

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**PRODUCCIÓN DEL HONGO COMESTIBLE *Pleurotus djamor*  
(Fr.) Boedijn USANDO DISTINTOS SUSTRATOS DE RESIDUOS  
AGRÍCOLAS AISLADO EN TINGO MARIA**

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
MENCIÓN FORESTALES**

**PRESENTADO POR:**

**KAREN JULIANA APAZA GRANDEZ**

**2017**



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



**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 10 de Noviembre de 2017, a horas 6:00 p.m. en la Sala de Conferencias de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

### “PRODUCCIÓN DEL HONGO COMESTIBLE *Pleurotus djamos* (Fr.) Boedijn USANDO DISTINTOS SUSTRATOS DE RESIDUOS AGRÍCOLAS AISLADO EN TINGO MARÍA”

Presentado por la Bachiller: **KAREN APAZA GRANDEZ**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de “**BUENO**”

En consecuencia, la sustentante queda apta 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 la otorgación del Título correspondiente.

Tingo María, 12 de Octubre de 2018

  
Dr. VICENTE S. POCOMUCHA POMA  
PRESIDENTE

  
Ing. RAÚL ARAUJO TORRES  
VOCAL

  
Blgo. MSc. JOSÉ KALIÓN GUERRA LU  
VOCAL



  
Dr. LADISLAO RUIZ RENGIFO  
ASESOR

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

## FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



### PRODUCCIÓN DEL HONGO COMESTIBLE *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn USANDO DISTINTOS SUSTRATOS DE RESIDUOS AGRÍCOLAS AISLADO EN TINGO MARIA

|                                      |          |   |
|--------------------------------------|----------|---|
| <b>Autor</b>                         | <b>:</b> | <b>KAREN JULIANA APAZA GRANDEZ</b>  |
| <b>Asesor</b>                        | <b>:</b> | <b>Dr. LADISLAO RUIZ RENGIFO</b>  |
| <b>Programa de Investigación</b>     | <b>:</b> | <b>Biotecnología</b>  |
| <b>Linea de Investigación</b>        | <b>:</b> | <b>Micología, Innovación Biotecnología<br/>y Enzimas en bosques tropicales</b>                |
| <b>Eje temático de Investigación</b> | <b>:</b> | <b>Producción de Hongos comestibles</b>   |
| <b>Lugar de Ejecución</b>            | <b>:</b> | <b>Laboratorio de Micología y<br/>Tecnología de la producción FRNR<br/>UNAS – Tingo María</b> |
| <b>Duración</b>                      | <b>:</b> | <b>Fecha de inicio 05/03/2017<br/>Fecha de termino 01/09/2017</b>                             |
| <b>Financiamiento</b>                | <b>:</b> | <b>propio</b>   |
| <b>FEDU</b>                          | <b>:</b> | <b>S/. 0.00</b>   |

## DEDICATORIA

*A Dios, Por haberme permitido llegar  
hasta este punto y haberme dado salud  
para lograr mis objetivos, además de  
su infinita bondad y amor*

*A mis padres Aurelio y Edith; Por los  
ejemplos de perseverancia y  
constancia y, por el valor mostrado  
para salir adelante.*

*A mi hermano, Kike; por haberme  
apoyado en todo momento, por sus  
consejos, sus valores y por la  
motivación constante, y mis hermanos  
José y Carlitos por su amor  
incondicional.*

*A mi Esposo Abdel y mis hijos Pierick y  
Kadel, por ser siempre la fuerza que  
necesito para seguir adelante. Los amo  
mucho...*

## **AGRADECIMIENTOS**

La cristalización de la presente investigación representa la culminación de una etapa muy importante en mi vida: mi formación profesional, a todos quienes contribuyeron con ello, expreso mi más sincero agradecimiento, y de manera especial:

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por haberme forjado como profesional.
- A todos mis profesores de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, quienes contribuyeron en mi formación académica.
- A mi esposo Abdel y mis Hijos Pierick y Kadel por su apoyo incondicional en el desarrollo de la investigación.
- Al Dr. Ladislao Ruiz Rengifo, asesor de la tesis, por su motivación e incalculable colaboración durante la ejecución de la investigación y redacción del documento final, y
- A todas las personas, que de una u otra forma contribuyeron significativamente en la realización y culminación de la presente investigación.

## ÍNDICE

|  | Página |
|--|--------|
| I. INTRODUCCIÓN.....   | 1      |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA .....   | 4      |
| 2.1. Los hongos y sus características distintivas .....                        | 4      |
| 2.2. Sobre el hongo a cultivar .....   | 5      |
| 2.3. Los hongos comestibles, Importancia y valor nutritivo .....               | 8      |
| 2.4. Substratos para la producción de hongos comestibles .....                 | 11     |
| 2.5. Nutrientes del sustrato para la producción de hongos<br>comestibles ..... | 14     |
| 2.5.1. Carbono.....  | 14     |
| 2.5.2. Azúcares .....  | 15     |
| 2.5.3. Lípidos.....  | 15     |
| 2.5.4. Nitrógeno.....  | 15     |
| 2.6. Fermentación (composteo) .....  | 15     |
| 2.7. Factores ambientales.....   | 16     |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 2.8.   | Etapas del cultivo de hongos comestibles en bloques esterilizados ..... | 18 |
| 2.8.1. | Semilla.....  | 18 |
| 2.8.2. | Inoculación .....   | 19 |
| 2.8.3. | Incubación .....  | 19 |
| 2.8.4. | Fructificación .....  | 20 |
| 2.8.5. | Cosecha .....   | 21 |
| 2.9.   | Condiciones ambientales en la producción de <i>Pleurotus</i> spp .....  | 22 |
| 2.9.1. | Temperatura.....  | 22 |
| 2.9.2. | El pH.....  | 22 |
| 2.9.3. | Humedad.....  | 23 |
| 2.9.4. | Riego.....  | 23 |
| 2.9.5. | Luz.....  | 24 |
| 2.9.6. | Ventilación.....  | 25 |
| 2.10.  | Antecedentes de investigaciones con <i>Pleurotus djamor</i> .....       | 25 |
| III.   | MATERIALES Y MÉTODOS .....  | 29 |
| 3.1.   | Ubicación del lugar de estudio .....                                    | 29 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 3.1.1. | Ubicación política .....  | 29 |
| 3.1.2. | Ubicación geográfica .....  | 29 |
| 3.1.3. | Zona de vida y altitud .....  | 29 |
| 3.1.4. | Clima .....   | 29 |
| 3.1.5. | Actividades económicas .....  | 30 |
| 3.2.   | Materiales.....   | 31 |
| 3.2.1. | Material biológico.....   | 31 |
| 3.2.2. | Materiales y equipos.....   | 31 |
| 3.2.3. | Reactivos.....  | 31 |
| 3.3.   | Metodología .....   | 32 |
| 3.3.1. | Fase de Laboratorio .....   | 32 |
| 3.3.2. | Fase de campo.....  | 33 |
| 3.4.   | Diseño experimental .....   | 37 |
| 3.4.1. | Tipo y nivel de investigación.....  | 37 |
| 3.4.2. | Diseño estadístico .....  | 38 |
| 3.5.   | Recolección de datos.....   | 38 |
| 3.5.1. | Peso fresco (g) en la producción de <i>Pleurotus djamor</i> en los distintos sustratos de residuos agrícolas..... | 38 |



|        |  |    |
|--------|--|----|
| 3.5.2. | Tiempo entre la inoculación de la semilla y el Inicio de fructificación de <i>Pleurotus djamor</i> en los distintos sustratos de residuos agrícolas.....                     | 39 |
| 3.5.3. | Eficiencia biológica, tasa de producción y rendimiento en distintos sustratos de residuos agrícolas.....   | 39 |
| 3.6.   | Variables.....   | 40 |
| 3.6.1. | Variable independiente:.....   | 40 |
| 3.6.2. | Variables dependientes:.....   | 40 |
| 3.7.   | Procesamiento de resultados y análisis estadístico.....  | 40 |
| IV.    | RESULTADOS.....  | 41 |
| 4.1.   | Producción de <i>Pleurotus djamor</i> (Rumph. ex Fr.) Boedijn en peso fresco (g) en distintos sustratos de residuos agrícolas.....   | 41 |
| 4.2.   | Tiempo entre la inoculación de la semilla y el Inicio de fructificación de <i>Pleurotus djamor</i> (Rumph. ex Fr.) Boedijn en distintos sustratos de residuos agrícolas..... | 43 |
| 4.3.   | Eficiencia biológica, rendimiento y tasa de producción de <i>Pleurotus djamor</i> en distintos sustratos de residuos agrícolas.....  | 44 |
| V.     | DISCUSIÓN.....   | 49 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 5.1.  | De la producción en peso fresco (g) del hongo comestible.....   | 49 |
| 5.2.  | Del tiempo entre la siembra y el Inicio de fructificación del hongo comestible .....                  | 52 |
| 5.3.  | De la eficiencia biológica (EB), rendimiento (R) y tasa de producción (TP) del hongo comestible ..... | 53 |
| VI.   | CONCLUSIONES .....  | 56 |
| VII.  | RECOMENDACIONES.....  | 57 |
| VIII. | ABSTRACT.....   | 58 |
| IX.   | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 59 |
|       | ANEXO .....   | 66 |

## INDICE DE CUADROS

| Cuadro:  | Página |
|--|--------|
| 1. Valor nutritivo del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> . ....   | 10     |
| 2. Análisis proximal del hongo comestible <i>Pleurotus ostreatus</i> . ....  | 11     |
| 3. Fuentes nutricionales de los sustratos para el cultivo de hongos.....   | 12     |
| 4. Parámetros medioambientales para fructificación de <i>Pleurotus</i><br>sp.....  | 17     |
| 5. Distribución de los tratamientos establecidos.....  | 38     |
| 6. ANVA para el peso fresco (g) en la producción de <i>Pleurotus</i><br><i>djamor</i> en distintos tipos de sustratos. ....  | 41     |
| 7. Prueba Tukey para el peso fresco (g) en la producción de<br><i>Pleurotus djamor</i> por efecto de distintos tipos de sustratos. ....  | 42     |
| 8. ANVA del tiempo entre la inoculación de la semilla y el Inicio de<br>fructificación de <i>Pleurotus djamor</i> por efecto de los distintos tipos<br>de sustratos.....                 | 43     |
| 9. Prueba Tukey del tiempo entre la inoculación de la semilla y el<br>inicio de fructificación (incubación) de <i>Pleurotus djamor</i> a efecto<br>de distintos tipos de sustratos. .... | 44     |
| 10. ANVA de eficiencia biológica en la producción de <i>Pleurotus</i><br><i>djamor</i> por efecto de distintos tipos de sustratos. ....  | 44     |

|  |    |
|--|----|
| 11. Prueba Tukey para la eficiencia biológica (%) en la producción de <i>Pleurotus djamor</i> por efecto de distintos tipos de sustratos. ....       | 45 |
| 12. ANVA del rendimiento en la producción de <i>Pleurotus djamor</i> por efecto de distintos tipos de sustratos.....                                 | 46 |
| 13. Prueba Tukey del rendimiento por unidad experimental en la producción de <i>Pleurotus djamor</i> por efecto de distintos tipos de sustratos..... | 46 |
| 14. ANVA de la tasa de producción del <i>Pleurotus djamor</i> por efecto de distintos tipos de sustratos. ....                                       | 47 |
| 15. Prueba Tukey de la tasa de producción de <i>Pleurotus djamor</i> por efecto de distintos tipos de sustratos.....                                 | 48 |
| 16. Datos de evaluación diario del peso fresco del hongo <i>Pleurotus djamor</i> por tratamientos.....   | 67 |
| 17. Peso fresco y peso seco de los sustratos.....  | 69 |
| 18. Descriptivos de los datos procesados. ....   | 69 |
| 19. Datos de evaluación de producción de cuerpos fructíferos de <i>Pleurotus djamor</i> en peso (g) x Tratamientos.....                              | 71 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura   | Página |
|--|--------|
| 1. Preparación de medio de cultivo agar papa dextrosa (PDA).....   | 32     |
| 2. Micelio de <i>Pleurotus djamor</i> en granos de trigo, listo para<br>inocular en los sustratos.....   | 33     |
| 3. Tipos de sustratos: A) bagazo de caña de azúcar, B) coronta de<br>maíz, C) paja de arroz. ....  | 34     |
| 4. Semi-esterilizado del sustrato en cilindro acondicionado,<br>mediante fuego con leña. ....  | 35     |
| 5. (A) Bolsas de plástico transparente con el sustrato sembrado de<br>micelio del <i>Pleurotus djamor</i> , (B) incubación de las bolsas<br>recubierto de plástico negro. .... | 36     |
| 6. Fructificación: A) basidiocarpos de <i>P. djamor</i> en los distintos<br>sustratos, B) medición del peso de los basidiocarpos realizados<br>diariamente.....                | 37     |
| 7. Peso fresco total de los basidiocarpos de <i>P. djamor</i> por<br>tratamiento y unidades experimentales. ....   | 42     |
| 8. Tasa de producción (%) del hongo comestible <i>Pleurotus djamor</i><br>en cuatro sustratos distintos.....   | 48     |

9. Micelio propagado en pomos (A), mezcla de micelio y sustrato (B), micelio en bagazo de caña de azúcar (C), micelio en paja de arroz (D), micelio en coronta de maíz + bagazo de caña de azúcar (E), micelio en coronta de maíz (F)..... 68

## RESUMEN

Los hongos comestibles actualmente constituyen una alternativa de alimentación para luchar contra la desnutrición por alto valor nutritivo. Mediante esta investigación se plantea conocer la producción del hongo comestible *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn aislado en Tingo María usando distintos sustratos de residuos agrícolas. La cepa (FP-221) del hongo fue proporcionada por el Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, de las cuales se obtuvieron las semillas "spawn" en granos de trigo sin pelar, sembrados en sustratos: bagazo de caña de azúcar, bagazo de caña de azúcar + coronta de maíz, coronta de maíz y paja de arroz; fermentados y semi esterilizados. El sustrato paja de arroz obtuvo los mejores resultados con respecto a los demás sustratos en la producción del hongo en peso fresco (media de 199.31 g de hongo/252 g de sustrato seco), menor tiempo entre la inoculación de la semilla y el inicio de fructificación (13.75 días), la mayor eficiencia biológica (79.09 %), mejor rendimiento (media de 19.54 g/bolsa con 252 g de sustrato seco) y la tasa de producción (media de 5.75%/día de producción del hongo). Los buenos resultados obtenidos en sustrato paja de arroz son atribuidos a su consistencia blanda, poca compactación, buena aireación y de fácil absorción de agua, donde el micelio crece y fructifica con mayor facilidad.

