

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA
MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL**



**CULTIVO DE CUATRO CEPAS DE HONGOS
COMESTIBLES DEL GÉNERO *Pleurotus* EN RESIDUOS
A BASE DE TALLO DE MAÍZ Y PAJA DE ARROZ**

Tesis

Para optar al Grado Académico de

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA,
MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL**

Presentado por:

ANALIZ LOLA RUIZ TELLO

Tingo María – Perú

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
ESCUELA DE POSGRADO
DIRECCIÓN



"AÑO DE LA UNIVERSALIZACIÓN DE LA SALUD"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
EPG-UNAS

En la ciudad universitaria, siendo las 06:00pm, del día miércoles 11 de marzo de 2020, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

“CULTIVO DE CUATRO CEPAS DE HONGOS COMESTIBLES DEL GÉNERO *Pleurotus* EN RESIDUOS A BASE DE TALLO DE MAIZ Y PAJA DE ARROZ”

A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias en Agroecología, mención Gestión Ambiental de nombre ANALIZ LOLA RUIZ TELLO.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**.

Acto seguido, a horas 07:20 pm. el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

.....
Dra. TANIA ELIZABETH GUERRERO VEJARANO
Presidente del Jurado

.....
Dr. EDILBERTO CHUQUILIN BUSTAMANTE
Miembro del Jurado

.....
M.Sc. DAVID PRUDENCIO QUISPE JANAMPA
Miembro del Jurado

.....
Dr. LADISLAO RUIZ RENGIFO
ASESOR

DEDICATORIA

A Jehová Dios por guiarme y permitirme

seguir siempre adelante.

A mis queridos padres Rosario Tello y
Ladislao Ruiz por el amor y apoyo
incondicional que me brindan en cada
paso que doy.

A mis hermanas Anggela y Marjory,

mis compañeras de toda la vida, por

su cariño y confianza.

A mi pequeño hijo Mathías Valentino
por ser la luz de mi vida

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento:

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por haberme dado la oportunidad para forjarme como profesional.
- A mis profesores de la Escuela de Posgrado, quienes a través de sus enseñanzas contribuyeron en mi formación profesional.
- Al Dr. Ladislao Ruiz Rengifo, en su condición de asesor de la tesis por su asistencia con valiosos aportes técnicos y científicos durante la ejecución y redacción de esta investigación.
- Asimismo, a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron con la realización y culminación de la presente investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Generalidades sobre los hongos.....	4
2.1.1. Producción mundial de hongos comestibles.....	6
2.1.2. Taxonomía y características generales de <i>Pleurotus ostreatus</i>	6
2.1.3. Función en la naturaleza	7
2.1.4. Morfología y estructuras de los hongos	8
2.2. Importancia de los hongos comestibles.....	9
2.3. Escenarios que afectan el crecimiento y la fructificación.....	10
2.3.1. Relación Carbono/Nitrógeno	11
2.3.2. pH del sustrato	13
2.3.3. Temperatura	13
2.3.4. Humedad	14
2.3.5. Riego	15
2.3.6. Luz.....	15
2.3.7. Ventilación	15
2.4. Sustratos para el cultivo de hongos comestibles.....	16
2.5. Etapas del cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	19
2.5.1. Aislamiento y obtención de micelio.....	20
2.5.2. Semilla	21
2.5.3. Siembra del micelio en los sustratos	22
2.5.4. Incubación.....	22

2.5.5. Inducción a la fructificación	23
2.5.6. Fructificación	23
2.5.7. Cosecha.....	24
2.6. Plagas y enfermedades del género <i>Pleurotus</i>	25
2.7. Antecedentes de investigaciones en cultivo de <i>Pleurotus spp.</i>	25
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1. Ubicación de la zona de estudio.....	28
3.1.1. Ubicación política	28
3.2. Ecología y clima.....	28
3.3. Materiales	29
3.3.1. Material biológico	29
3.3.2. Materiales y equipos	30
3.3.3. Reactivos	31
3.4. Metodología	31
3.4.1. Para determinar la producción de setas en peso fresco de cuatro cepas de <i>Pleurotus</i> utilizando como sustratos residuos de tallo de maíz y paja de arroz.....	31
A. Fase de laboratorio.....	31
B. Fase de campo.....	35
3.4.2. Para determinar el tiempo de corrida del micelio y la eficiencia biológica de cuatro cepas de <i>Pleurotus</i> utilizando como sustratos residuos de tallo de maíz y paja de arroz	38

