATO HÚMEDO (g)	PESO FRESCO DEL HONGO (g)	NÚMERO DE DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA (FRUCTIFICACIÓN)	NÚMERO DE VECES COSECHADOS (PRODUCCIÓN)	EB (%)	RENDIMIENTO	TP
1	290	450	81	11	3	27.93	18.00	2.54
2	290	427	122	11	4	42.07	28.57	3.82
3	290	444	173	12	5	59.66	38.96	4.97
4	290	424	76	11	3	26.21	17.92	2.38
5	290	458	116	12	4	40.00	25.33	3.33
6	290	495	133	11	5	45.86	26.87	4.17
7	290	468	124	11	4	42.76	26.50	3.89
8	290	441	148	11	5	51.03	33.56	4.64
9	290	402	87	11	4	30.00	21.64	2.73
10	290	487	82	11	3	28.28	16.84	2.57
<b>PROMEDIO</b>			114.2			39.38	25.42	3.50

EB= Eficiencia Biológica (%); TP = Tasa de producción

Cuadro 5. Sustrato a base de 290 g de paja de arroz + 10 g de maíz molido/bolsa.

REP.	SUSTRATO SECO (g)	SUSTRATO HÚMEDO (g)	PESO FRESCO DEL HONGO (g)	NÚMERO DE DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA (FRUCTIFICACIÓN)	NÚMERO DE VECES COSECHADOS (PRODUCCIÓN)	EB (%)	RENDIMIENTO	TP
1	290	633	145	11	4	50.00	22.91	4.55
2	290	454	77	11	3	26.55	16.96	2.41
3	290	420	66	11	4	22.76	15.71	2.07
4	290	481	114	11	4	39.31	23.70	3.57
5	290	582	136	11	3	46.90	23.37	4.26
6	290	515	137	11	4	47.24	26.60	4.29
7	290	501	85	11	2	29.31	16.97	2.66
8	290	521	92	11	4	31.72	17.66	2.88
9	290	499	106	11	5	36.55	21.24	3.32
10	290	488	112	11	4	38.62	22.95	3.51
PROMEDIO			107			36.90	20.81	3.35

EB= Eficiencia Biológica (%); TP = Tasa de producción

Cuadro 24. Sustrato 290 g de paja de arroz + 20 g de maíz molido/bolsa.

REP.	SUSTRATO SECO (g)	SUSTRATO HÚMEDO (g)	PESO FRESCO DEL HONGO (g)	NÚMERO DE DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA (FRUCTIFICACIÓN)	NÚMERO DE VECES COSECHADOS (PRODUCCIÓN)	EB (%)	RENDIMIENTO	TP
1	290	482	111	11	3	38.28	23.03	3.48
2	290	693	184	11	4	63.45	26.55	5.77
3	290	563	135	11	3	46.55	23.98	4.23
4	290	593	126	11	4	43.45	21.25	3.95
5	290	527	130	11	5	44.83	24.67	4.08
6	290	453	74	11	3	25.52	16.34	2.32
7	290	545	136	11	4	46.90	24.95	4.26
8	290	442	98	11	4	33.79	22.17	3.07
9	290	586	164	11	3	56.55	27.99	5.14
10	290	559	130	11	5	44.83	23.26	4.08
PROMEDIO			128.8			44.41	23.42	4.04

EB= Eficiencia Biológica (%); TP = Tasa de producción

Cuadro 25. Sustratos a base de 620 g de cáscara de café/bolsa.

REP.	SUSTRATO SECO (g)	SUSTRATO HÚMEDO (g)	PESO FRESCO DEL HONGO (g)	NÚMERO DE DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA (FRUCTIFICACIÓN)	NÚMERO DE VECES COSECHADOS (PRODUCCIÓN)	EB (%)	RENDIMIENTO	TP
1	620	642	0	0	0	0.00	0.00	0.00
2	620	778	29	21	2	4.68	3.73	0.22
3	620	712	30	21	3	4.84	4.21	0.23
4	620	713	36	18	3	5.81	5.05	0.32
5	620	761	97	18	4	15.65	12.75	0.87
6	620	714	31	21	2	5.00	4.34	0.24
7	620	728	29	21	2	4.68	3.98	0.22
8	620	787	4	21	1	0.65	0.51	0.03
9	620	747	12	21	1	1.94	1.61	0.09
10	620	608	58	21	4	9.35	9.54	0.45
PROMEDIO			32.6			5.26	4.57	0.27

EB= Eficiencia Biológica (%); TP = Tasa de producción

Cuadro 26. Sustrato 620 g de cascara de café + 10 g de maíz moldo/bolsa.