## I. INTRODUCCIÓN

En la amazonia, existe alta diversidad de recursos micóticos que actualmente no son conocidos y mucho menos aprovechados, entre las que destacan las setas comestibles. Sólo existen grupos pequeños de pobladores generalmente de zonas rurales quienes consumen para su dieta alimenticia diversas especies de hongos, además que muchas personas desearían consumir setas frescas producidas en Tingo María, pero la inconveniencia es que no están siempre al alcance en la cantidad y calidad suficiente para satisfacer la demanda. Existe una importante esfera de la población que hace uso de los hongos, entre ellos los comestibles para cubrir su dieta alimenticia, el problema radica en que no se cuentan con técnicas propias para su producción, y en consecuencia su consumo está supeditada a la colección silvestre. El uso de cepas nativas, para la producción de hongos comestibles, es decir, cepas aclimatadas a nuestras condiciones, haría que la producción tenga la ventaja de producir setas en menor tiempo que si se usan cepas traídas del exterior. Esto nos estimula a investigar con relación a su cultivo y disponer de éstas en cualquier época, en cantidades que se deseen y suplir en parte el problema alimenticio.

Los hongos como organismos heterótrofos, necesitan de un tipo de sustrato para desarrollarse, lo que también influye grandemente en su producción, además de la especie a producir. Muchos hongos se desarrollan en sustratos lignocelulósicos bajo condiciones de humedad, temperatura y un grado



de degradabilidad de ésta, para alcanzar a desarrollarse. El estudio sobre los hongos cada vez cobra mayor importancia por su frecuente aprovechamiento en la industria, alimentación y medicina principalmente; sin embargo, en nuestra región amazónica y específicamente en la zona de Tingo María no se cuentan con estudios referido a éste recurso y en consecuencia no se tiene información relevante al tema; lo que hace que, se siga investigando la manera de como producir hongos comestibles propios de la zona usando además sustratos que provengan de la agroindustria. Contamos con muchos subproductos que derivan directa o indirectamente de la agricultura, tales como cáscara de cacao, aserrín de madera blanda (cajonería), cascarilla de granos de cacao, cascarilla de arroz, pulpa de café, bagazo de caña de azúcar, entre otros; que muy bien se podrían aprovechar como sustratos para la producción de setas comestibles.

Existe actualmente una fuerte tendencia al consumo de productos naturales y a buscar productos con un mayor valor agregado, en este caso no solo por ser un alimento nutritivo y de agradable sabor, sino también como activador del sistema inmune utilizado tanto para prevenir, así como también para curar diversas enfermedades.

Los residuos agrícolas, como la paja de arroz, el bagazo de caña, la coronta de maíz, entre otros que contenga buena cantidad de fibras no se utiliza o reutiliza adecuadamente y más bien se los lleva a los botaderos y se pierde sin darles un valor adicional, las cuales pueden ser foco de contaminación; por esto, nos planteamos la siguiente pregunta ¿Qué sustrato

de residuos agrícolas es el óptimo para producir el hongo comestible *Pleurotus djamor* bajo condiciones de Tingo María?

#### **Objetivo general:**

- Evaluar la producción del hongo comestible *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn aislado en Tingo María usando distintos sustratos de residuos agrícolas.

#### **Objetivos específicos**

- Evaluar la producción en base al peso fresco (g) del hongo *Pleurotus djamor* (Rumph. ex Fr.) Boedijn en los distintos sustratos de residuos agrícolas.
- Determinar el tiempo transcurrido entre la inoculación de la semilla del hongo y el inicio de fructificación de *Pleurotus djamor* (Rumph. ex Fr.) Boedijn en los distintos sustratos de residuos agrícolas.
- Evaluar la eficiencia biológica, rendimiento y tasa de producción del hongo *Pleurotus djamor* (Rumph. ex Fr.) Boedijn en los distintos sustratos de residuos agrícolas.

#### **Hipótesis:**

El sustrato de residuos agrícolas denominada paja de arroz en el más óptimo para la producción de *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn, en comparación a los demás sustratos utilizados en el estudio.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Los hongos y sus características distintivas

De manera general, la micología es la ciencia que estudia los hongos. El término hongo se deriva del latín "*fungus*" que significa seta y del griego "*sphongos*" que significa esponja. Se ha demostrado que los hongos son el grupo de organismos más numeroso en la Tierra después de los insectos. En efecto, se calcula que hay más de 1'500,000 especies de hongos, por lo que su impacto en el medio es enorme, considerando que existe una relación de cinco especies fúngicas por cada especie de planta que vive en el planeta; contrastando, marcadamente con las 70,000 descritas, por lo que son de los grupos de organismos más pobremente estudiados (GUZMÁN, 1998; HAWKSWORTH, 1991).

Es tan antiguo el conocimiento de los hongos, o al menos su utilización, en los que están implicados fenómenos de fermentación originados por hongos, o los ritos religiosos con hongos alucinógenos de los indígenas mexicanos y guatemaltecos. Los hongos son organismos eucariotes, con pared celular rara vez ausente y constituida principalmente de quitina. Su micelio está formado por estructuras ramificadas y filamentosas cuyos fructificaciones portan esporas. No tienen pigmentos clorofílicos y por lo tanto su nutrición es heterótrofa. Presentan reproducción sexual y asexual (TORMO, 1996).

Los hongos son clasificados en el reino Fungi. Lo que vemos del hongo es solamente el “fruto” del organismo. La parte viviente del hongo es un micelio constituido por un tejido de filamentos delgados llamados hifas. El micelio está oculto debajo del suelo, en madera, o en otras fuentes de alimento. Estos tejidos crecen hasta que aparecen los cuerpos fructíferos. Los hongos se alimentan absorbiendo nutrimentos del material orgánico en que viven, por lo que éstos secretan ácidos y enzimas que simplifican el material orgánico en partículas más fáciles de digerir y luego atraviesan la pared celular de la hifa. Algunos descomponen material orgánico como hojas muertas (saprofitos), otros se alimentan de células vivas causando enfermedades (parásitos). Los hongos infectan a plantas, animales y hasta a otros hongos (FOGEL, 1997). Los hongos micorrícicos viven en simbiosis con las plantas formando una asociación llamada micorriza, estableciendo con ellas una relación de dependencia o colaboración nutricional. En dicha asociación, el micelio envuelve (ectomicorrícicos), y a veces penetra (endomicorrícicos) las células de los ápices radicales de la planta. Ellos le proveen nutrientes minerales a las plantas a cambio de otros alimentos que el hongo no puede producir, entre ellos los carbohidratos (KOBOLD, 2000).

## **2.2. Sobre el hongo a cultivar**

El hongo comestible *Pleurotus djamor* es de consistencia carnosa y blanda, de color rosado a rosado pálido. El sombrero mide de 5 - 10 cm, muy excéntrico y variable, normalmente en forma de repisa. Láminas juntas, decurrentes hasta la base del pie, de color crema. Este hongo por lo general es

sapròfito, vive en maderas en estado de descomposición, tocones y ramas, en bosques cerrados y abiertos. Fructifica todo el año, siendo más común en época de invierno. Es comestible y muy apreciado (ARDÓN, 2007).

*Pleurotus djamor*, se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:

|         |                      |
|---------|----------------------|
| Reino   | : Fungi              |
| Filo    | : Basidiomycota      |
| Clase   | : Homobasidiomycetes |
| Orden   | : Agaricales         |
| Familia | : Pleurotaceae       |
| Género  | : <i>Pleurotus</i>   |
| Especie | : <i>P. djamor</i>   |

*Pleurotus djamor* (Fries) Boedjin. Sin: conocido también como seta salmón o del amor; es la especie con mayor distribución en los trópicos y subtrópicos. Su forma general es similar al *Pleurotus ostreatus*, pero difiere notablemente en el color que es salmón-rosa, que este depende de la edad y de la iluminación. Crece en maderas duras, en palmas, árbol de goma y hasta en bambú. Esta especie crece de forma silvestre en países tropicales, Su cultivo se inició en Europa, siendo Italia el más interesado.

El género *Pleurotus* representa a un grupo de hongos grandes (basidiomicetos) cuyo nombre proviene del griego “Pleura” el cual quiere decir

formado lateralmente o en posición hacia un lado y del latín otus (oreja) (SÁNCHEZ y ROYSE, 2001; GAITÁN, 2006). Estos grupos de organismos forman parte del grupo de pudrición blanda y pueden crecer sobre una gran variedad de desechos agrícolas. Los cuerpos fructíferos son solitarios o agrupados, macizos, carnosos en forma de concha o ménsula, el pie es céntrico o lateral, a menudo muy reducido o rudimentario, láminas decurrentes, esporada blanca lilácea (ARDÓN, 2007).

*Pleurotus* spp o más conocido como hongo ostra, son hongos que en ambiente natural crecen sobre árboles, tocones, arbustos y otras plantas leñosas, alimentándose a costa de su madera y destruyéndola. El cultivo de diversas especies de éste género está adquiriendo gran importancia, siendo el más conocido el *Pleurotus ostreatus* (ARDÓN, 2007; LEAL, 1981).

Entre los hongos comestibles que más se ha estudiado y cultivado hasta hoy es *Pleurotus ostreatus* debido a la facilidad de cultivo y a su gran potencial económico y calidad nutricional. Este hongo se desarrolla en la naturaleza preferentemente sobre residuos de material leñoso o rico en fibra como troncos, ramas y bagazos. Para su cultivo se puede utilizar otro tipo de materiales que contengan una composición similar a los residuos que utiliza para crecer en su ambiente natural. Dentro de estos materiales se encuentra los residuos agroindustriales (OEI, 2003).

El cultivo de *Pleurotus djamor*, produce satisfactoriamente dentro del intervalo comprendido entre los 20 °C a 30 °C; soporta bien, temperaturas

cálidas del orden de 30 °C durante la fructificación por su origen tropical. Estos límites son importantes para el control de las condiciones climáticas e influyen en los costos de producción por concepto de energéticos. Para otras especies del género, es recomendable no rebasar los 25 °C (OEI, 2003).

### **2.3. Los hongos comestibles, Importancia y valor nutritivo**

Taxonómicamente los hongos comestibles pertenecen al reino Fungí y en su mayoría a la División Basidiomicota, son consumidos hace miles de años no sólo por sus propiedades nutritivas y sabor, sino también por sus propiedades medicinales (BOA, 2005). Las especies comestibles de hongos asociados a poblaciones revelan arqueológicamente los más antiguos en el mundo en el país de Chile, de hace 13,000 años, pero es en China donde hay registros históricos de su consumo por primera vez varios siglos A.C. (ROJAS y NANSUR, 1995).

Los hongos son ricos en proteínas, que forman entre 19% y el 35% de su peso seco, menos que las carnes animales, pero más que alimentos como la leche. Las proteínas de los hongos contienen los nueve aminoácidos esenciales requeridos por el ser humano: el más abundante es la lisina y los menos representados, triptofano y metionina. Además, varias especies de hongos contienen compuestos nitrogenados como citrulina, glucosamina, etanolamina, ornitina y otros. Si se mide el valor nutritivo de los hongos sobre la base de su contenido de dichos aminoácidos esenciales, se concluye que es similar al de la carne y la leche, y significativamente más alto que el de la mayoría de las legumbres y verduras. El cultivo de setas comestibles es de un

ciclo de vida corto, requieren poco espacio y tienen un alto valor nutritivo. Los hongos son alimentos de alto valor nutritivo, con bajo contenido de carbohidratos y grasas, y significativas cantidades de proteínas y vitaminas. La composición química varía de acuerdo a la especie de hongo y el cultivar evaluado. Además, los hongos son excelentes alimentos para dietas, porque no engordan (BOTELHO y RAMOS, 1985; MIGNUCCI, 1986; GONZALES *et al.*, 2011).

El contenido de fibra de los hongos varía considerablemente, desde el 4% que se registra en la especie *Flammulina velutipes* hasta el 20% en el género *Auricularia* sp. Fibras de las llamadas dietéticas, que son excretadas sin digestión ni absorción, como quitina, glicina y heteropolisacáridos. Esas fibras absorben sustancias tóxicas y así evitan que atraviesen la pared intestinal y aceleran su excreción, con lo que disminuye su tiempo de permanencia en el intestino. Además, los hongos son también una buena fuente de minerales, sobre todo potasio, seguido de fósforo, magnesio y sodio; en alguna medida, también lo son de cobre y zinc, mientras que hierro, manganeso, molibdeno y cadmio tienen menor presencia (GONZALES *et al.*, 2011).

El contenido graso de los hongos es bajo: según la especie, varía entre el 1.1% y el 8.3% de su peso seco, con un promedio del 4%. En general, incluye todas las clases de lípidos, desde ácidos grasos libres, monoglicéridos, diglicéridos y triglicéridos hasta esteroides y fosfolípidos. Por lo menos el 72% de los ácidos grasos totales son no saturados, principalmente por la presencia de ácido linoleico. Los hongos son una buena fuente de vitaminas, incluyendo



tiamina (B<sub>1</sub>), riboflavina (B<sub>2</sub>), niacina, biotina, ácido ascórbico (C) y trazas de vitamina B<sub>12</sub> y D<sub>2</sub>. Su contenido varía con la especie. El contenido de riboflavina es mayor en los hongos que en los vegetales, y en los champiñones es mayor que en queso y huevo. Los hongos contienen entre el 47% y el 81% de carbohidratos: hexosas, pentosas, metilpentosas, oligosacáridos, aminoazúcares y azúcares alcohol. Los polisacáridos obtenidos de los hongos poseen una pronunciada importancia farmacológica; investigaciones muestran que 200 g de hongos secos son suficientes para el balance nutricional de un ser humano de 70 kilogramos (BOTELHO y RAMOS, 1985; GONZALES *et al.*, 2011).

El valor nutritivo de los hongos, influyen de alguna manera con el tipo de sustrato utilizado en la producción, y esto se puede comprobar realizando los análisis de los sustratos y el análisis de los hongos a producir. TOCAGÓN (2010), al producir *Pleurotus ostreatus* en cinco tipos de susustratos, reporta los valores que se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Valor nutritivo del hongo *Pleurotus ostreatus*.

|                |       |      |       |       |      |      |
|----------------|-------|------|-------|-------|------|------|
| Tamo de trigo  | 90.74 | 9.26 | 10.14 | 22.14 | 1.24 | 4.22 |
| Tamo de cebada | 91.51 | 8.49 | 13.15 | 22.32 | 1.55 | 4.08 |
| Tamo de avena  | 90.58 | 9.42 | 19.72 | 25.18 | 1.76 | 4.37 |
| Tamo de vicia  | 91.11 | 8.89 | 9.29  | 22.92 | 1.68 | 4.09 |
| Paja de paramo | 91.01 | 8.99 | 12.31 | 23.15 | 0.97 | 4.23 |

Fuente: Tocagón (2010). (\*) Enriquecidas con 20% de coronta molida, afrecho de cebada y carbonato de calcio.

Cuadro 2. Análisis proximal del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*.

| Especie                    | H %  | MS % | PC % | FC % | ELN % | EE % | C % |
|----------------------------|------|------|------|------|-------|------|-----|
| <i>Pleurotus ostreatus</i> | 82.9 | 17.1 | 9.2  | 24.2 | 55.9  | 0.43 | 5.8 |

Fuente: NARANJO *et al.* (2009).