3.4.3. Para determinar el rendimiento y la tasa de producción de cuatro cepas de <i>Pleurotus</i> utilizando como sustratos residuos de tallo de maíz y paja de arroz.....	38
3.4.4. Para determinar el ciclo de cultivo de cuatro cepas de hongos comestibles del género <i>Pleurotus</i>	39
3.5. Diseño de investigación	40
3.5.1. Tipo de diseño.....	40
3.5.2. Análisis de datos estadísticas	40
3.5.3. Tratamientos	40
3.5.4. Croquis del experimento	41
3.5.5. Modelo de análisis de variancia	41
3.5.6. Análisis estadístico.....	42
3.5.7. Variables evaluadas.....	43
3.6. Procesamiento de resultados y análisis estadístico	44
IV. RESULTADOS	45
4.1. Producción de setas en peso fresco de cuatro cepas de <i>Pleurotus</i> utilizando como sustratos residuos de tallo de maíz y paja de arroz.....	45
4.2. Tiempo de corrida del micelio y la eficiencia biológica de cuatro cepas de <i>Pleurotus</i>	47
4.3. Rendimiento y la tasa de producción de cuatro cepas de <i>Pleurotus</i>	52
4.4. Ciclo de cultivo de cuatro cepas de <i>Pleurotus</i>	57
V. DISCUSIÓN	59
5.1. De la producción de setas en peso fresco de cuatro cepas de <i>Pleurotus</i> utilizando como sustratos residuos de tallo de maíz y paja de arroz.....	59

5.2. De la determinación del tiempo de corrida del micelio y la eficiencia biológica	61
5.3. De la determinación del rendimiento y la tasa de producción de <i>Pleurotus</i>	63
5.4. Del ciclo de cultivo de las distintas cepas de <i>Pleurotus</i>	64
VI. CONCLUSIONES.....	65
VII. RECOMENDACIONES.....	66
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
A N E X O	75

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1 . Valor alimenticio de diferentes hongos cultivados y de principales alimentos.....	10
2 . Condiciones medioambientales en la fructificación de <i>Pleurotus</i>	11
3 . Contenidos referenciales de C/N de algunos residuos orgánicos.....	12
4 . Contenido de sustancias nutritivas de algunas materias primas.	18
5 . Fuentes orgánicos e inorgánicos como nutrientes en la producción de hongos comestibles.	18
6 . Cuadro resumen de la producción de setas.	20
7 . Cepas de <i>Pleurotus</i> utilizados como material biológico.....	29
8 . Descripción de los tratamientos investigados.....	40
9 . Diseño utilizado en campo.	41
10 . Modelo de análisis de varianza.	41
11 . Descriptivos del peso fresco (g) de la producción de basidiocarpos de cuatro cepas de <i>Pleurotus</i>	45
12 . Análisis de varianza de la producción en peso fresco de las cepas de <i>Pleurotus</i>	46
13 . Prueba de Tukey del peso fresco de las cepas de <i>Pleurotus</i>	46
14 . Descriptivos de la fructificación del Tiempo de Corrida del Micelio y la Eficiencia Biológica.	48
15 . Análisis de varianza del Tiempo de Corrida del Micelio.....	49
16 . Prueba de Tukey del Tiempo de Corrida del Micelio.	49
17 . Análisis de varianza de la eficiencia biológica.	50

18 . Prueba de Tukey de la eficiencia biológica.	51
19 . Descriptivos del rendimiento y la tasa de producción de <i>Pleurotus</i>	53
20 . Análisis de varianza del rendimiento en la producción de <i>Pleurotus</i>	54
21 . Prueba de Tukey del Rendimiento en la producción de <i>Pleurotus</i>	54
22 . Análisis de varianza de la tasa de producción en las cepas de <i>Pleurotus</i> . 55	
23 . Prueba de Tukey de la tasa de producción en las cepas de <i>Pleurotus</i>	56
24 . Etapas del ciclo de cultivo de las cepas de <i>Pleurotus</i> sp.....	57
25 . Producción de basidiocarpos de <i>Pleurotus ostreatus</i> cepa PO-BA en sustrato tallo de maíz.	76
26 . Producción de basidiocarpos de <i>Pleurotus ostreatus</i> cepa PO-BA en sustrato paja de arroz.	76
27 . Producción de basidiocarpos de <i>Pleurotus ostreatus</i> cepa PO-CH en sustrato tallo de maíz.	77
28 . Producción de basidiocarpos de <i>Pleurotus ostreatus</i> cepa PO-CH en sustrato paja de arroz.	77
29 . Producción de basidiocarpos de <i>Pleurotus djamor</i> cepa PD-TM en sustrato tallo de maíz.	78
30 . Producción de basidiocarpos de <i>Pleurotus djamor</i> cepa PD-TM en sustrato paja de arroz.....	79
31 . Producción de basidiocarpos de <i>Pleurotus ostreatus</i> cepa PO-TM en sustrato tallo de maíz.	79