REP.	SUSTRATO SECO (g)	SUSTRATO HÚMEDO (g)	PESO FRESCO DEL HONGO (g)	NÚMERO DE DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA (FRUCTIFICACIÓN)	NÚMERO DE VECES COSECHADOS (PRODUCCIÓN)	EB (%)	RENDIMIENTO	TP
1	620	608	25	21	3	4.03	4.11	0.19
2	620	654	24	21	2	3.87	3.67	0.18
3	620	680	6	21	1	0.97	0.88	0.05
4	620	709	49	18	3	7.90	6.91	0.44
5	620	706	64	18	5	10.32	9.07	0.57
6	620	627	0	0	0	0.00	0.00	0.00
7	620	743	2	21	1	0.32	0.27	0.02
8	620	672	23	21	1	3.71	3.42	0.18
9	620	751	86	21	2	13.87	11.45	0.66
10	620	734	50	21	3	8.06	6.81	0.38
PROMEDIO			32.9			5.31	4.66	0.27

EB= Eficiencia Biológica (%); TP = Tasa de producción

Cuadro 27. Sustrato 620 g de cascara de café + 20 g de maíz molido/bolsa.

REP.	SUSTRATO SECO (g)	SUSTRATO HÚMEDO (g)	PESO FRESCO DEL HONGO (g)	NÚMERO DE DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA (FRUCTIFICACIÓN)	NÚMERO DE VECES COSECHADOS (PRODUCCIÓN)	EB (%)	RENDIMIENTO	TP
1	620	707	40	18	3	6.45	5.66	0.36
2	620	731	13	21	2	2.10	1.78	0.10
3	620	723	69	18	3	11.13	9.54	0.62
4	620	626	21	21	2	3.39	3.35	0.16
5	620	766	26	18	2	4.19	3.39	0.23
6	620	635	7	18	1	1.13	1.10	0.06
7	620	685	86	18	2	13.87	12.55	0.77
8	620	648	35	34	2	5.65	5.40	0.17
9	620	815	46	34	2	7.42	5.64	0.22
10	620	729	23	18	2	3.71	3.16	0.21
PROMEDIO			36.6			5.90	5.16	0.29

EB= Eficiencia Biológica (%); TP = Tasa de producción

Cuadro 28. Descriptivos de la productividad de *Pleurotus djamor* en los tratamientos

Variables	Tratamientos	N	Media	DE	EE	VARIANZA	Mínimo	Máximo	CV (%)
<b>Peso del hongo (g)</b>	290 g de paja de arroz	10	114.20	32.41	10.25	1050.18	76.00	173.00	28.38
	290 g de paja de arroz + 10 g de maíz molido	10	107.00	26.98	8.53	727.78	66.00	145.00	25.21
	290 g de paja de arroz + 20 g de maíz molido	10	128.80	31.01	9.81	961.73	74.00	184.00	24.08
	620 g de cáscara de café	9	36.22	27.30	9.10	745.44	4.00	97.00	75.38
	620 g de cáscara de café + 10 g de maíz molido	9	36.56	27.70	9.23	767.03	2.00	86.00	75.76
	620 g de cáscara de café + 20 g de maíz molido	10	36.60	24.87	7.86	618.49	7.00	86.00	67.95
	<b>Inicio de Fructificación</b>	290 g de paja de arroz	10	11.20	0.42	0.13	0.18	11.00	12.00
290 g de paja de arroz + 10 g de maíz molido		10	11.00	0.00	0.00	0.00	11.00	11.00	0.00
290 g de paja de arroz + 20 g de maíz molido		10	11.00	0.00	0.00	0.00	11.00	11.00	0.00
620 g de cáscara de café		9	20.33	1.32	0.44	1.75	18.00	21.00	6.51
620 g de cáscara de café + 10 g de maíz molido		9	20.33	1.32	0.44	1.75	18.00	21.00	6.51
620 g de cáscara de café + 20 g de maíz molido		10	21.80	6.55	2.07	42.84	18.00	34.00	30.03
<b>Tiempo de fructificación</b>		290 g de paja de arroz	10	4.00	0.82	0.26	0.67	3.00	5.00
	290 g de paja de arroz + 10 g de maíz molido	10	3.70	0.82	0.26	0.68	2.00	5.00	22.25
	290 g de paja de arroz + 20 g de maíz molido	10	3.80	0.79	0.25	0.62	3.00	5.00	20.76
	620 g de cáscara de café	9	2.44	1.13	0.38	1.28	1.00	4.00	46.24
	620 g de cáscara de café + 10 g de maíz molido	9	2.33	1.32	0.44	1.75	1.00	5.00	56.69
	620 g de cáscara de café + 20 g de maíz molido	10	2.10	0.57	0.18	0.32	1.00	3.00	27.03
	<b>Eficiencia Biológica</b>	290 g de paja de arroz	10	39.38	11.17	3.53	124.86	26.21	59.66
290 g de paja de arroz + 10 g de maíz molido		10	36.90	9.30	2.94	86.55	22.76	50.00	25.21
290 g de paja de arroz + 20 g de maíz molido		10	44.42	10.69	3.38	114.35	25.52	63.45	24.08
620 g de cáscara de café		9	5.84	4.40	1.47	19.39	0.65	15.65	75.34
620 g de cáscara de café + 10 g de maíz molido		9	5.89	4.47	1.49	19.95	0.32	13.87	75.77
620 g de cáscara de café + 20 g de maíz molido		10	5.90	4.01	1.27	16.08	1.13	13.87	67.93
<b>Rendimiento</b>		290 g de paja de arroz	10	25.42	7.16	2.27	51.33	16.84	38.96
	290 g de paja de arroz + 10 g de maíz molido	10	20.81	3.70	1.17	13.68	15.71	26.60	17.77
	290 g de paja de arroz + 20 g de maíz molido	10	23.42	3.19	1.01	10.16	16.34	27.99	13.61
	620 g de cáscara de café	9	5.08	3.81	1.27	14.50	0.51	12.75	74.95
	620 g de cáscara de café + 10 g de maíz molido	9	5.18	3.69	1.23	13.65	0.27	11.45	71.38
	620 g de cáscara de café	10	5.16	3.54	1.12	12.52	1.10	12.55	68.60