#### 2.4. Substratos para la producción de hongos comestibles

Los hongos que crecen en substratos lignocelulósicos tales como la madera o la paja, excretan una mezcla de enzimas hidrolíticas y oxidantes que despolimerizan los componentes del sustrato, que según (VALENCIA y GARIN, 2001) están constituidos esencialmente por celulosa (45 a 60 por ciento), hemicelulosa (15 a 20 por ciento) y lignina (10 a 30 por ciento). Algunos hongos comestibles, como los del género *Pleurotus sp.*, tienen la habilidad de colonizar el rastrojo y degradar la lignina, además de la hemicelulosa y la celulosa contenida en el sustrato. Estos tipos de hongos son considerados como agentes primarios de descomposición porque son capaces de utilizar los desechos agroforestales en su forma natural sin que hayan sido sujetos a algún proceso de degradación bioquímica o microbiológica.

La bioconversión de los residuos agrícolas lignocelulósicos como fuente para la producción de hongos comestibles a través de procesos de fermentación sólida, representa una posibilidad biotecnológica para la obtención de alimento humano rico en proteínas y reducir el impacto ambiental de éstos, partiendo por lo general de materia prima de bajo costo (SÁNCHEZ y ROYSE, 2002).

La preparación de sustratos para hongos agentes primarios de descomposición no presenta problema muy serio, tan solo se requiere que el sustrato obtenga la humedad necesaria que posibilite el crecimiento y conseguir además un material uniforme en el caso de usar mezclas de diversos materiales o suplementos. Muchos hongos crecen en troncos de los árboles caídos o en proceso de descomposición, en pajas e cereales, o bien en suelos ricos en humus. Esto no excluye de ningún modo, a que sean cultivados en cierto tipo de desperdicios lignocelulósicos que en su mayoría son generados por la agroindustria en los que no se producen de manera natural. Se puede entender el sustrato como la tierra para las plantas que proporcionan los nutrientes necesarios. La mezcla de sustrato para el hongo *Pleurotus* sp. debe proporcionar nutrientes específicos requeridos para su cultivo (LEAL, 1981).

Cuadro 3. Fuentes nutricionales de los sustratos para el cultivo de hongos.

| Nutrientes  |                      | Materiales             |
|-------------|----------------------|------------------------|
| Orgánicos   | Fuentes de carbono   | Celulosa               |
|             |                      | Hemicelulosa           |
|             |                      | Proteína               |
|             | Fuentes de nitrógeno | Amino nitrógeno        |
| Inorgánicos |                      | K, P, Si, Fe, Mg, etc. |

Fuente: CHA *et al.* (1997).

Las principales fuentes nutricionales para el hongo del género *Pleurotus* sp. son la celulosa, hemicelulosas y la lignina. La proporción C/N es un factor importante para la composición óptima del sustrato para este hongo, pues requiere más carbono y menos nitrógeno, a diferencia del hongo *Agaricus bisporus* (champiñón). La mayoría de los materiales principales de los sustratos, como paja de cereal, residuo de algodón, bagazo de caña, aserrín, necesita de suplementación con fuentes de nitrógeno, como el salvado de trigo y arroz, para alcanzar la proporción óptima de C/N. Los materiales inorgánicos se incluyen normalmente en los materiales del sustrato y no necesitan suplemento adicional (CHA *et al.*, 1997).

Sería imposible establecer una única fórmula óptima de mezcla de sustrato que satisfaga perfectamente a todos, debido a que existen diferentes materiales que están disponibles a distintos precios en regiones diferentes. Por eso es recomendable que cada cultivador encuentre su mejor fórmula para la mezcla de sustrato, teniendo como referencia las fórmulas estándar de mezclas de sustrato.

Los hongos saprofiticos, poseen abundantes fuentes o recursos lignocelulósicos, lo que hace posible que se puedan cultivar y aprovechar una gran variedad de residuos agroforestales (YILDIZ *et al.*, 2002). En la zona de Tingo María se pueden usar: cáscara de café, bagazo de caña de azúcar, paja de arroz, tallos y hojas de maíz, entre otros. También se mezclan en diferentes proporciones, distintos residuos para mejorar los sustratos (SANCHEZ y ROYSE, 2001). Un sustrato es conveniente para el crecimiento de un hongo, si

contiene todos los requerimientos nutritivos en cantidad suficiente para que éste sintetice sus metabolitos y tome de él la energía que requiere (SÁNCHEZ, 2001).

Las especies de *Pleurotus spp.* crece de manera aceptable en diversos sustratos lignocelulósicos, por lo que pudiera pensarse que una cepa dada crecerá bien en cualquier sustrato posible. Esto no es cierto; existe una interrelación cepa-sustrato que debe respetarse para obtener rendimientos óptimos. Cada cepa tiene sus capacidades y requerimientos propios por lo que una vez que se han definido los componentes óptimos del sustrato, deben evitarse los cambios, a menos que hayan sido investigados previamente.

*Pleurotus ostreatus*, puede cultivarse sobre aserrín, residuos agrícolas lignocelulósicos, tallo de maíz picados, entre otros. Pero lo más utilizado es sobre paja de cereales (centeno, trigo, o cebada), cortada en trozos de 2 a 4 cm (SÁNCHEZ, 2001).

## **2.5. Nutrientes del sustrato para la producción de hongos comestibles**

### **2.5.1. Carbono**

El carbono es necesario para los hongos porque es la fuente directa de energía para su metabolismo; así mismo, es necesario para la formación de las diferentes partes y estructuras celulares. El carbono puede ser utilizado por el hongo a partir de diferentes fuentes como polímeros, carbohidratos, lípidos, etc. (SÁNCHEZ, 2001).

### **2.5.2. Azúcares**

En relación a este componente la glucosa, la manosa y la galactosa son buenos sustratos para esta especie, mientras que la xilosa y la arabinosa producen un crecimiento deficiente.

### **2.5.3. Lípidos**

La adición de aceites vegetales tiene un efecto benéfico para el crecimiento micelial de *P. sapidus* y *P. ostreatus* (SÁNCHEZ, 2001).

### **2.5.4. Nitrógeno**

*Pleurotus* sp. son capaces de crecer sobre fuentes inorgánicas de nitrógeno (nitrato de potasio o urea), aunque se observa que prefieren las fuentes orgánicas para un crecimiento óptimo. De tal manera indica que las necesidades de nitrógeno pueden cubrirse por las proteínas y aminoácidos que resultan de la descomposición químico-biológica de cuerpos orgánicos tales como: harinas, granos de cereales y estiércol (RODRÍGUEZ, 2007).

## **2.6. Fermentación (composteo)**

Por medio de la fermentación se logran varios objetivos, uno de ellos es hacer al sustrato homogéneo tanto desde el punto de vista químico (composición homogénea del sustrato), como físico, siendo este muy importante porque durante la fermentación se asegura una buena distribución de los componentes y un ablandamiento de la estructura de las pajas u otros materiales

de desecho empleado que les permite absorber agua dentro de sus fibras (LEAL, 1981).

Uno de los métodos que se usan es sumergir y luego reposarlo durante un periodo de 24 a 30 horas en una solución de agua y cal hidratada; después de este tiempo, se escurre aproximadamente durante 12 horas en verano y 24 horas en invierno. Para la solución de cal y agua, se utiliza 1.50 libras de cal por cada 10 galones de agua limpia. La cantidad de agua en el sustrato juega un papel importante en el cultivo de los hongos comestibles, ya que los cuerpos fructíferos constan de 90% de agua. Buena producción de hongos se obtiene con mezcla de 75% de olote de maíz más 25% de pulpa de café (CRUZ *et al*, 2010).

## **2.7. Factores ambientales**

Los factores ambientales incluyen temperatura, humedad relativa, luz, dióxido de carbono y acidez del sustrato, los cuales interactúan. A medida que la temperatura del cuarto de cultivo aumenta, la humedad relativa disminuye. Una temperatura más alta promueve el metabolismo del cuerpo fructífero, que, a su vez, aumenta su tasa de respiración y resulta en una producción de dióxido de carbono alta. Las especies de *Pleurotus* también necesitan condiciones ambientales diferentes en cada una de las fases de crecimiento. Durante la incubación, la humedad relativa apropiada es de 65 – 70% y el contenido de agua del sustrato es de 65%. La temperatura óptima para el crecimiento del micelio es de 20 - 25 °C, pero algunas cepas termófilas alcanzan su crecimiento óptimo a 25 – 35 °C. Los micelios de los hongos son

bastantes resistentes a la concentración alta de dióxido de carbono durante la incubación (WOO, 2005).

Una vez concluida la incubación, requiere la inducción para la formación de primordios, y esto se logra modificando el ambiente para que el micelio no pueda continuar con su crecimiento vegetativo y se convierta, por consiguiente, a un modo de crecimiento reproductivo, el que comienza con el crecimiento del cuerpo fructífero. La inducción se puede hacer mediante un choque frío, riego y luz. Una vez que brotan los primordios, es necesario interrumpir la inducción y mantener las condiciones ambientales que son favorables para fructificación (WOO, 2005).

Cuadro 4. Parámetros medioambientales para fructificación de *Pleurotus* sp.

| Especies                                       | T (°C) | HR (%) | CO <sub>2</sub> (ppm) | Luz (lux)          |
|--|--------|--------|-----------------------|--------------------|
| <i>P. citrinopileatus</i> (hongo ostra dorada) | 21-29  | 90-95  | < 1,000               | 500-1,000          |
| <i>P. cystidiosus</i> (hongo oreja de mar)     | 21-27  | 85-90  | < 2,000               | 500-1,000          |
| <i>P. djamor</i> (hongo ostra rosa)            | 20-30  | 85-90  | 500-1,500             | 750-1,500          |
| <i>P. eryngii</i> (hongo ostra rey)            | 15-21  | 85-90  | < 2,000               | 500-1,000          |
| <i>P. euosmus</i> (hongo ostra estragón)       | 21-27  | 85-90  | < 1,000               | 750-1,000          |
| <i>P. ostreatus</i> (hongo ostra de árbol)     | 10-21  | 90-95  | < 1,000               | 1,000-1,500 (2000) |
| <i>P. pulmonarius</i> (ostra phoenix o indio)  | 18-24  | 85-90  | 400-800               | 1,000-1,500 (2000) |
| <i>P. tuberregium</i> (ostra rey tubérculo)    | 30-35  | 85-90  | < 2.000               |                    |

Fuente: STAMETS (1993).

En el crecimiento reproductivo, la concentración de dióxido de carbono debe ser menor de 800 ppm, aunque este valor difiere según las cepas.



La formación del cuerpo fructífero también requiere una humedad relativa alta de hasta 80 – 95 % y una temperatura 10 °C más baja que para el crecimiento óptimo del micelio. Además, algunas cepas también necesitan luz de 50 – 500 lux para la formación de primordios (WOO, 2005).

En efecto, diversos autores han reportado que las condiciones de aireación, temperatura y humedad, principalmente, inciden directamente en la producción de carpóforos (ROYSE, 1989; GUZMÁN *et al.* 1993).

## **2.8. Etapas del cultivo de hongos comestibles en bloques esterilizados**

### **2.8.1. Semilla**

La semilla es la expansión de masa de micelio que busca potenciar metabólicamente al hongo para que se encuentre en condiciones ideales y así poder crecer eficientemente en los sustratos de producción (STAMETS, 2000).

El hongo se obtiene a partir de cultivos puros que se mantienen criopreservados en agar o de un aislamiento a partir de la zona himenial de un cuerpo fructífero. De estos cultivos se transfiere el micelio a tubos de ensayo que contienen agares nutritivos, y de allí a cajas de Petri o botellas planas que contienen agares nutritivos para hongos para incrementar el micelio. Luego se prepara la semilla utilizando granos de cereales como trigo, maíz, 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).

### **2.8.2. Inoculación**

Consiste en adicionar la semilla del hongo al sustrato ya preparado y estéril, y se debe realizar en un sitio cerrado sobre un mesón previamente desinfectado para evitar que se presente contaminación en la fase del establecimiento micelial (RODRÍGUEZ y GÓMEZ, 2001).

### **2.8.3. Incubación**

En la fase de incubación se busca que el micelio invada totalmente 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 metálicas o colocarse directamente en el suelo. Es necesario que la temperatura en el sitio de incubación permanezca alrededor de 20 a 28 °C, con una humedad relativa alrededor del 70 a 80% y escasa iluminación, teniendo en cuenta que estas características pueden variar dependiendo de la especie (FERNÁNDEZ, 2004).

En otros casos, cuando se tienen las bolsas o “pasteles”, como se les llama comúnmente a las bolsas ya sembradas, se procede a la incubación. Ésta es la primera etapa de la producción y consiste en proporcionar oscuridad

para que el hongo empiece a crecer o a invadir al sustrato. Para esto, se puede usar un cuarto oscuro con estantes de madera para colocar los “pasteles”, que posteriormente son trasladados a la cámara de producción, construida de forma independiente. En este caso, es necesario colocar nailon de polietileno negro alrededor, de 20 a 30 días, hasta que el micelio cubra todo el sustrato de las bolsas y éstas tomen un color blanco; cuando esto sucede, se quita la cubierta de nailon para permitir la entrada de luz, lo que favorece el desarrollo de los cuerpos fructíferos (CRUZ *et al.*, 2010).

La temperatura requerida por *Pleurotus ostreatus* en esta etapa es de 25 a 30 °C. La humedad debe estar entre 60 a 70%; no es necesario hacer riego si la humedad es controlada desde el momento de escurrir el sustrato; si alguna bolsa no tiene vapor o se ve deshidratada, debe aplicarse riego moderado con un atomizador de mano (CRUZ *et al.*, 2010).

#### **2.8.4. Fructificación**

La fase de fructificación comienza una vez el sustrato es invadido por el micelio del hongo y se logran observar primordios o pines, los cuales formarán el cuerpo fructífero. Para esta fase es necesario cambiar las condiciones del cultivo aumentando la humedad relativa y las condiciones de luminosidad para inducir la formación de los hongos. Para optimizar la fase de fructificación se debe manejar una temperatura diferente a la de incubación que se asemeje a la temperatura del hábitat natural donde crece el hongo (FERNÁNDEZ, 2004). De acuerdo a CRUZ *et al.* (2010), luego de la incubación

y al momento de quitar el plástico o nailon negro, se realizan varios cortes a la bolsa, con una cuchilla limpia. Estos espacios son para que los hongos crezcan y para que obtengan el 90% de oxígeno que necesitan para fructificar. La temperatura promedio para esta etapa es de 22 a 25 °C y la humedad aproximada debe ser de 70 a 80%. Los primordios aparecen aproximadamente ocho días después, se desarrollan completamente en seis o siete días alcanzando así su madurez comercial y un diámetro de 6 a 8 centímetros.

En más o menos siete o nueve semanas se pueden producir entre 100 y 200 kilos de *Pleurotus* sp. por tonelada de sustrato preparado y la producción puede escalonarse a lo largo del año, teniendo en cuenta que el ciclo total de cultivo supone entre 2 y 4 meses, repartidos así:

- De 15 a 30 días de incubación y crecimiento del micelio.
- De 15 a 20 días en la zona de cultivo.
- De 45 a 60 días de cosecha.

Una cepa ideal daría el 40 por 100 de la cosecha en la primera oleada y el resto en dos oleadas con 15 días de intervalo. Es necesario indicar que, existen dificultades del cultivo en regiones cálidas durante los meses de verano (GARCÍA, s/f).

### **2.8.5. Cosecha**

La cosecha es la fase en la cual se realiza la recolección de los cuerpos fructíferos. Comúnmente, se realiza de forma manual haciendo un

movimiento de torsión sobre la base del estipe 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 (GARCÍA, s/f).