32 . Producción de basidiocarpos de <i>Pleurotus ostreatus</i> cepa PO-TM en sustrato paja de arroz.	80
33 . Peso inicial y final del sustrato a base de paja de arroz.	81
34 . Peso inicial y final del sustrato a base de tallo de maíz.....	81
35 . Prueba de normalidad para las variables obtenidas en el estudio.	82
36 . Prueba de homocedasticidad para las variables de estudio.....	83
37 . Datos procesados de las cepas de <i>Pleurotus</i> con sustratos a base de tallo de maíz y paja de arroz.	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Partes y ciclo sexual de un hongo basidiomiceto prototipo.....	5
2. Basidiocarpo de las distintas procedencias de <i>Pleurotus</i>	30
3. Preparación de medio de cultivo agar papa dextrosa (PDA).	32
4. Activación y reproducción del micelio de cepas de <i>Pleurotus</i>	33
5. Micelio “semilla” de cepas de <i>Pleurotus</i> reproducidos en granos de trigo. ...	35
6. Producción de setas en peso fresco de cuatro cepas de <i>Pleurotus</i>	47
7. Tiempo de corrida del micelio en la producción de setas de cuatro cepas de <i>Pleurotus</i>	50
8. Eficiencia Biológica en la producción de setas de cuatro cepas de <i>Pleurotus</i>	52
9. Rendimiento en la producción de setas en cuatro cepas de <i>Pleurotus</i>	55
10. Tasa de producción de setas en cuatro cepas de <i>Pleurotus</i>	57
11. Ciclo de cultivo de cuatro cepas de <i>Pleurotus</i>	58
12. Plaqueado de medio agar papa dextrosa (PDA)	87
13 . Tallo de maíz y paja de arroz antes del proceso de fermentado.	87
14. Paja de arroz depositado en la bolsa malla antes del Semiesterilizado.....	88
15. Semiesterilizado del sustrato en cilindro fabricado artesanalmente.	88
16. Crecimiento de setas de <i>Pleurotus</i> cepa Buenos Aires y Cepa Cayetano Heredia	89
17. Cosecha de setas de <i>Pleurotus ostreatus</i> cepa Buenos Aires	89

18. Producción de setas de <i>Pleurotus ostreatus</i> cepa Cayetano Heredia.	90
19. Producción de setas de <i>Pleurotus ostreatus</i> cepa Buenos Aires.....	90
20. Producción de setas de <i>P. djamor</i> y <i>P. ostreatus</i> cepa Tingo María...	91
21. Cosecha de setas de <i>P. djamor</i> y <i>P. ostreatus</i> cepa Tingo María.	91

RESUMEN

Los hongos del género *Pleurotus* resaltan actualmente por su rápida aceptación en el mercado y por ser considerados alimentos nutraceuticos. El objetivo fue saber el cultivo de cuatro cepas de *Pleurotus* en residuos a base de tallo de maíz y paja de arroz. Las cepas fueron cedidos por el Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, de éstas, dos cepas fueron nativas de Tingo María y dos fueron introducidas. El micelio fue activado en medio PDA, el micelio (semilla) se realizado en granos de trigo resbalado y sembrados en los sustratos previamente humedecidos, fermentados y semisterilizados. Con respecto a los demás sustratos, con el uso de paja de arroz se obtuvo la mayor producción de setas frescas y eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* cepa Cayetano Heredia (263.50 ± 21.20 g), el menor tiempo de corrida del micelio con *P. djamor* cepa Tingo María (14.40 días), el mayor rendimiento con *Pleurotus djamor* cepa Tingo María (20.76%), seguido de *P. ostreatus* cepa Cayetano Heredia (18.32%), y la mayor tasa de producción con *Pleurotus djamor* cepa Tingo María (3.84%), seguido de *Pleurotus ostreatus* cepa Tingo María (2.34%). Todas las variables evaluadas del hongo *Pleurotus*, logaron mejores promedios con el sustrato a base de paja de arroz.

Palabras clave: hongos comestibles, agricultural residues, strains, Tingo María.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de hongos comestibles en América Latina y fundamentalmente en el Perú viene siendo limitada a pesar de la potencialidad de este recurso que existe en la región en forma silvestre y en consecuencia es poco aprovechada. En la amazonia peruana existen muchas especies de hongos comestibles que son colectados en algunas oportunidades por pobladores indígenas y mestiza, quienes consumen para satisfacer su dieta alimenticia. Localmente en las zonas urbanas, existe el interés de su consumo, pero no se encuentra disponible en la suficiente cantidad y calidad como para satisfacer la demanda, esto se debe al poco conocimiento y técnicas para su producción, por lo que, el consumo está sujeta a la recolección silvestre.

El uso de cepas nativas en la producción de hongos comestibles de por si tienen la ventaja de estar aclimatadas a las condiciones locales y desde luego podrían ser más rústicos para el proceso de producción y menos susceptibles a posibles enfermedades, esto no quita la posibilidad de utilizar en el proceso productivo cepas traídas o introducidas de otras regiones especialmente por el proceso de mejoramiento que ha tenido y en consecuencia pueden tener la ventaja en cuanto a calidad y productividad.

La distribución espacial de los *Pleurotus* spp. es a nivel de todo el mundo, son comestibles por excelencia y tienen alto valor nutritivo y económico en muchos países, de todas las especies, *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex Fr)

Kumm es la más conocida y cultivada, sin embargo, hay otras especies que son diferenciadas por su forma y color denominan “exóticas” y son producidas en pequeña escala en muchos países (Gamarra *et al.* 2013).