### ANEXO 3. Datos de evaluación de pesos y pérdida de peso de los sustratos

Cuadro 29. Datos de pérdida de peso de sustratos a base de paja de arroz

N°	Testigo		% pérdida de peso	T1		% pérdida de peso	T2		% pérdida de peso
	Pi	Pf		Pi	Pf		Pi	Pf	
1	450	185	58.888889	633	228	63.981043	482	192	60.165975
2	427	159	62.763466	454	192	57.709251	693	266	61.616162
3	444	198	55.405405	420	188	55.238095	563	190	66.25222
4	424	165	61.084906	481	185	61.538462	593	234	60.539629
5	458	208	54.585153	582	221	62.027491	527	228	56.736243
6	495	194	60.808081	515	191	62.912621	453	266	41.280353
7	468	185	60.470085	501	201	59.88024	545	226	58.53211
8	441	209	52.60771	521	208	60.076775	442	173	60.859729
9	402	174	56.716418	499	234	53.106212	586	222	62.116041
10	487	200	58.932238	488	201	58.811475	559	219	60.822898

Pi=peso inicial del sustrato; Pf=peso final del sustrato

Cuadro 30. Datos de pérdida de peso de sustratos a base de cáscara de café.

N°	Testigo		% pérdida de peso	T1		% pérdida de peso	T2		% pérdida de peso
	Pi	Pf		Pi	Pf		Pi	Pf	
1	642	592	7.788162	608	483	20.559211	707	539	23.762376
2	778	635	18.380463	654	528	19.266055	731	643	12.038304
3	712	599	15.870787	680	608	10.588235	723	499	30.982019
4	713	581	18.513324	709	528	25.528914	626	473	24.440895
5	761	474	37.713535	706	506	28.328612	766	627	18.146214
6	714	559	21.708683	627	554	11.642743	635	545	14.173228
7	728	598	17.857143	743	683	8.0753701	685	443	35.328467
8	787	739	6.0991105	672	582	13.392857	648	511	21.141975
9	747	605	19.009371	751	559	25.565912	815	573	29.693252
10	608	458	24.671053	734	559	23.841962	729	604	17.146776

Pi=peso inicial del sustrato; Pf=peso final del sustrato

**ANEXO 4. Panel Fotográfico**

Figura 8. Sustrato a base de cáscara de café en proceso de fermentado.



Figura 9. Sustrato a base de paja de arroz en proceso de fermentado.



Figura 10. Semiesterilizado de los sustratos.



Figura 11. Sustrato a base de paja de arroz en proceso de fermentado.



Figura 12. Sustrato a base de paja de arroz en proceso de fermentado.



Figura 13. Progreso de crecimiento de micelio en sustrato a base de cáscara de café.



Figura 14. Evaluando la producción del hongo crecido en paja de arroz.



Figura 15. Hongos *Pleurotus djamor* cosechados.