## **2.9. Condiciones ambientales en la producción de *Pleurotus* spp**

Como todo organismo, los hongos requieren ciertas condiciones o factores ambientales óptimos para su buen desarrollo. Estas son: temperatura, humedad, pH, luz, ventilación (CASTILLO, 1987).

### **2.9.1. Temperatura**

En cuanto a la temperatura, el óptima para sembrar esta entre 24 a 25 °C (cuando todavía está un poco tibia), no debe sembrarse en paja fría porque retrasa el crecimiento, esto porque el micelio va a tardar más tiempo en elevar la temperatura dentro de la bolsa. La temperatura más adecuada para que se formen las setas suele ser de 10 - 25 °C por lo que el ambiente influye en el color del sombrero de las setas que será más oscuro si la temperatura es baja (GARCÍA, 1991).

### **2.9.2. El pH**

De manera general, los hongos crecen bien en medios ligeramente ácidos, es decir del 5.5 al 6.6 en el caso de *Pleurotus* sp., la adición de carbono

de calcio sirve para evitar que el pH baje mucho debido a la acción acidificante del micelio. Si el sustrato es muy ácido el hongo crecerá poco, no se alcanzarán las temperaturas ni el nivel de CO<sub>2</sub> recomendable y crecerán competidores (PÉREZ, 1996).

### **2.9.3. Humedad**

La humedad del ambiente debe ser alta, entre 90 y 95%, y esto se logra con un sistema de humidificador. GARCÍA (1991), recomienda que la humedad sea del (70 al 78%), esto varía según el sustrato, ya que algunos retienen más el agua que otros. Si hace falta humedad el hongo no se desarrolla bien porque el medio está seco, de lo contrario, si hay exceso de humedad, el agua ocupara todo el espacio y no habrá lugar para el intercambio de gases. Uno de los síntomas de exceso de humedad es la acumulación de escurrimientos en la base del recipiente, si empieza a haber ataques de bacterias el olor de estos escurrimientos será desagradable. La humedad del (95%) es otro factor indispensable que favorece la estimulación de los primordios del fruto del hongo, a fin de mantener esta humedad se dan un riego ligero por día en forma de nieva (PÉREZ, 1996).

### **2.9.4. Riego**

La condición de riego es un factor transcendental, aquí debe ser suficiente para que permanezcan húmedos (70 - 75%) de humedad. Es mejor si el agua sale nebulizada, y si se riega cuando las setas están creciendo conviene que después de cada riego se aumente un poco el aire fresco para

que se sequen las gotas que hayan caído sobre los sombreros (GARCÍA, 1991).

Durante todo el ciclo del cultivo del hongo, debe tenerse mucho cuidado de mantener la humedad aproximadamente de 70 a 80%, dentro de las bolsas en el módulo. Esto se logra haciendo aspersiones de agua limpia, pura y sin cloro, con atomizador manual todos los días o a cada dos días dependiendo de la temperatura del lugar. Durante el tiempo de incubación no es necesario regar las bolsas pues la humedad del sustrato, si es bien manejada cuando éste se escurre, puede ser suficiente para toda esa etapa.

Cuando la siembra del hongo se hace en época de verano, es posible que haya necesidad de hacer uno o dos riegos durante la incubación. El riego se debe hacer por medio de la ventana cubierta con gasa y durante la producción, se hace también por todos los cortes que se hacen a la bolsa. Debe mojarse el piso del módulo para mantener la humedad requerida y favorecer el desarrollo del hongo. Además, como se mencionó anteriormente, deben colocarse recipientes plásticos con agua en el piso para que todo el tiempo haya evaporación y se favorezca la humedad relativa dentro del módulo. En otros métodos de producción más tecnificados puede hacerse el riego por medio de micro aspersores electrónicos (CRUZ *et al.*, 2010).

#### **2.9.5. Luz**

Debe administrarse de 8 - 12 horas diarias, ya que sin ella las setas salen deformadas con pequeños sombreros pálidos y pies largos. Es suficiente

una luz que permita ver durante las horas diurnas para la formación de botones (GARCÍA, 1991).

#### **2.9.6. Ventilación**

Es fundamental la ventilación del local en la fase de producción, pues el contenido del aire en dióxido de carbono debe ser inferior al 0.07 por ciento. Si el contenido es mayor se retrasa el crecimiento y si llega a unos 0.2 por ciento se produce la muerte del hongo. Como cifras orientadoras de ventilación podemos indicar una renovación de 150 - 250 metros cúbicos de aire por hora y por cada tonelada de sustrato. Algunos autores aconsejan que la velocidad del aire a nivel de los bosques sea de unos 0.2 m por segundo (GARCÍA, 1991).

#### **2.10. Antecedentes de investigaciones con *Pleurotus djamor***

VEGA *et al.* (2006) estudiaron cepas silvestres de *Pleurotus djamor*, aisladas de diferentes provincias en Panamá, donde determinaron la eficiencia biológica (EB), el rendimiento (R) y la tasa de producción (TP), considerados como variables de respuesta. Seleccionaron la cepa que presentaron valores aceptables para su uso comercial. En referencia a la TP, observaron que no todas las cepas mostraron sus niveles más altos en la pulpa de café, aunque en promedio en este sustrato alcanzaron valores más altos que en la paja de arroz. El R de algunas cepas mostró valores más altos en la paja de arroz que en la pulpa de café, sin embargo, los promedios obtenidos en ambos sustratos fueron similares. La utilización de la pulpa de café como



sustrato único produce frecuentes problemas de contaminación, principalmente por mohos del género *Trichoderma*, razón por la cual no es utilizada a nivel industrial.

Al evaluar la eficiencia biológica (EB) de la seta de *Pleurotus eryngii* en paja de trigo sometida a dos tipos de tratamientos térmicos; cocción y pasteurización, reporta mayor EB de *P. eryngii* en la paja de trigo pasteurizada (42.8%), versus la sometida a cocción (28%) (MORENO, 2008).

*Pleurotus sp.*, es cultivado de una manera más práctica en composta de caña de azúcar pasteurizada y colocados en bolsas de plásticos. El local ideal para almacenar las bolsas inoculadas debe ser un área ventilada sujeta a una iluminación natural, cuidando que el sol no incida directamente sobre las bolsas para prevenir resecamientos (BOTELHO y RAMOS, 1985).

MIGNUCCI (1986) reporta que, para el cultivo del hongo comestible *Volvariella volvacea* en Puerto Rico, básicamente se ha concentrado, en primera instancia en evaluar y manejar diferentes mezclas de sustratos, y determinar la suplementación que requiere para lograr una alta producción de setas al nivel de invernadero.

Pruebas de aislamiento y cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en 11 diferentes medios de cultivo en laboratorio, logra mejores condiciones de micelio en trigo autoclavado, y resultados satisfactorios a temperatura de 28 °C y con oscuridad total; mientras que para el desarrollo de basidiocarpos es necesario la acción de la luz natural del laboratorio (RIOS y RUIZ, 1993).

El olote de maíz triturada hasta dejar pedazos de aproximadamente 3 centímetros de largo, favorece la invasión del micelio en todo el sustrato. La pulpa de café se usa sin triturar, únicamente se realiza un *composteo*, moviendo y tapando con nailon negro, para lograr el punto de fermento deseado que puede variar de 8 a 15 días dependiendo del lugar y del manejo, posteriormente se seca completamente la pulpa en un patio (CRUZ *et al*, 2010).

De los desechos de una industria de extracción de aceites esenciales a partir de diversas plantas, emplearon como sustratos para la producción de *Pleurotus ostreatus* en bolsas de 50 x 70 cm con orificios homogéneamente distribuidos, hojas de pimienta negra (*Piper nigrum*) con tres cosechas de hongos, alcanzando un total de 673 g y una eficiencia biológica de 56.79%. En las hojas de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) con tres cosechas, logran una producción total de 1,191 g y una eficiencia biológica de 81.85%. En las hojas de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) con cuatro cosechas, obtienen una producción de 825 g y una eficiencia biológica de 113.01% (MARTÍNEZ-CARRERA *et al.*, 1986).

Curvetto y colaboradores encontraron que la productividad de cinco diferentes cepas de *Pleurotus ostreatus* cultivado sobre testas de semilla de girasol y suplementadas con amonio y manganeso bajo condiciones controladas con temperatura de 21 °C, humedad relativa entre 80% y 90% y 12 horas de luz (1500 a 2000 lux), estuvo entre 1.2 kg y 3.0 kg de cuerpos fructíferos por 100 kg de sustrato seco por día (CURVETTO *et al.*, 2002).

Martínez al determinar la tasa de producción de *P. ostreatus* en olotes de maíz reporta un valor de 3.5 y de *Pleurotus djamor* en olotes de maíz reporta un valor de 2.6 (MARTÍNEZ, 2014).

Normalmente se cosechan tres oleadas de cada bolsa y el rendimiento es de aproximadamente un cuarto del peso seco del sustrato usado en la bolsa. Obtuvieron 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%. Después que completa la cosecha final, el sustrato residual puede usarse como abono (TAURACHAND, 2005).

Estudios realizados utilizando pulpa de café y paja de cebada como sustrato y realizando tres cortes en dos cepas (IE 38 y IE134), sobre la pulpa encontraron eficiencia biológica de 125% en 40 días de producción (VELÁSQUEZ *et al.* 2002). Mientras que en paja de cebada 56.5%. (Simones *et al.* 1995; citados por RODRIGUEZ, 1996). Probaron la fibra del fruto de coco (*Cocos nucifera*) en el cultivo de *Pleurotus ostreatus* mezclándolo con la pulpa de café en proporciones de 1:1 y 1:2, con diferentes periodos de fermentación; lograron una eficiencia biológica de 80.6%; para la proporción 1:1 la máxima fue de 120.5% a los 5 días de fermentación y para la proporción 1:2 fue de 152% a los tres días de fermentación. Bernabé *et al.* (1993), citados por RODRÍGUEZ (1996) obtuvieron una eficiencia biológica de 17.51% en la pulpa de café considerándose como buena para la producción de *Pleurotus ostreatus* (Martínez *et al.*, 1998; citados por GAITAN *et al.*, 2006).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

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

##### **3.1.1. Ubicación política**

La presente investigación se realizó en el laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación de la facultad de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria de la Selva; ubicado en el distrito Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco.

##### **3.1.2. Ubicación geográfica**

La ubicación geográfica tiene las siguientes coordenadas UTM; Este: 390312 y Norte: 8970774.

##### **3.1.3. Zona de vida y altitud**

De acuerdo a HOLDRIDGE (1987) la zona del Alto Huallaga corresponde a un bosque muy húmedo Pre Montano Tropical (bmh-PT) encontrándose inmerso en ella el área de la parcela experimental. El ambiente donde se desarrolló la investigación se encontraba a una altitud de 660 msnm.

##### **3.1.4. Clima**

La estación meteorológica del SENAMHI 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, siendo la temperatura media anual de 24.5 °C, la humedad relativa media anual es cercana al 80%, la precipitación media anual es de 3,300 milímetros.

La época de lluvias comienza en octubre y se prolonga hasta abril, Sin embargo, en los últimos años el régimen de lluvias y estiaje ha sufrido grandes variaciones en su intensidad, ocasionando inundaciones en las riberas de los ríos y sequías que han afectado a la agricultura.

### **3.1.5. Actividades económicas**

Según reportes del MINAG-DRA-Huánuco (s/f), el cultivo de cacao es el de mayor importancia económica en la provincia Leoncio Prado. Existen más de 3,800 hectáreas cultivadas con diferentes edades y variedades de cacao. Las plantaciones más antiguas sobrepasan los 35 años que fueron propagados por semillas. Debido a su avanzada edad y la falta de manejo tecnificado, muchas plantaciones ya han sido renovadas y/o rehabilitadas. En cambio, las plantaciones jóvenes tienen edades menores de 15 años, y en su mayoría, se encuentran en su plenitud productiva. Estas han sido propagadas por injerto (propagación asexual), con clones productivos.

El cacao fue un cultivo pionero en la colonización Tingo María-Tocache - Campanilla, de quien dependían miles de familias rurales por muchos años. Después vino el boom de la coca y el cacao pasó a ser un cultivo sin mayor importancia económica para la zona. Luego de las acciones de erradicación, los cacaotales seguían manteniéndose, pero dado los precios

bajos del grano en el mercado internacional, y el surgimiento del boom de la papaya, las plantaciones de cacao se volvieron a descuidar e incluso, se sustituyeron muchos cacaotales por plantaciones de papaya.

## **3.2. Materiales**

### **3.2.1. Material biológico**

El material biológico utilizado en las pruebas de cultivo con los distintos sustratos fue el hongo comestible *Pleurotus djamor*.

La cepa fue proporcionada por el Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación y de acuerdo a la ficha de colección, fue colectada del Jardín Botánico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva con coordenadas UTM de 389565 Este y 8971273 Norte del huso 18L a una altitud de 673 msnm, y responde al código FP-221. Aislado y conservado en tubos de ensayo en medio agar papa dextrosa. La replicas están conservadas en seco y en solución Formol Alcohol Agua (FAA).

### **3.2.2. Materiales y equipos**

Materiales de vidrio, cámara fotográfica digital, cámara de flujo laminar, autoclave, estufa, estereoscopio, microscopio.

### **3.2.3. Reactivos**

Medio de cultivo (agar para dextrosa, hipoclorito de sodio, alcohol de 96° y alcohol 70°).

### 3.3. Metodología

#### 3.3.1. Fase de Laboratorio

##### 3.3.1.1. Preparación del medio de cultivo

**Agar Papa Dextrosa.** En un vaso de precipitación, se agregó 1000 mL de agua destilada, se añadió luego 29 g de medio comercial y se calentó hasta hervir en una estufa por unos 10 min aproximadamente, de manera práctica hasta que el medio cambió de color a un tono más transparente. Esto fue agitado constantemente con una varilla de vidrio para homogenizar y diluir el medio.



Figura 1. Preparación de medio de cultivo agar papa dextrosa (PDA).

##### 3.3.1.2. Siembra de la cepa en los medios de cultivo

De los tubos de ensayo donde se mantienen las cepas, se cogieron fragmentos de aproximadamente 0.5 x 0.5 cm de micelio y fueron propagados

en placas Petri conteniendo medio agar papa dextrosa. Esta operación se hizo cuidadosamente en la cámara de flujo para evitar el riesgo de contaminación. Posteriormente, las placas sembradas fueron codificadas y selladas con parafilm.

### 3.3.1.3. Obtención del micelio semilla “spawn”

El micelio del hongo fue obtenido mediante cultivo en trigo autoclavado. Este micelio, posteriormente, fue propagado en envases de vidrio, en frascos medianos de boca relativamente ancha, a fin de obtener la cantidad de micelio deseado. Luego de 16 días el micelio ha colonizado el total del envase, con el cual se realizó la siembra en los sustratos.



Figura 2. Micelio de *Pleurotus djamor* en granos de trigo, listo para inocular en los sustratos.