Los hongos comestibles, son considerados alimentos funcionales, porque no solo pueden transformar la gran biomasa (compuestos principalmente por lignina y celulosa) en alimentos saludables, sino que también pueden producir derivados conocidos como micomedicinas/nutricéuticos con muchos beneficios para la salud especialmente cardiovasculares, el consumo está en aumento, por lo general debido a la tendencia actual del consumo de productos naturales, además por ser un alimento nutritivo, con buen sabor y porque se considera activador del sistema inmune (Boa 2005).

Actualmente, existe mayor interés en el estudio de los hongos debido a los beneficios de su consumo, el uso en la industria y medicina especialmente. En la región amazónica se tiene poca información sobre su cultivo, y en consecuencia se requiere mayor información científica de su proceso de cultivo utilizando cepas de hongos nativos e introducidos sobre sustratos que existen en gran cantidad en la zona que provienen de agroindustria, tales como diversas pajas y rastrojos, aserrín de maderas de especies de poca densidad o blandas utilizadas para machihembrados y para la elaboración de cajones para el transporte de frutas, cáscara de arroz y cacao, bagazo de caña de azúcar, pulpa de café, entre otros; que bien se podrían servir como sustratos en la producción de hongos comestibles.

El proceso de producción y transformación de los hongos comestibles en un futuro involucraría la generación de fuentes de trabajo, además se requiere para su cultivo poco espacio, son de ciclo de vida relativamente corto y contienen un alto valor nutritivo, en consecuencia, para contribuir con este conocimiento nos planteamos la siguiente pregunta: ¿En qué medida será posible el cultivo de cuatro cepas de hongos comestibles del género *Pleurotus* en residuos a base de tallo de maíz y paja de arroz?. Asimismo, nos planteamos como hipótesis: uno de las cuatro cepas de hongos comestibles *Pleurotus* sembrados en sustratos a base de tallo de maíz y paja de arroz logrará una producción óptima.

Objetivo General:

- Conocer el cultivo de cuatro cepas de hongos comestibles del género *Pleurotus* en residuos a base de tallo de maíz y paja de arroz.

Objetivos Específicos

- Determinar la producción de setas en peso fresco de cuatro cepas de *Pleurotus* utilizando como sustratos residuos de tallo de maíz y paja de arroz.
- Determinar el tiempo de corrida del micelio y la eficiencia biológica de cuatro cepas de *Pleurotus* utilizando como sustratos residuos de tallo de maíz y paja de arroz.
- Determinar el rendimiento y la tasa de producción de cuatro cepas de *Pleurotus* utilizando como sustratos residuos de tallo de maíz y paja de arroz.
- Determinar el ciclo de cultivo de cuatro cepas de hongos comestibles del género *Pleurotus*.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades sobre los *Pleurotus spp*

En términos generales, el cultivo de *Pleurotus spp.* es una actividad relativamente reciente y corresponde al siglo XX. Su cultivo se viene extendiendo rápidamente en todas partes del mundo. Además, esta especie crece sobre una diversidad de sustratos y muy ligada a la agroindustria (Boa 2005).

Las especies del género *Pleurotus* han destacado por su rápida aceptación en el mercado, debido a la excelente calidad organoléptica, crecen sobre un rango amplio de temperaturas, requiere poco capital inicial y son fáciles de cultivar. La elaboración del sustrato no requiere de un complejo y prolongado composteo, no se requiere de inmersión en agua fría como es para el shiitake, lo que en buena forma hace más fácil su cultivo en comparación a otras especies de hongos. Los hongos *Pleurotus*, tienen ventajas comparativas por sus diversas especies representadas por distintas formas y colores y esto favorece a su diversificación en el mercado de consumo (Sánchez y Royse 2001).

A continuación, detallamos las partes de un hongo basidiomiceto prototipo y las fases de su ciclo sexual (Figura 1).