## 3.3.2. Fase de campo

### 3.3.2.1. Obtención y fermentación del sustrato

Los sustratos: bagazo de caña de azúcar, coronta de maíz y paja de arroz fueron obtenidos de productores del campo, los que fueron cortados



manualmente con un machete en pedazos de aproximadamente 2 a 5 cm de largo. Este material, fue sometido a proceso de fermentación por un periodo de 8 días, humedecido y cubierto con plástico negro para generar mayor temperatura y lograra la actividad de mayor cantidad de microorganismos degradadores primarios.



Figura 3. Tipos de sustratos: A) bagazo de caña de azúcar, B) coronta de maíz, C) paja de arroz.

### 3.3.2.2. Semi-esterilización térmica y enfriado del sustrato

Los sustratos previamente fermentados fueron esterilizados a través de vapor caliente generados al hervir a fuego con leña en un equipo casero construido a base de un bidón con tapa, en cuyo interior se colocaron una parrilla construida de fierro de 30 cm de altura desde la base del bidón, esto con la finalidad de que el sustrato depositado en costales de rafia no tenga contacto con

el agua depositado por debajo del nivel de la parrilla. El sustrato fue esterilizado por 6 horas (Figura 4). Culminado la semi-esterilización, el sustrato ha escurrido el agua en el bidón por 24 horas.



Figura 4. Semi-esterilizado del sustrato en cilindro acondicionado, mediante fuego con leña.

### **3.3.2.3. Siembra del micelio (inoculación) del hongo en los sustratos**

El sustrato semi-esterilizado fue esparcido en una mesa limpia previamente desinfectada con alcohol a 96°; seguidamente, se sembraron los granos de trigo con micelio antes obtenida en el laboratorio a una tasa de inoculación de 5% del peso seco del sustrato (Figura 9-B, Anexo B). Posteriormente, se colocaron 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 (Figura 5-A), éstos fueron rotulados de acuerdo a los tratamientos establecidos y colocados en un estante para su incubación (Figura 5-B). Toda esta actividad se realizó con mucha higiene, utilizando guantes y mascarillas.

#### 3.3.2.4. Incubación e inducción del micelio sembrado en los sustratos

El sustrato en las bolsas sembradas con el micelio del hongo, fueron colocadas en un andamio de madera previamente construidas (Figura 5-A), el cual fue recubierto con plástico negro para obtener un ambiente oscuro, esto con la finalidad de que el micelio crezca con mayor rapidez, así como también para que el sustrato obtenga mayor temperatura (Figura 5-B).



Figura 5. (A) Bolsas de plástico transparente con el sustrato sembrado de micelio del *Pleurotus djamor*, (B) incubación de las bolsas recubierto de plástico negro.

La inducción se dio inicio luego de 13 días después de la inoculación o siembra del micelio del hongo, al quitar el plástico negro que recubría el andamio, y automáticamente el micelio blanco propagado en el sustrato obtiene el estímulo de la luz natural, aireación y mayor humedad logrado a través de los riegos al piso. Esto para promover y activar la fructificación del hongo.

### 3.3.2.5. Fructificación del hongo

Etapa de producción de los basidiocarpos del hongo y evaluación de la producción.



Figura 6. Fructificación: A) basidiocarpos de *P. djamor* en los distintos sustratos, B) medición del peso de los basidiocarpos realizados diariamente.

## 3.4. Diseño experimental

### 3.4.1. Tipo y nivel de investigación

El diseño utilizado fue experimental comparativo, que busca encontrar el mejor sustrato para la producción de basidiocarpos del hongo.

### 3.4.2. Diseño estadístico

Se emplearon el Diseño Completamente al Azar (DCA) con 4 tratamientos y 8 repeticiones. Para la prueba de comparación de medias se usaron la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad. Se manejaron datos de los promedios de producción del hongo.

Cuadro 5. Distribución de los tratamientos establecidos.

| Tratamiento    | Bagazo de caña | Coronta de maíz | Paja de arroz | Total (%) |
|----------------|----------------|-----------------|---------------|-----------|
| T <sub>1</sub> | 100            |                 |               | 100       |
| T <sub>2</sub> | 50             | 50              |               | 100       |
| T <sub>3</sub> |                | 100             |               | 100       |
| T <sub>4</sub> |                |                 | 100           | 100       |

### 3.5. Recolección de datos

Las variables medidas fueron tomadas de acuerdo a la metodología utilizada por LÓPEZ *et al.* (2008).

#### 3.5.1. Peso fresco (g) en la producción de *Pleurotus djamor* en los distintos sustratos de residuos agrícolas

El peso fresco en gramos de los hongos, de acuerdo a los tratamientos fue obtenido pesando en una balanza digital los basidiocarpos maduros cosechados diariamente.

### 3.5.2. Tiempo entre la inoculación de la semilla y el Inicio de fructificación de *Pleurotus djamor* en los distintos sustratos de residuos agrícolas

Datos registrados en número de días, contados desde la inoculación del micelio en el sustrato hasta la primera fructificación del hongo, es decir la colonización del micelio del hongo en los sustratos y el inicio de la fructificación.

### 3.5.3. Eficiencia biológica, tasa de producción y rendimiento en distintos sustratos de residuos agrícolas

La eficiencia biológica (EB %) radica en la producción de los cuerpos fructíferos, es decir, la bioconversión de la energía y la biodegradación del sustrato (SÁNCHEZ y ROYSE, 2001). Se expresa en porcentaje y la fórmula para obtenerla es la siguiente:

$$EB = \frac{\text{Peso total del hongo fresco cosechado (g)}}{\text{Peso del sustrato seco (g)}} \times 100$$

Con el % EB se determinó la tasa de producción (%TP), también llamada promedio diario de la eficiencia biológica, con la siguiente relación matemática:

#### Tasa de producción

$$TP (\%) = \frac{\text{Eficiencia Biológica (\%)}}{\text{Ciclo de producción, Tiempo en días (desde la inoculación a la cosecha)}}$$

## Rendimiento (%)

Peso fresco total de los hongos cosechados en gramos (g) sobre el peso del sustrato húmedo, multiplicado por 100.

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

### 3.6. Variables

#### 3.6.1. Variable independiente:

- Residuos agroindustriales.

#### 3.6.2. Variables dependientes:

- Peso fresco del hongo comestible
- Tiempo entre la siembra y el inicio de la fructificación.
- Eficiencia biológica.
- Rendimiento.

### 3.7. Procesamiento de resultados y análisis estadístico

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

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Producción de *Pleurotus djamor* (Rumph. ex Fr.) Boedijn en peso fresco (g) en distintos sustratos de residuos agrícolas

El Análisis de Varianza (ANVA), muestra que los diferentes sustratos tuvieron efectos significativos ( $p = 0.002$ ) con respecto al peso fresco expresado en gramos en la producción del hongo comestible *Pleurotus djamor* (Cuadro 6).

Cuadro 6. ANVA para el peso fresco (g) en la producción de *Pleurotus djamor* en distintos tipos de sustratos.

| Fuente de variación | GL | SC         | CM        | Fc    | Sig.   |
|---------------------|----|------------|-----------|-------|--------|
| Tratamientos        | 3  | 83247.198  | 27749.066 | 6.701 | 0.002* |
| Error experimental  | 26 | 107663.844 | 4140.917  |       |        |
| Total               | 29 | 190911.042 |           |       |        |

\*: Existe diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).

La prueba de comparación de medias de Tukey al 5% para la variable peso fresco del hongo, muestra que el sustrato paja de arroz tiene la media más alta ( $p < 0.05$ ), ubicándola en primera posición con respecto a los demás (Cuadro 7).



Cuadro 7. Prueba Tukey para el peso fresco (g) en la producción de *Pleurotus djamor* por efecto de distintos tipos de sustratos.

| Mérito | Tipo de sustratos                | Media  | Significancia |
|--------|----------------------------------|--------|---------------|
| 1      | Paja de arroz                    | 199.31 | a             |
| 2      | Coronta de maíz                  | 111.13 | ab            |
| 3      | Bagazo de caña + coronta de maíz | 110.50 | ab            |
| 4      | Bagazo de caña                   | 57.00  | b             |

Letras distintas muestran diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).

La producción de basidiocarpos del hongo *Pleurotus djamor* en peso fresco total en los sustratos, se aprecia en la Figura 7, donde el sustrato constituido por paja de arroz supera en producción a los demás sustratos.

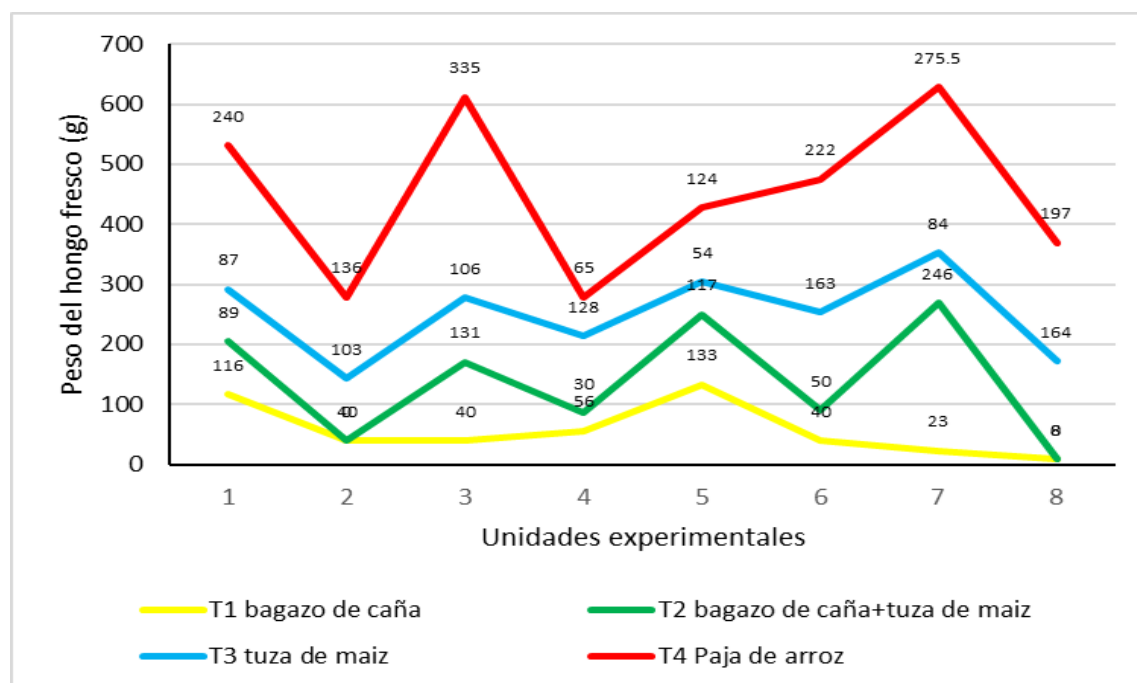


Figura 7. Peso fresco total de los basidiocarpos de *P. djamor* por tratamiento y unidades experimentales.

#### 4.2. Tiempo entre la inoculación de la semilla y el Inicio de fructificación de *Pleurotus djamor* (Rumph. ex Fr.) Boedijn en distintos sustratos de residuos agrícolas

El ANVA muestra que, los distintos sustratos utilizados tuvieron efectos significativos ( $p < 0.001$ ) con respecto al tiempo entre la inoculación de la semilla y el inicio de fructificación (incubación) de *Pleurotus djamor* (Cuadro 8).

Cuadro 8. ANVA del tiempo entre la inoculación de la semilla y el Inicio de fructificación de *Pleurotus djamor* por efecto de los distintos tipos de sustratos.

| Fuente de variación | GL | SC      | CM     | Fc     | Sig.    |
|---------------------|----|---------|--------|--------|---------|
| Tratamientos        | 3  | 130.792 | 43.597 | 15.039 | <0.001* |
| Error experimental  | 26 | 75.375  | 2.899  |        |         |
| Total               | 29 | 206.167 |        |        |         |

\*: Existe diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).

La prueba Tukey al 5% referido a la variable tiempo entre la inoculación de la semilla y el inicio de fructificación de *Pleurotus djamor*, muestra que el sustrato paja de arroz tiene la media más baja ( $p < 0.05$ ), ubicándola en primera posición con respecto a los demás sustratos, debido a que en menor tiempo (13 días después de la siembra de micelio) ha iniciado la producción de basidiocarpos (Cuadro 9).

Cuadro 9. Prueba Tukey del tiempo entre la inoculación de la semilla y el inicio de fructificación (incubación) de *Pleurotus djamor* a efecto de distintos tipos de sustratos.

| Mérito | Tipo de sustratos                | Media | significancia |
|--------|----------------------------------|-------|---------------|
| 1      | Paja de arroz                    | 13.75 | a             |
| 2      | Coronta de maíz                  | 16.50 | b             |
| 3      | Bagazo de caña                   | 18.63 | bc            |
| 4      | Bagazo de caña + coronta de maíz | 19.00 | c             |

Letras distintas muestran diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).

#### 4.3. Eficiencia biológica, rendimiento y tasa de producción de *Pleurotus djamor* en distintos sustratos de residuos agrícolas

El ANVA muestra que, los distintos sustratos utilizados tuvieron efectos significativos con respecto a la eficiencia biológica en la producción del hongo comestible *P. djamor* (Cuadro 10).

Cuadro 10. ANVA de eficiencia biológica en la producción de *Pleurotus djamor* por efecto de distintos tipos de sustratos.

| Fuente de variación | GL | SC        | CM       | Fc     | Sig.    |
|---------------------|----|-----------|----------|--------|---------|
| Tratamientos        | 3  | 21117.678 | 7039.226 | 15.785 | <0.001* |
| Error experimental  | 26 | 11594.814 | 445.954  |        |         |
| Total               | 29 | 32712.492 |          |        |         |

\*: Existe diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).

La prueba Tukey referido a la eficiencia biológica en la producción del hongo, muestra que el sustrato paja de arroz tiene la media más alta ( $p < 0.05$ ), ubicándola en primera posición con respecto a los demás (Cuadro 11).

Cuadro 11. Prueba Tukey para la eficiencia biológica (%) en la producción de *Pleurotus djamor* por efecto de distintos tipos de sustratos.

| Mérito | Tipo de sustratos                | Media | significancia |
|--------|----------------------------------|-------|---------------|
| 1      | Paja de arroz                    | 79.09 | a             |
| 2      | Bagazo de caña + coronta de maíz | 22.37 | b             |
| 3      | Bagazo de caña                   | 19.72 | b             |
| 4      | Coronta de maíz                  | 16.49 | b             |

Letras distintas muestran diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).

Los valores de la media de eficiencia biológica en la producción del hongo comestible *Pleurotus djamor*, señala que la mayor eficiencia biológica alcanzó el sustrato paja de arroz; seguido del bagazo de caña de azúcar + coronta de maíz; y el menor promedio el sustrato coronta de maíz (Cuadro 11).

### **Rendimiento:**

El ANVA muestra que, los distintos sustratos utilizados tuvieron efectos significativos con respecto al rendimiento en gramos por unidad experimental en la producción de *Pleurotus djamor* (Cuadro 12).

Cuadro 12. ANVA del rendimiento en la producción de *Pleurotus djamor* por efecto de distintos tipos de sustratos.

| Fuente de variación | GL | SC       | CM      | Fc     | Sig.    |
|---------------------|----|----------|---------|--------|---------|
| Tratamientos        | 3  | 1113.565 | 371.188 | 12.777 | <0.001* |
| Error experimental  | 26 | 755.317  | 29.051  |        |         |
| Total               | 29 | 1868.882 |         |        |         |

\*: Existe diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).

La prueba Tukey referido al rendimiento en la producción del hongo, muestra que el sustrato paja de arroz tiene la media más alta ( $p < 0.05$ ), ubicándola en primera posición con respecto a los demás (Cuadro 13).

Cuadro 13. Prueba Tukey del rendimiento por unidad experimental en la producción de *Pleurotus djamor* por efecto de distintos tipos de sustratos.

| Mérito | Tipo de sustratos                          | Media | significancia |
|--------|--|-------|---------------|
| 1      | Paja de arroz                              | 19.54 | a             |
| 2      | Bagazo de caña de azúcar + coronta de maíz | 6.91  | b             |
| 3      | Coronta de maíz                            | 6.82  | b             |
| 4      | Bagazo de caña de azucar                   | 4.38  | b             |

Letras distintas muestran diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).

En el Cuadro 13, se muestran los valores de la media en el rendimiento de la producción de *Pleurotus djamor*. Se puede observar que el

mayor rendimiento en la producción del hongo comestible, la alcanzó el sustrato constituido por paja de arroz; seguido del sustrato bagazo de caña de azúcar + coronta de maíz; y el menor promedio el sustrato bagazo de caña de azúcar.

### Tasa de producción:

El análisis de la varianza realizado para la tasa de producción muestra que, los distintos sustratos utilizados tuvieron efectos significativos ( $P < 0.001$ ) con respecto a la tasa de producción del hongo comestible *Pleurotus djamor* (Cuadro 14).

Cuadro 14. ANVA de la tasa de producción del *Pleurotus djamor* por efecto de distintos tipos de sustratos.

| Fuente de variación | GL | SC      | CM     | Fc     | Sig.    |
|---------------------|----|---------|--------|--------|---------|
| Tratamientos        | 3  | 126.375 | 42.125 | 18.808 | <0.001* |
| Error experimental  | 26 | 58.234  | 2.240  |        |         |
| Total               | 29 | 184.609 |        |        |         |

\*: Existe diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).

La prueba de comparación de medias de Tukey referido a la tasa de producción del hongo, muestra que el sustrato paja de arroz tiene la media más alta ( $p < 0.05$ ), ubicándola en primera posición con respecto a los demás (Cuadro 15).

Cuadro 15. Prueba Tukey de la tasa de producción de *Pleurotus djamor* por efecto de distintos tipos de sustratos.

| Mérito | Tipo de sustratos                | Media | significancia |
|--------|----------------------------------|-------|---------------|
| 1      | Paja de arroz                    | 5.75  | a             |
| 2      | Bagazo de caña + coronta de maíz | 1.27  | b             |
| 3      | Bagazo de caña                   | 1.09  | b             |
| 4      | Coronta de maíz                  | 1.03  | b             |

Letras distintas muestran diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).

En el Cuadro 15, se muestran los valores de la media en la tasa de producción para la especie de hongo comestible *Pleurotus.djamor*. Se puede apreciar que la mayor tasa de producción, la alcanzó el sustrato paja de arroz; seguido del bagazo de caña de azúcar + coronta de maíz; y el menor promedio el sustrato coronta de maíz.

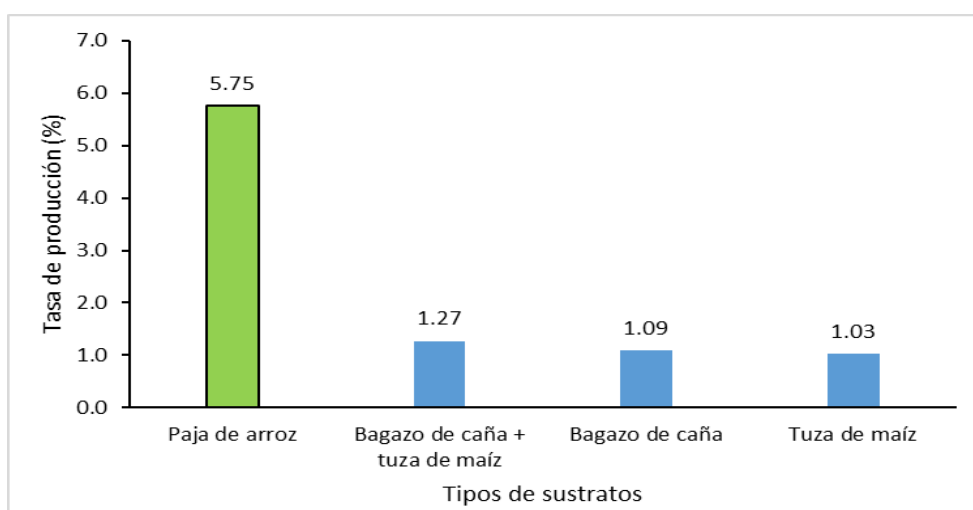


Figura 8. Tasa de producción (%) del hongo comestible *Pleurotus djamor* en cuatro sustratos distintos.

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. De la producción en peso fresco (g) del hongo comestible

Los frutos (basidiocarpos) de *Pleurotus djamor* brotaron a 13 días después de la siembra del micelio en el sustrato paja de arroz, siendo el que en menor tiempo ha generado fructificación con respecto a los demás sustratos. En peso fresco, se ha logrado una producción media de 199.31 gramos con el sustrato paja de arroz, superando grandemente al sustrato coronta de maíz con 111.13 g, la combinación de bagazo de caña de azúcar + coronta de maíz con 110.50 g y con solo bagazo de caña de azúcar 57.00 g (Cuadro 7). Posiblemente el sustrato paja de arroz ha logrado la mayor producción de basidiocarpos por ser un sustrato más blando y de mayor facilidad para ser degradable con respecto a los demás. Al respecto, se debe tener en cuenta que la biodegradabilidad de los residuos utilizados, está en función del contenido relativo de biomoléculas fácilmente degradables (azúcares solubles y de bajo peso molecular, grasas, proteínas, almidón, hemicelulosa y celulosa) y componentes de lenta degradación (ceras, ligninas y otros polifenoles), por cuanto el hongo tiene que utilizar su variedad de enzimas para degradar y adaptarse al sustrato utilizándolo como fuente de carbono (IRIARTE, 2003).

Asimismo, está demostrado que la lignina no es una fuente aprovechable para el crecimiento de los hongos sin la presencia de un co-



sustrato (KIRK, 1987). Para esto, se puede mezclar al sustrato con azúcar comercial (sacarosa) como fuente de carbono simple, para darle condiciones al hongo y de esa manera pueda adaptarse sus enzimas a las fuentes de carbono complejas de los sustratos (FERNÁNDEZ, 2004).

CURVETTO *et al.* (2002) indican que al utilizar cinco diferentes cepas de *Pleurotus ostreatus* cultivado sobre testas de semilla de girasol y suplementadas con amonio y manganeso bajo condiciones controladas con temperatura de 21 °C, humedad relativa entre 80% y 90% y 12 horas de luz (1500 a 2000 lux), reportan una productividad de 1.2 kg y 3 kg de cuerpos fructíferos por 100kg de sustrato seco por día.

Otro aspecto importante que creemos que haya influido en la notable diferencia en la producción de *Pleurotus djamor*, es la fermentación del sustrato, la paja de arroz por ser blanca no es necesario fermentarlo más que por unos días para su humedecimiento, mientras que bagazo de caña de azúcar y la coronta de maíz deben tener una fermentación o composteo por más 20 o 30 días o hasta que cambie a un color parduzco. La fermentación genera al sustrato mayor homogeneidad tanto desde el punto de vista químico (composición homogénea del sustrato), como físico, siendo éste muy importante porque durante la fermentación se asegura una distribución de los componentes y un ablandamiento de la estructura de las pajas u otros materiales de desecho empleado que les permite absorber agua dentro de sus fibras (LEAL, 1981).

En la presente investigación, la fermentación del bagazo de caña de azúcar y de coronta de maíz fue realizada humedeciendo con agua diariamente

por 12 días y volteando a cada 3 días, el cual creemos que fue insuficiente para humedecer y lograra el ablandamiento de las fibras. La cantidad de agua en el sustrato juega un papel importante en el cultivo de los hongos comestibles, ya que los cuerpos fructíferos constan de 90% de agua. Al respecto, buena producción de *Pleurotus* sp. ha obtenido mediante la mezcla de 75% de olote de maíz más 25% de pulpa de café como lo reportaron en su investigación CRUZ *et al.* (2010).

MOJICA y MOLANO (2006) indican que, todos los sustratos utilizados poseen alto contenido de carbono, puesto que los hongos que realizan la descomposición aeróbica de un sustrato requieren de una mayor presencia de carbono que de nitrógeno a fin de tener un ambiente óptimo para su crecimiento y desarrollo. *Pleurotus djamor*, hongo comestible con el cual se planteo esta investigacion, fue aislado en Tingo Maria, donde las condiciones climáticas son de las mas apropiadas (favorables) asi como de otros *Pleurotus* sp.

Es importante considerar que las condiciones ambientales y la capacidad de desarrollo micelial de cada especie, influye en la fructificación, por lo que la adaptación marca una diferencia numérica en cada una. Este hongo, produce satisfactoriamente dentro del intervalo comprendido entre los 20° a 30 °C; soporta bien, temperaturas cálidas del orden de 30°C durante la fructificación por su origen tropical. Estos límites son importantes para el control de las condiciones climáticas, para otras especies del género, es recomendable no rebasar los 25 °C (OEI, 2003).

## **5.2. Del tiempo entre la siembra y el Inicio de fructificación del hongo comestible**

El sustrato paja de arroz de acuerdo al Cuadro 9, ha alcanzado producir basidorcarpos del hongo *Pleurotus djamor* en un periodo de tiempo de 13.75 días como media. Esto se debe posiblemente a que este sustrato contenga mayor porosidad y ablandamiento en la bolsa, además de esto, mayor aireación, el cual permitió mejores condiciones para que el micelio crezca e invada el sustrato con facilidad y en consecuencia aparezcan en menor tiempo los frutos del hongo. Es bueno considerar que *Pleurotus spp*, crecen de manera aceptable en diversos sustratos lignocelulósicos, pero a la vez debe tomarse en cuenta que existe una interrelación cepa-sustrato que debe considerarse en la obtención de los rendimientos. Por lo que cada cepa, tiene su propio vigor y requerimientos convenientes (FERNÁNDEZ, 2004).

Otro aspecto que debe tenerse en cuenta es la compactación del sustrato. No es bueno que el sustrato este muy compacto porque reduce espacios vacíos y en consecuencia la aireación, y esto reduce el crecimiento del micelio del hongo en menor tiempo. En este caso, la paja de arroz al ser embolsado no debe aplastarse ni compactarse mucho de tal modo que el tiempo de corrida o propagación del micelio en los sustratos sea el adecuado. El resultado obtenido concuerda con investigaciones logradas con paja de arroz, reportándose como el sustrato más blando y con mayor aireación y por lo tanto con mayor disponibilidad de oxígeno, el cual es indispensable para el crecimiento y desarrollo del micelio (HAMI, 1990).

### 5.3. De la eficiencia biológica (EB), rendimiento (R) y tasa de producción (TP) del hongo comestible

En cuanto a la eficiencia biológica de la producción de *Pleurotus djamor* en los distintos sustratos investigados, el sustrato paja de arroz fue el único que alcanzó el valor aceptable (79.09%). Al respecto, la calidad productiva de un sustrato se considera como aceptable a partir de eficiencias biológicas de 50%. Es decir, el total de peso fresco de hongos producidos de una bolsa de sustrato corresponderá al total del peso seco del mismo sustrato (FERNÁNDEZ, 2004), en consecuencia *Pleurotus djamor* producidos en paja de arroz supera el 50% de eficiencia biológica, por lo que se considera aceptable bajo las condiciones estudiadas. El sustrato paja de arroz ha reportado la mayor eficiencia biológica, rendimiento y la mayor tasa de producción del basidiocarpos de *P. djamor* con respecto a los demás sustratos utilizados. Obteniéndose una EB de 79.09% en paja de arroz, 22.37% en bagazo de caña de azúcar + coronta de maíz, 19.72 % en bagazo de caña de azúcar y 16.49% en coronta de maíz. VEGA *et al.* (2006), al estudiar cepas silvestres de *P. djamor*, aisladas y seleccionadas lograron EB con valores aceptables para su uso comercial. Asimismo, al evaluar la eficiencia biológica (EB) de la seta de *Pleurotus eryngii* en paja de trigo sometida a dos tipos de tratamientos térmicos; cocción y pasteurización, reporta mayor EB de *P. eryngii* en la paja de trigo pasteurizada (42.8%), versus la sometida a cocción (28%) (MORENO, 2008). Siendo estos valores menores a los logrados en la presente investigación. De igual modo, de desechos de una industria de extracción de aceites esenciales a partir de diversas plantas, emplearon como sustratos para

la producción de *Pleurotus ostreatus* hojas de pimienta negra (*Piper nigrum*) con tres cosechas de hongos, alcanzando una eficiencia biológica de 56.79%. En las hojas de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) con tres cosechas, logran eficiencia biológica de 81.85%. En las hojas de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) con cuatro cosechas, obtienen una eficiencia biológica de 113.01% (MARTÍNEZ-CARRERA *et al.*, 1986).

La eficiencia biológica de la producción de hongos comestibles en distintos tipos de sustratos, está relacionada a factores como: la calidad del inóculo (días de inoculación), el grado de desarrollo de la reproducción de la semilla secundaria en el sustrato inoculado, el grado de contaminación de la semilla, y el grado de descomposición del sustrato para el cultivo de hongos (MARTÍNEZ, 2014).

Con respecto al rendimiento, el sustrato que presentó mayor rendimiento por unidad experimental (bolsa) fue el sustrato paja de arroz, indicando que, cada bolsa de sustrato tuvo un peso promedio de 252 g y esto a la vez ha producido 199.313 g de hongo fresco en promedio. En consecuencia, por cada kg de sustrato se estaría produciendo 790.9 g de hongo en promedio. Por esta razón, a escala industrial se recomienda el sustrato paja de arroz para el cultivo de *Pleurotus djamor*. Los sustratos con menores rendimientos por unidad experimental fueron: coronta de maíz (111.125 g) la combinación de bagazo de caña + coronta de maíz (82.875 g) y bagazo de caña (57 g), puede observar el Cuadro 19 del Anexo. Es importante considerar que las condiciones ambientales y la capacidad de desarrollo del micelio de cada especie interviene

en la fructificación. Por lo cual la adaptación marca una diferencia numérica en cada una (MARTÍNEZ, 2014).