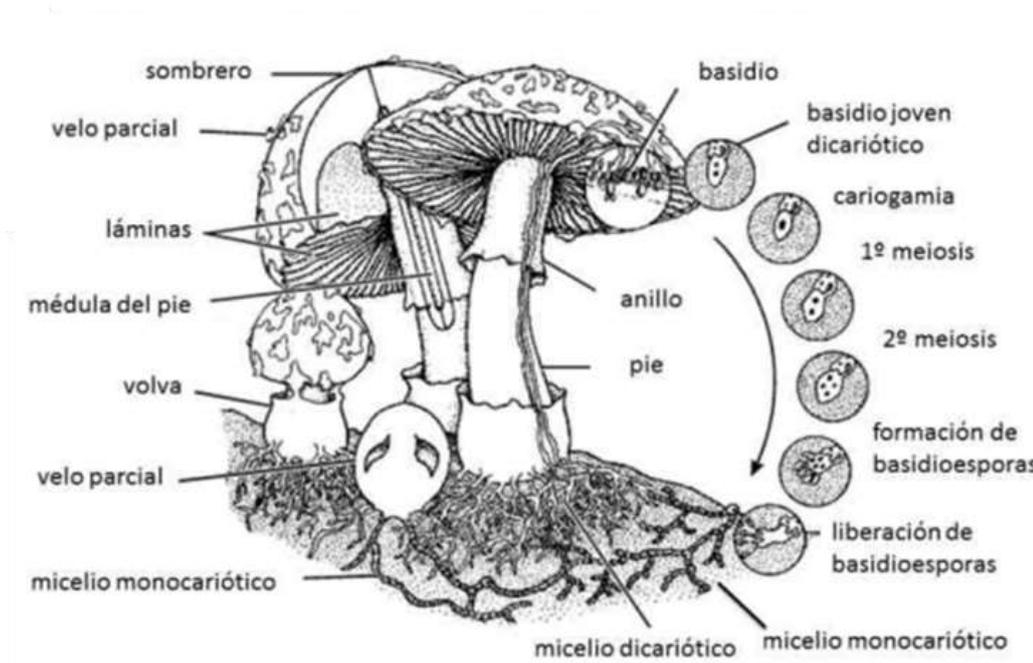


Figura 1. Partes y ciclo sexual de un hongo basidiomiceto prototipo (Kuhar *et al.* 2013).

La nutrición de los hongos se realiza a través de la absorción de los nutrientes del material orgánico en que crecen, por medio de las enzimas y ácidos simplifican los compuestos en partículas más fáciles de digerir. En su gran mayoría, los hongos desintegran la madera, ramas, hojas secas (saprofíticas), mientras que los hongos parásitos se alimentan de células vivas causando enfermedades, así como también conviven con los vegetales en asociación simbiótica denominada micorriza, que provisionan nutrientes minerales hacia las raíces de las plantas y a cambio éstas reciben los carbohidratos que la planta produce mediante el proceso fotosintético (Fogel 1997).

2.1.1. Producción mundial de hongos comestibles

A nivel del mundo, ahora se producen más hongos comestibles que antes, solo por comparar, desde 1978 hasta el año 2012 la producción ha tenido un incremento de 30 veces más con un consumo per cápita que supera los 4.70 kg anuales (Sánchez y Royse 2001, Pacheco *et al.* 2005, Chang y Wasser 2012, FAO 2014). A nivel de la región Latinoamericana, el mayor productor de hongos comestibles es México, con un 80.8 % de la producción total, lo que representa el 4.76% de toda la producción mundial, seguido por Brasil y Colombia (Romero-Arenas *et al.* 2015, Martínez-Carrera *et al.* 2016). China es el mayor productor de hongos *Pleurotus*, solo en 1994 produjo 654,000 toneladas representando el 82% de la producción mundial, siendo destinado la mayor parte de su producción al consumo local en estado fresco y seco (Pacheco *et al.* 2005, Sánchez y Royse 2001).

2.1.2. Taxonomía y particularidades de *Pleurotus ostreatus*

Reino	: Fungi
División	: Basidiomycotina
Clase	: Homobasidiomicete
Subclase	: Hymenomicete
Orden	: Agaricales
Familia	: Pleurotaceae
Género	: <i>Pleurotus</i>
Especie	: <i>P. ostreatus</i>

Existen más de 70 especies conocidas de *Pleurotus* spp. y son de variados colores, tales como blanco, rosado, amarillento y grisáceo, variando

con ciertas tonalidades de estos colores. Son especies comestibles de excelente sabor y gusto. A los hongos de este género se les denomina setas, aunque éstos también son conocidos popularmente como hongos ostra, orejas blancas, kallampa, orejas de palo, etc.

Actualmente, se viene percibiendo el interés en el cultivo comercial de *Pleurotus*, y un referente para esta actividad es conocer su eficiencia biológica (EB) el cual se considera aceptable y económicamente rentable a partir del 50%, ya que este es el valor mínimo de referencia, aunque una EB adecuada debe ser cercana o mayor a 100% (Ríos *et al.*, 2010), a parte del interés de la obtención de altos rendimientos, el mercado además exige otros aspectos tales como calidad del producto, tamaño, morfología y el color de los cuerpos fructíferos. Por su capacidad para crecer en un amplio intervalo de temperaturas y en diversos sustratos ricos en lignina y celulosa, este hongo se ha visto incrementada en los últimos años su producción a nivel mundial.

2.1.3. Función en la naturaleza

Entre todos los seres vivos, los hongos son organismos con características únicas, porque tienen la capacidad para perjudicar o beneficiar a organismos vivos y ecosistemas. Los hongos actualmente tienen diversos usos y funciones, tales como: alimento, industria, medicina, como controladores biológicos, en biorremediación, capacidad para descomponer y reciclar materia orgánica, su papel en la supervivencia de plantas y animales, así como también en la regulación y liberación de nutrientes. Sin embargo, no todo es beneficioso

porque genera también alto impacto en la salud humana, y causan enfermedades en cultivos de importancia económica (Cuevas, 2016).