En cuanto a la tasa de producción de *Pleurotus djamor*, en este caso el sustrato que aporta las mejores tasas de producción fue también la paja de arroz con un valor de 5.75 %/día, superando a los demás sustratos. De igual forma, esto se debe a la consistencia blanda que presenta la paja de arroz, donde fácilmente absorbe el agua, pero además quizás cuenta con un alto grado de materia seca, de fibra cruda, cenizas, calorías, etc.; que podría ser objeto de otra investigación. Este sustrato paja de arroz, puede considerarse como la mejor opción para el cultivo de *P. djamor*. (MARTÍNEZ, 2014); reporta para *P. djamor* una tasa de producción de 2.6 en sustrato a base de olotes de maíz y en caña de azúcar 2.1 como tasa de producción. Estos resultados son similares a los encontrados en la presente investigación. Martínez al determinar la tasa de producción de *P. ostreatus* en olotes de maíz reporta un valor de 3.5 y de *P. djamor* en olotes de maíz reporta un valor de 2.6 (MARTÍNEZ, 2014).

## VI. CONCLUSIONES

1. Se concluye que la cascarilla de arroz seca con tres días de humedecimiento tuvo mejor respuesta en producción de peso fresco del hongo comestible *Pleurotus djamor*.
2. La más alta eficiencia biológica, rendimiento y tasa de producción de basidiocarpos de *Pleurotus djamor* fue obtenida con el sustrato paja de arroz.
3. Se concluye que se puede mejorar el manejo del bagazo de caña de azúcar, coronta de maíz y sus combinaciones en la producción de hongos comestibles.
4. Las unidades experimentales donde se utilizaron bagazo de caña de azúcar, bagazo de caña de azúcar + coronta de maíz y coronta de maíz en 100%, presentaron buen desarrollo del micelio, pero no ha respondido a una buena fructificación del hongo, sin embargo, se puede tener como una opción importante si no se cuenta con otros sustratos.

## VII. RECOMENDACIONES

1. La paja de arroz como sustrato para la producción del hongo comestible *Pleurotus djamor*, representa la mayor opción hasta hoy por los buenos rendimientos logrados.
2. Impulsar la producción de los hongos comestibles *Pleurotus djamor* en la zona de Tingo María, para promover el consumo local, y en un futuro contribuir con la seguridad alimentaria.
3. Fermentar por mayor tiempo el bagazo de caña de azúcar y la coronta de maíz (20 a 40 días) dependiendo del estado de estos residuos, con la finalidad de obtener un mayor ablandamiento y mejores resultados en la producción del hongo comestibles *Pleurotus djamor*.
4. Realizar investigaciones similares utilizando otros sustratos ricos en lignina y celulosa, adecuados para la producción del hongo *Pleurotus djamor*.



**PRODUCTION OF EDIBLE HONGO *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn  
ISOLATED IN TINGO MARIA USING DIFFERENT SUBSTRATES OF  
AGRICULTURAL ORIGIN**

**VIII. ABSTRACT**

Edible mushrooms are currently a good option to start their cultivation and promote their consumption as a food with high nutritional value. Through this research, the production of the edible fungus *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn isolated in Tingo María using different substrates of agricultural origin is considered. The strain (FP-221) of the fungus was provided by the Laboratory of Mycology and Technology of the Propagation of the National Agrarian University of the Jungle, from which the seeds "spawn" were obtained in unpeeled wheat grains, seeded in substrates: sugarcane bagasse, sugarcane bagasse + corn gopher, maize gourd and rice straw; Fermented and semi-sterilized. The rice straw substrate obtained the best results with respect to the other substrates in the production of the fungus in fresh weight (average of 199.31g of fungus/252 g of dry substrate), shorter time between the inoculation of the seed and the start of fructification (13.75 days), the highest biological efficiency (79.09%), best yield (average of 19.54 g/bag with 252 g of dry substrate) and the production rate (average of 5.75%/day of production of the fungus). The good results obtained in rice straw substrate are attributed to its soft consistency, low compaction, good aeration and easy water absorption, where the mycelium grows and fructifies more easily.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARDÓN, C.E. 2007. La producción de los hongos comestibles. Tesis Mag. Docencia Universitaria. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 207 p.
- BOA, E. 2005. Los hongos silvestres comestibles; Perspectiva global de uso e importancia para la población. FAO, Italia. 163 p.
- BOTELHO, S.T., RAMOS, B. 1985. Cogumelos comestíveis. São Paulo, Brasil, Icome. 83 p.
- CASTILLO, J. 1987. Micología general. México, Limusa. 208 p.
- CHA, D., PARK, J., YOU, C., KIM, G., JEON, C., LEE, D. 1998. Oyster mushroom cultivation technology and management. The farmers Newspaper. s.p.
- CÓRDOVA, H. 2010. Desinfección y cultivo de *Auricularia auricula* (L.:Fr.) Under y *Auricularia delicata* (Fr.) Henn a partir de Basidiocarpo y Basidiosporas, Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. s.p.
- 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.
- TAURACHAND, D. 2005. Manual del cultivador de hongos; Cultivo del hongo ostra en bagazo de caña de azúcar. Capítulo 5. Sustrato. Corea. p. 121-124.
- FERNÁNDEZ, F. 2004. Guía práctica de producción de setas (*Pleurotus sp.*). Fungitec Asesorías. Guadalajara, Jalisco. México. 54 p.
- FOGEL, R. 1997. Hechos increíbles de los hongos: Qué es un hongo. Trad. por Anthony Santana. Michigan, US. s.p. [En línea]: Kidpage, (<http://141.211.110.91/kidpage/spanish/KingfactSP.htm>., documentos, 23 Feb. 2016).
- GAITAN, R., SALMONES, D., PÉREZ, R., MATA, G. 2006. Manual práctico del cultivo de setas aislamiento, siembra y producción. Xalapa, Veracruz, Mexico, Instituto de Ecología. 56 p.
- GARCÍA, M. 1991. Cultivo de setas y trufas. Madrid, España, Mundiprensa. 256 p.
- GARCÍA, M. s/f. Nuevas técnicas de cultivo del *Pleurotus ostreatus*. Hojas Divulgadoras. Número 8/85 HD. Santiago Estévez, Madrid, España, Publicaciones de Extensión Agraria. 20 p.

- GONZÁLES, R., FIGLAS, D., POSTEMSKY, P., BALOGH, G., CURVETTO, N. 2011. Hongos comestibles y medicinales. Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida, Conicet, Bahía Blanca. 20(120):9-15.
- GUZMÁN, G. 1998. Análisis cualitativo y cuantitativo de la diversidad de los hongos en México (Ensayo sobre el inventario fúngico del país). In: Halffter, G. (ed.), La diversidad biológica de Iberoamérica II. Acta Zoológica Mexicana, nueva serie vol. especial, CYTED e Instituto de Ecología, Xalapa. p. 111-175.
- GUZMÁN, G., MATA, G., SALMONES, D., SOTOVELAZCO, C., GUZMÁN-DÁVALOS, L. 1993. El cultivo de los hongos comestibles. Con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agroindustriales. México Instituto Politécnico Nacional. 245 p.
- HAMI, H. 1990. Cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus* spp.) on sawdust of different woods. M.Sc. Thesis. Department of Plant Pathology, University of agriculture. Society for Experimental Biol. 15(2):84-92.
- HAWKSWORTH, D.L. 1991. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation. Mycol. Research. 95:641-655.
- LÓPEZ, C., HERNÁNDEZ, R., SUÁREZ, C., BORRERO, M. 2008. Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotuss ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. Pontificia Universidad Javeriana. Universitas Scientiarum. 13(2):128-137.
- HOLDRIDGE, L. 1987. Ecología basada en zonas de vida. IICA. San José, Costa Rica. 216 p.

- IRIARTE, C. 2003. Estudio de la producción y secreción de enzimas celulolíticas en micelios rápidos y lentos de *P. ostreatus*. Trabajo de grado. Ingeniero técnico agrícola. Universidad Pública de Navarra. Pamplona, España. 198 p.
- KIRK, T., FARRELL, R. 1987. Enzimatic “combustión”: the microbial degradation of lignin. *Annual Review of Microbiology*. 41:465-505.
- KOBOLD, M. 2000. Setas de prados y bosques: Como identificarlas, respetarlas, recogerlas y cocinarlas.. En: Madrid, España: Suusaeta Ediciones, S.A. 126 p.
- LEAL, L.H. 1981. Producción de hongos comestibles, p. 157-176. En: *Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos*. 360 p. México 18-D.F.: A.G.T. Editor S.A..
- MARTÍNEZ-CARRERA, D., MORALES, P., SOTO, C., MURRIETA, M.E., GUZMÁN, G. 1986. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre hojas usadas en la extracción de aceites esenciales. *Rev. Mex. Mic.* 2:119-124.
- MARTÍNEZ, D.M. 2014. Producción de tres especies de *Pleurotus* spp. utilizando diferentes sustratos; Nuevo Progreso, San Marcos. Tesis Mag. en Ciencias Agrícolas con Énfasis en Cultivos Tropicales. Coatepeque, México. Universidad Rafael Landívar. 75 p.
- MIGNUCCI, J. 1986. Perspectivas para el cultivo de setas en Puerto Rico y el Caribe. Recinto Universitario de Mayaguez. Puerto Rico. 24 p.

- MOJICA, J., MOLANO, C. 2006. Determinación de carbono total y nitrógeno total del capacho de uchuva, la cáscara de arveja y la tusa de maíz. Laboratorio químico analítico de agua. Bogotá, Colombia. 2 p.
- MORENO, M.A. 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. Tesis Mag. de Licenciado en Agronomía. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. 75 p.
- NARANJO, N., ANDRADE, S., HERRERA, J., AVILA, J.A., ALMARAZ, N., GURROLA, N. 2009. Análisis proximal de seis especies de hongos silvestres comestibles en la región del el Salto, Pueblo Nuevo, Durango., Durango, México, CIIDIR-IPN-DGO. 1 p.
- OEI, P. 2003. Mushroom cultivation. 3 ed. Backhuys Publishers. Leiden, Holanda. 426 p.
- PÉREZ, E.A. 1996. Producción de hongos comestibles (setas y champiñones). 2 ed. México, Centro de Investigaciones Sociales, Tecnológicas y Agroindustriales de la Agricultura Mundial. 15 p.
- RIOS, R.A., RUIZ, L. 1993. Aislamiento y cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr) Kumm en Tingo María. Folia Amzónica, Iquitos. 5(1-2):5-14.
- 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 carpóforos. Tesis Mag.

- en Ciencias en Producción Agrícola. Nuevo León, México, Universidad Autónoma de Nuevo León. 74 p.
- RODRÍGUEZ, N., GÓMEZ, F. 2001. Cultivo de hongos comestibles en pulpa de café. Programa de investigación científica. Avances técnicos. Cenicafe, Chinchiná. 285:1-8.
- ROJAS, C., MANSUR, E. 1995. Informaciones generales sobre productos no madereros en Ecuador, consulta de experto sobre productos forestales no madereros para America Latina y el Caribe. Santiago, Chile. s.p.
- ROYSE, J.D. 1989. Factors Influencing the Production Rate of Shiitake. *MushJ. Tropics*. 9:127-138.
- SALDARRIAGA, O.Y., PINEDA, G.F. 2001. Manual de Micología Aplicada. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia. 95 p.
- SÁNCHEZ, J.E., ROYSE, D. 2001. La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. 1 ed. México, Noriega. 203 p.
- SÁNCHEZ, J., ROYSE, D. 2002. La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Chiapas, Mexico D. F. MX. Editorial Limusa, S.A. 290 p.
- SINGER, R. 1964. Las setas y las trufas, la botánica, el cultivo y la utilización. México, Compañía Editorial Continental. 467 p.
- STAMETS, P. 1993. Growing Gourmet and medicinal Mushrooms. 574 p.
- STAMETS, P. 2000. Growing gourmet and medicinal mushrooms. 3 ed. Ten Speed Press. Berkeley, Toronto. 554 p.

- TOCAGÓN, C.G. 2010. Evaluación de la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* sobre cinco tipos de sustratos, enriquecidas con tuza molida, afecho de cebada y carbonato de calcio. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Tesis de grado, Ingeniera agropecuaria, Ibarra-Ecuador. s.p.
- TORMO, M.R. 1996. Desarrollo del basidiocarpo en amanita. Universidad de Extremadura, Extremadura, España. Universidad de Hamburgo, Alemania. s.p.
- VEGA, A., MATA, G., SALMONES, D., CABALLERO, R. 2006. Cultivo de cepas nativas de *Pleurotus djamor* en Panamá, en paja de arroz y pulpa de café. Sociedad Mexicana de Micología.. Revista Mexicana de Micología. 23:93-97.
- WOO, S.K. 2005. Manual del cultivador de hongos Parte II hongos ostra. Capítulo 3. Introducción al hongo ostra. s.l. p. 53-56.
- YILDIS, S., YILDIS, Ü., GEZER, E., TEMIZ, A. 2002. Some lignocellulosic wastes used as raw material in cultivation of the *Pleurotus ostreatus* culture mushroom. Process Biochemistry. 38:301-306.



**ANEXO**

## ANEXO A. Evaluación diaria del peso fresco del hongo *Pleurotus djamor*

Cuadro 16. Datos de evaluación diario del peso fresco del hongo *Pleurotus djamor* por tratamientos.

| Tratam | Repetición | Sustrato seco (g) | Sustrato húmedo (g) | Peso (g) | Fructificación (días) | EB (%) | Rendto | TP (%) |
|--------|------------|-------------------|---------------------|----------|-----------------------|--------|--------|--------|
| 1      | 1          | 289               | 1300                | 116      | 18                    | 40.14  | 8.92   | 2.23   |
| 1      | 2          | 289               | 1300                | 40       | 18                    | 13.84  | 3.08   | 0.77   |
| 1      | 3          | 289               | 1300                | 40       | 17                    | 13.84  | 3.08   | 0.81   |
| 1      | 4          | 289               | 1300                | 56       | 17                    | 19.38  | 4.31   | 1.14   |
| 1      | 5          | 289               | 1300                | 133      | 18                    | 46.02  | 10.23  | 2.56   |
| 1      | 6          | 289               | 1300                | 40       | 20                    | 13.84  | 3.08   | 0.69   |
| 1      | 7          | 289               | 1300                | 23       | 19                    | 7.96   | 1.77   | 0.42   |
| 1      | 8          | 289               | 1300                | 8        | 22                    | 2.77   | 0.62   | 0.13   |
| 2      | 1          | 494               | 1600                | 89       | 19                    | 18.02  | 5.56   | 0.95   |
| 2      | 2          | 494               | 1600                |          |                       |        |        |        |
| 2      | 3          | 494               | 1600                | 131      | 19                    | 26.52  | 8.19   | 1.40   |
| 2      | 4          | 494               | 1600                | 30       | 24                    | 6.07   | 1.88   | 0.25   |
| 2      | 5          | 494               | 1600                | 117      | 17                    | 23.68  | 7.31   | 1.39   |
| 2      | 6          | 494               | 1600                | 50       | 19                    | 10.12  | 3.13   | 0.53   |
| 2      | 7          | 494               | 1600                | 246      | 16                    | 49.80  | 15.38  | 3.11   |
| 2      | 8          | 494               | 1600                |          |                       |        |        |        |
| 3      | 1          | 674               | 1630                | 87       | 17                    | 12.91  | 5.34   | 0.76   |
| 3      | 2          | 674               | 1630                | 103      | 17                    | 15.28  | 6.32   | 0.90   |
| 3      | 3          | 674               | 1630                | 106      | 17                    | 15.73  | 6.50   | 0.93   |
| 3      | 4          | 674               | 1630                | 128      | 16                    | 18.99  | 7.85   | 1.19   |
| 3      | 5          | 674               | 1630                | 54       | 19                    | 8.01   | 3.31   | 0.42   |
| 3      | 6          | 674               | 1630                | 163      | 15                    | 24.18  | 10.00  | 1.61   |
| 3      | 7          | 674               | 1630                | 84       | 16                    | 12.46  | 5.15   | 0.78   |
| 3      | 8          | 674               | 1630                | 164      | 15                    | 24.33  | 10.06  | 1.62   |
| 4      | 1          | 252               | 1020                | 240      | 14                    | 95.24  | 23.53  | 6.80   |
| 4      | 2          | 252               | 1020                | 136      | 13                    | 53.97  | 13.33  | 4.15   |
| 4      | 3          | 252               | 1020                | 335      | 13                    | 132.94 | 32.84  | 10.23  |
| 4      | 4          | 252               | 1020                | 65       | 13                    | 25.79  | 6.37   | 1.98   |
| 4      | 5          | 252               | 1020                | 124      | 15                    | 49.21  | 12.16  | 3.28   |
| 4      | 6          | 252               | 1020                | 222      | 14                    | 88.10  | 21.76  | 6.29   |
| 4      | 7          | 252               | 1020                | 275.5    | 15                    | 109.33 | 27.01  | 7.29   |
| 4      | 8          | 252               | 1020                | 197      | 13                    | 78.17  | 19.31  | 6.01   |