En los ecosistemas los hongos generan un impacto muy alto, debido a que pueden comportarse como organismos simbiotes, saprófitos y parásitos (Deacon 2010). Asimismo, hace aproximadamente 500 millones de años se establecieron relaciones simbióticas con las plantas dando lugar a las micorrizas, que son ramificaciones en el suelo en forma de una extensa red de hifas que interconectan a las raíces de las plantas los cuales brindan nutrientes a los hongos y a su vez, estos últimos sirven como extensiones de las raíces para obtener minerales y nitrógeno (Camargo-Ricalde *et al.* 2012, Ruiz 2001).

Los hongos son los mejores degradadores de materia orgánica (hongos saprofitos) que existen por excelencia, porque tienen la capacidad de degradar compuestos como la celulosa, hemicelulosa, lignina y quitina (Deacon 2010).

2.1.4. Morfología y estructuras de los hongos

Los hongos presentan una variedad de formas, tamaños y colores. A muchos se les puede apreciar creciendo en forma de “repisas” tales como *Pycnoporus sanguineus*, *Trametes versicolor*, *Ganoderma* spp. sobre troncos de árboles caídos o en pie, en forma de “copas” como *Cookeina speciosa*, o en forma de “estrella” como en el caso de *Geastrum* spp. Presenta una parte vegetativa (micelio) el cual es el verdadero cuerpo del hongo y están compuestos por extensos filamentos denominados hifas. La otra parte fructificativa (fruto) lo que comúnmente llamamos “hongo” y es la parte visible y

en muchos de los casos lo que se consume. Estos cuerpos fructíferos son los que se encargan de producir las esporas a través de la superficie denominado “himenio” cuya función es la reproducción sexual (Robledo 2006, Kuhar *et al.* 2007, Ryvardeen 2007).

2.2. Importancia de los hongos comestibles

Los hongos fueron uno de los primeros alimentos e incluso fueron utilizados como alimento antes de que el hombre conociera el uso de los otros organismos. A menudo fue considerada como un alimento exótico consumido por las personas adineradas. Hoy en día, por la facilidad de su cultivo entre ellos los hongos *Pleurotus* se han convertido al alcance de gran parte de la población sean pobres o ricos (Quimio 2004).

Los hongos aparte de añadir sabor a las comidas son alimentos bastante nutritivos. Tienen una alta cantidad de proteínas diferenciadas entre las especies y comparada en valor nutritivo con la de muchos vegetales (Boa 2005). De acuerdo con Romero-Arenas *et al.* (2010), *P. ostreatus* contiene 350 calorías, mientras que la carne roja contiene 150 y el pescado 101 calorías. En consecuencia, representan una alternativa ideal para obtener alimentos de valor proteico alto.

Los hongos *Pleurotus* spp., son buenas fuentes de beta-1,3/1,6-glucano, denominados también pleuranas, moléculas que estimulan los sistemas inmunes del cuerpo y ayudan a combatir células anormales, así mismo, estimulan el sistema favoreciendo los efectos perjudiciales de las terapias, quimioterapia y radiación utilizadas para matar células tumorales.

Pleurotus además contiene mevinolina y otros compuestos afines que inhiben la reductasa, enzima responsable de la biosíntesis de colesterol. Según gran parte del folklore, *Pleurotus* también puede prevenir la presión arterial alta, impartir vigor, reduce el estreñimiento y ayuda a recuperarse de la fatiga (Quimio 2004).

Cuadro 1. Valor alimenticio de diferentes hongos cultivados y de principales alimentos.

Hongos/Alimentos	Proteína	CHO	Grasa	Calcio (Ca)	Tiamina (V. B1)	Riboflavina (V. B2)	Hierro (Fe)	Niacina (V- B3)
Pleurotus pulmonaris	2.9 (26-35)*	5.66	1.79	3.14	0.20	0.22	3.4	7.72
Volvariella volvacea	3.8 (25-29)*	6.0	0.6	3.00	0.10	0.17	1.7	8.30
Agaricus brunnescens	3.5 (24-34)*	11.4	0.4	2.40	0.10	0.00	rastro	5.85
Lentinula edodes	7.5 (13-17)*	6.5	0.93	3.00	0.00	0.00	1.90	7.60
Auricularia Polytricha	4.8 (4-8)*	7.16	0.50	3.15	0.08	0.19	3.60	4.00
Papa	2.0	9.10	0	11	0.10	0.04	0.70	0.04
Leche	3.5	4.90	3.9	118	0.04	0.17	0.10	0.17
Pescado	14-20	002 - 3	001 - 2	15	60	1.2	1.5	1.20
Huevos	13	2	13.3	68	18	0.27	001 - 15	0.27
Carne	21	00	3.6	8.3	0.10	0.29	2.52	29.00
Zanahoria	1.2	9.3	0.3	39	0.06	0.06	0.8	0.06

(*) = Hongos cultivados
Fuente: Quimio (2004).

2.3. Escenarios que afectan el crecimiento y la fructificación

Cualquier organismo podrá sobrevivir solo si tiene las condiciones ambientales apropiadas u óptimas. En caso de los hongos, requieren de lo mismo, es decir de factores ambientales entre los cuales mencionamos los

principales: humedad, temperatura, pH, luz, y ventilación (Gaitán-Hernández *et al.* 2006, Castillo 1987).

Cuadro 2. Condiciones medioambientales en la fructificación de *Pleurotus*.

Especímenes	Temp. (° C)	H° R. (%)	CO ₂ (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)	10-21	90-95	< 1.000	1.000-1.500 (2.000)
<i>P. pulmonarius</i> (ostra Phoenix o indio)	18-24	85-90	400-800	1.000-1.500 (2.000)
<i>P. tuberregium</i> (ostra Rey Tubérculo)	30-35	85-90	< 2.000	

Fuente: Stamets (1993).

2.3.1. Relación Carbono/Nitrógeno

La mayoría de los residuos tienen una relación de C/N entre 32 y 600, siendo el óptimo entre 17 a 40 o más dependiendo del hongo. Las principales fuentes orgánicas de N son: alfalfa, salvado de trigo, salvado de arroz, harina de soja, harina de maíz, etc (Gonzáles 2017).

De acuerdo con Sztem y Pravia (1999), la relación óptima de C/N para iniciar el compostaje está entre 25-35/1, cuando esta va reduciendo hasta llegar a valores cercanos entre 10-15/1 es cuando el material está listo para ser usado. El carbono lo utiliza los microorganismos como fuente de energía, mientras que el Nitrógeno como elemento necesario para la síntesis de proteínas. La relación apropiada entre estos dos nutrientes ayudará para un buen crecimiento y reproducción, cuando la relación C/N es mayor de 40 los

microorganismos retardan la descomposición de los residuos debido a que tienen poco nitrógeno y por consiguiente disminuye el rendimiento de compostaje, en cambio si la relación C/N es baja, se producen pérdidas de nitrógeno en forma amoniacal por el incremento considerable de la temperatura. Como norma general de la relación C/N se indican lo siguiente:

- No es necesario realizar mezclas entre materiales que tengan buena relación C/N.
- Es necesario mezclar materiales de alto contenido en carbono y materiales con alto contenido en nitrógeno y viceversa.

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

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

Fuente: Sztern y Pravia (1999).

2.3.2. pH del sustrato

El óptimo de pH en los sustratos están entre 5.0 a 6.5; sin embargo, el micelio podrá sobrevivir a pH 4.2 a 7.5, el micelio crecerá más lento a medida que el pH reduce, dejando de crecer a pH 4.0, mientras que el crecimiento del micelio será más rápido si el pH es más alto que el valor óptimo, notándose en su crecimiento una estructura anormal. Cuando el pH del sustrato no es el adecuado para la producción del hongo, aun administrando condiciones óptimas de temperatura y nutrientes no será favorecido (Sánchez 2001, Viziteu 2005).

Los hongos de manera general crecen bien en medios ligeramente ácidos. La adición de carbonato de calcio para el caso de *Pleurotus* spp. evita que el pH descienda mucho debido a la acción acidificante del micelio. Si el sustrato es muy ácido el crecimiento del micelio se verá afectado al no alcanzar la temperatura ni el nivel de CO₂ recomendable, dando pie a que crezcan los competidores (Pérez 1996). Así por ejemplo Dewraj (2005) indica que el bagazo de caña de azúcar es ligeramente ácido, por cuanto es necesario agregar cal para ajustar el pH, siendo una mezcla apropiada: 80% de bagazo de caña de azúcar, 10% de cal y 10% de semilla de maíz molido.

2.3.3. Temperatura

Los factores ambientales interactúan unos a otros en la producción de hongos comestibles, tal es así que cuando la temperatura aumenta la humedad relativa del ambiente de producción disminuye. A medida que incrementa la temperatura, crece el metabolismo del cuerpo fructífero, y si aumenta la tasa de respiración entonces se incrementa la producción de CO₂.

En todo el proceso o fases de producción de *Pleurotus spp* se requieren condiciones ambientales distintas. Para la fase de incubación, la humedad relativa conveniente está entre 65 a 70% y el contenido de agua del sustrato de 65%. Para la mayoría de los hongos comestibles la temperatura más conveniente para el crecimiento de micelio esta entre 20 a 25 °C, pero hay cepas termófilas especialmente de áreas tropicales donde el micelio y la fructificación crecen muy bien entre los 25 a 35°C. El micelio de los hongos son resistentes a altas concentraciones de dióxido de carbono durante la incubación (Woo, 2005). Asimismo, se afirman que la temperatura tiene influencia en la coloración del basidiocarpo, siendo más oscuro cuando la temperatura es baja, en realidad esto también va a depender del tipo de especie de seta (González 2017, García 1991).

2.3.4. Humedad

La humedad es una condición muy importante para los hongos, debido a que están constituidos en su estructura de un alto porcentaje de agua. Por lo general, requieren de una humedad alta para su crecimiento, que está entre los 85% a 95 %, y puede ser administrado mediante un sistema humificador o manualmente regando el entorno. Esto varía según el sustrato y la especie de hongo (García 1991). Si el hongo tiene déficit de humedad se verá afectado en su desarrollo, a diferencia de que, si hay exceso de humedad, el agua ocupará todo el espacio del sustrato y por en consecuencia no habrá intercambio gaseoso. La humedad además es un factor importante para favorecer la estimulación de los primordios del fruto del hongo, por eso es

necesario proporcionar riegos frecuentes al suelo o en forma de riego nebulizado utilizando equipos propios para ello (Pérez 1996).