## ANEXO B. Figuras o fotográficas

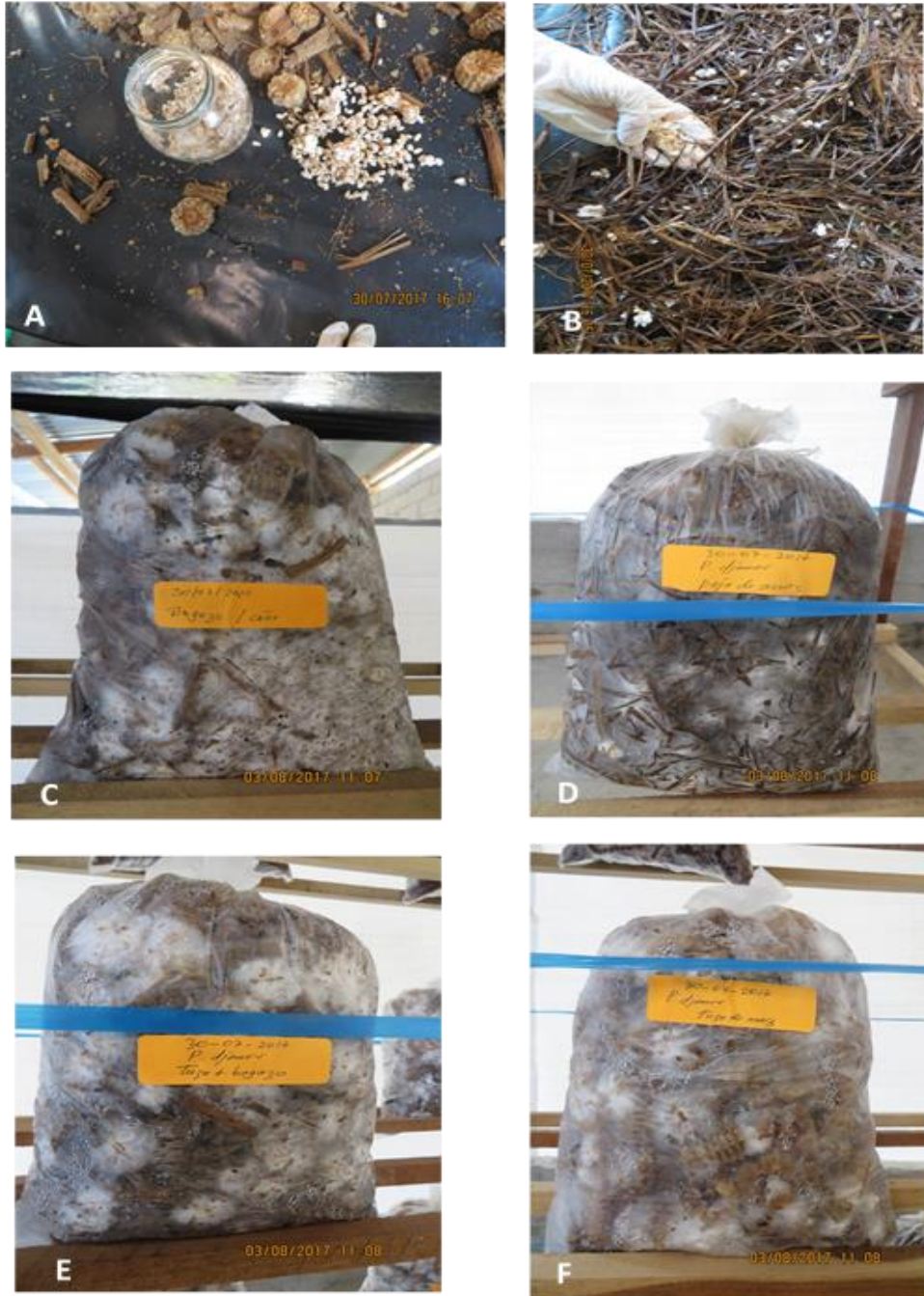


Figura 9. Micelio propagado en pomos (A), mezcla de micelio y sustrato (B), micelio en bagazo de caña de azúcar (C), micelio en paja de arroz (D), micelio en coronta de maíz + bagazo de caña de azúcar (E), micelio en coronta de maíz (F).

## ANEXO C. Peso fresco, peso seco de los sustratos, y datos procesados

Cuadro 17. Peso fresco y peso seco de los sustratos.

| Sustratos                                  | Tratamiento    | Peso seco (g) | Peso húmedo (g) |
|--|----------------|---------------|-----------------|
| Bagazo de caña de azúcar                   | T <sub>1</sub> | 286.00        | 1276.00         |
| Bagazo de caña de azúcar + coronta de maíz | T <sub>2</sub> | 490.00        | 1683.00         |
| Coronta de maíz                            | T <sub>3</sub> | 654.00        | 1650.00         |
| Paja de arroz                              | T <sub>4</sub> | 252.00        | 1025.00         |

Cuadro 18. Descriptivos de los datos procesados.

|                                 | Tratamientos                     | N  | Media  | DE    | EE    | CV (%) |
|---------------------------------|----------------------------------|----|--------|-------|-------|--------|
| Peso de hongo (g)               | Bagazo de caña                   | 8  | 57.00  | 44.21 | 15.63 | 77.56  |
|                                 | Bagazo de caña + coronta de maíz | 6  | 110.50 | 76.71 | 31.32 | 69.42  |
|                                 | Coronta de maíz                  | 8  | 111.13 | 38.63 | 13.66 | 34.76  |
|                                 | Paja de arroz                    | 8  | 199.31 | 87.92 | 31.08 | 44.11  |
|                                 | Total                            | 30 | 120.08 | 81.14 | 14.81 | 67.57  |
| Inicio de fructificación (días) | Bagazo de caña                   | 8  | 18.63  | 1.69  | 0.60  | 9.05   |
|                                 | Bagazo de caña + coronta de maíz | 6  | 19.00  | 2.76  | 1.13  | 14.51  |
|                                 | Coronta de maíz                  | 8  | 16.50  | 1.31  | 0.46  | 7.94   |
|                                 | Paja de arroz                    | 8  | 13.75  | 0.89  | 0.31  | 6.45   |
|                                 | Total                            | 30 | 16.83  | 2.67  | 0.49  | 15.84  |
| Tiempo producción (días)        | Bagazo de caña                   | 8  | 2.00   | 1.41  | 0.50  | 70.71  |
|                                 | Bagazo de caña + coronta de maíz | 6  | 3.33   | 2.25  | 0.92  | 67.53  |
|                                 | Coronta de maíz                  | 8  | 6.88   | 3.91  | 1.38  | 56.84  |
|                                 | Paja de arroz                    | 8  | 11.38  | 0.74  | 0.26  | 6.54   |
|                                 | Total                            | 30 | 6.07   | 4.39  | 0.80  | 72.30  |

Continua Cuadro 18. ...

|                          | Tratamientos                     | N  | Media | DE    | EE    | CV (%) |
|--------------------------|----------------------------------|----|-------|-------|-------|--------|
| Eficiencia biológica (%) | Bagazo de caña                   | 8  | 19.72 | 15.30 | 5.41  | 77.56  |
|                          | Bagazo de caña + coronta de maíz | 6  | 22.37 | 15.53 | 6.34  | 69.42  |
|                          | Coronta de maíz                  | 8  | 16.49 | 5.73  | 2.03  | 34.76  |
|                          | Paja de arroz                    | 8  | 79.09 | 34.89 | 12.34 | 44.11  |
|                          | Total                            | 30 | 35.22 | 33.59 | 6.13  | 95.36  |
| Rendimiento (%)          | Bagazo de caña                   | 8  | 4.38  | 3.40  | 1.20  | 77.56  |
|                          | Bagazo de caña + coronta de maíz | 6  | 6.91  | 4.79  | 1.96  | 69.42  |
|                          | Coronta de maíz                  | 8  | 6.82  | 2.37  | 0.84  | 34.76  |
|                          | Paja de arroz                    | 8  | 19.54 | 8.62  | 3.05  | 44.11  |
|                          | Total                            | 30 | 9.58  | 8.03  | 1.47  | 83.80  |
| Tasa de producción (%)   | Bagazo de caña                   | 8  | 1.09  | 0.86  | 0.30  | 78.61  |
|                          | Bagazo de caña + coronta de maíz | 6  | 1.27  | 1.01  | 0.41  | 79.42  |
|                          | Coronta de maíz                  | 8  | 1.03  | 0.42  | 0.15  | 41.18  |
|                          | Paja de arroz                    | 8  | 5.75  | 2.58  | 0.91  | 44.89  |
|                          | Total                            | 30 | 2.35  | 2.52  | 0.46  | 107.17 |

Cuadro 19. Datos de evaluación de producción de cuerpos fructíferos de *Pleurotus djamor* en peso (g) x Tratamientos.

| Tratamientos |   | 12.08.2017 | 13.08.2017 | 14.08.2017 | 15.08.2017 | 16.08.2017 | 17.08.2017 | 18.08.2017 | 19.08.2017 | 20.08.2017 | 21.08.2017 | 22.08.2017 | 23.08.2017 | 24.08.2017 | Total (g) |
|--------------|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| T1           | Bagazo de caña de azucar                      | 1          |            |            |            | 0          | 51         | 65         | 0          | 0          |            |            |            |            | 116       |
|              |   | 2          |            |            |            | 0          | 32         | 0          | 8          | 0          |            |            |            |            | 40        |
|              |   | 3          |            |            |            |            | 40         | 0          | 0          | 0          | 0          |            |            |            | 40        |
|              |   | 4          |            |            |            |            | 41         | 0          | 0          | 0          | 15         |            |            |            | 56        |
|              |   | 5          |            |            |            |            | 0          | 108        | 25         | 0          | 0          |            |            |            | 133       |
|              |   | 6          |            |            |            |            | 0          | 0          | 0          | 40         | 0          |            |            |            | 40        |
|              |   | 7          |            |            |            |            | 0          | 0          | 23         | 0          | 0          |            |            |            | 23        |
|              |   | 8          |            |            |            |            | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 8          |            |            | 8         |
| Promedio     |   |            |            |            |            | 10.1       | 23.9       | 14.1       | 6          | 1.875      | 8          |            |            | <b>57</b>  |           |
| T2           | Bagazo de caña de azucar<br>+ coronta de maíz | 1          |            |            | 0          | 0          | 0          | 89         | 0          | 0          | 0          |            |            |            | 89        |
|              |   | 2          |            |            | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |            |            |            | 0         |
|              |   | 3          |            |            | 0          | 0          | 0          | 51         | 51         | 0          | 29         |            |            |            | 131       |
|              |   | 4          |            |            | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 30         |            | 30        |
|              |   | 5          |            |            | 0          | 87         | 0          | 30         | 0          | 0          | 0          |            |            |            | 117       |
|              |   | 6          |            |            | 0          | 0          | 0          | 33         | 0          | 0          | 17         |            |            |            | 50        |
|              |   | 7          |            |            | 61         | 0          | 0          | 34         | 64         | 20         | 67         |            |            |            | 246       |
|              |   | 8          |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            | 0         |
| Promedio     |   |            |            |            | 8.71       | 12.4       | 0          | 33.9       | 16.4       | 2.857      | 16.1       | 0          | 30         | 82.875     |           |

Continua Cuadro 19. ...

| Tratamientos |                 | 12.08.2017 | 13.08.2017 | 14.08.2017 | 15.08.2017 | 16.08.2017 | 17.08.2017 | 18.08.2017 | 19.08.2017 | 20.08.2017 | 21.08.2017 | 22.08.2017 | 23.08.2017 | 24.08.2017 | Total (g) |       |
|--------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-------|
| T3           | Coronta de maiz | 1          |            |            |            | 57         |            | 30         |            |            |            |            |            |            | 87        |       |
|              |                 | 2          |            |            |            | 58         |            |            |            |            |            |            | 45         |            | 103       |       |
|              |                 | 3          |            |            |            |            | 76         |            | 30         |            |            |            |            |            | 106       |       |
|              |                 | 4          |            |            |            | 70         |            |            |            |            |            |            |            |            | 58        | 128   |
|              |                 | 5          |            |            |            |            |            |            | 54         |            |            |            |            |            |           | 54    |
|              |                 | 6          |            |            | 106        |            |            |            |            |            |            |            |            | 10         | 47        | 163   |
|              |                 | 7          |            |            |            | 70         |            |            |            |            |            |            |            | 14         |           | 84    |
|              |                 | 8          |            |            | 106        |            |            |            |            |            |            |            |            | 58         |           | 164   |
| Promedio     |                 |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            | 111.125   |       |
| T4           | Paja de arroz   | 1          |            | 98         | 0          | 0          | 0          | 0          | 34         | 0          | 45         | 50         | 13         | 0          | 240       |       |
|              |                 | 2          | 8          | 37         | 52         | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 17         | 7          | 15         | 0         | 136   |
|              |                 | 3          | 19         | 0          | 69         | 0          | 0          | 0          | 0          | 46         | 47         | 41         | 64         | 49         | 0         | 335   |
|              |                 | 4          | 47         | 0          |            | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 9          | 0          | 9          | 0         | 65    |
|              |                 | 5          | 0          | 0          | 77         | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 47         | 0         | 124   |
|              |                 | 6          | 0          | 109        |            | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 87         | 21         | 5         | 222   |
|              |                 | 7          | 0          | 0          | 159        | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 18         | 59         | 22         | 18        | 275.5 |
|              |                 | 8          | 63         | 0          |            | 0          | 0          | 0          | 89         | 0          | 25         | 0          | 20         | 0          | 0         | 197   |
| Promedio     |                 | 19.6       | 31         | 71         | 0          | 0          | 0          | 11         | 10         | 9          | 16.3       | 35.9       | 22         | 2.88       | 199.3125  |       |