2.3.5. Riego

Durante la incubación (crecimiento de micelio en el sustrato), no se requiere riego alguno puesto que la humedad adecuada del sustrato es suficiente. El riego se debe realizar en el ambiente de producción a fin de mantener la humedad entre 70 a 80% en el periodo de fructificación. Una de las formas de obtener la humedad requerida es mediante la aspersion de agua limpia, pura y exento de cloro (Cruz *et al.* 2010).

2.3.6. Luz

Botelho y Ramos (1985) indican que, el local ideal para el cultivo de hongos comestibles debe ser un área con iluminación natural y ventilada, no es necesario que el sol incida directamente en el área de producción. Los hongos no realizan el proceso fotosintético, pero si requieren estímulos de luz en su ciclo de vida, y por eso es necesario que tenga luz indirecta de 8 a 12 horas (60 a 300 lux). Sin la luz necesaria, las setas emergen escasos y deformes, no pigmentados, con pequeños sombreros de color pálido y con pies alargados y débiles (González 2017, García 1991).

2.3.7. Ventilación

En cultivo debe contener buena ventilación, para garantizar que el dióxido de carbono (CO₂) esté siempre por debajo del 0,06 por 100. Si el dióxido de carbono es mayor a 0.07% entonces se retrasa el crecimiento, y si

llega entre 0,2 por ciento se produce la muerte del hongo. Se recomienda mantener en 150 a 250 m³ de aire nuevo por tonelada métrica de sustrato/hora (Yamillé y Pineda 2001, Sánchez y Royse 2001, García 1991, García s.f.).

La adecuación del intercambio del aire debe ser considerado en función de la especie del hongo, su velocidad metabólica y la densidad de llenado del cuarto de producción. Las especies de hongos tropicales que crecen a mayores temperaturas muestran altas velocidades metabólicas (Sánchez y Royse 2001).

La aireación del ambiente de producción de los hongos permite lo siguiente:

- Control del nivel de CO₂ y del O₂ del aire influidos por la respiración de los hongos.
- Prevenir la mal formación de frutos, la enfermedad de la mancha bacteriana y la infección por mohos, el movimiento de aire es indispensable.

2.4. Sustratos para el cultivo de hongos comestibles

Existen aproximadamente 200 residuos distintos para utilizar como sustrato para el cultivo de *Pleurotus*, residuos generados de la industria agrícola y de la industria maderera (Poppe 1995). Los sustratos utilizados para el cultivo de hongos serán los adecuados si contienen todos los requerimientos nutritivos en cantidad suficiente para que sinteticen sus metabolitos y tome de él la energía que requiere (Sánchez 2001). La fuente de carbono son la lignina y la celulosa que se encuentran presentes en muchos residuos agrícolas y

desechos agroindustriales y/o forestales como el aserrín de diversas maderas (Gaitan *et al.* 2006). Gracias a las enzimas que contienen los hongos (principalmente manganeso peroxidasa, lacasa, ligninoperoxidasa), éstos pueden utilizar sustancias abundantes en polisacáridos (celulosa y hemicelulosa) y una cantidad grande o pequeña de lignina en la producción del hongo ostra (*Pleurotus* sp.).

El sustrato a base de pulpa de café secada al sol, almacenada y posteriormente rehidratada fue usada para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. En México lograron buena producción de *Auricularia* sp al mezclar bagazo de caña de azúcar y mazorca de maíz (Martinez-Carrera 1989).

La paja de arroz (*Oriza sativa*) es usada intensamente para *Pleurotus* y *Volvariella*. Contiene con ciertas variaciones 41% de celulosa, 13% de lignina, 0.8% de N Total, 0.25% de P₂O₅, 0.3% de K₂O, 0.6% SiO₂, pH 6.9, C/N 58 (Heltay y Zavody 1960).

Un sustrato apropiado para el cultivo de hongos como es *Pleurotus*, se dividen en materias primas y los suplementos, que son proteínas y fuentes de nitrógeno tales como: salvado de arroz, salvado de trigo, cebada, avena, maíz, soja, girasol, etc. recomendados en promedio de un 5%. Si los aditivos se agregan en exceso pueden producir un aumento de la temperatura de los sustratos en la etapa de incubación y en consecuencia la muerte del micelio. Por lo general los aditivos aceleran el crecimiento del micelio, mas no influye en un aumento significativo de la productividad del hongo (Viziteu 2005).

Cuadro 4. Sustancias nutritivas que contienen ciertas materias primas.

Material	Nitrógeno (%)		Hemicelulosa (%)	Celulosa (%)	Lignina (%)
	total	asimilable			
Paja de trigo	0.36	0.07	30.0	41.0	15.0
Paja de cebada	0.52	0.10	31.3	44.4	5.8
Viruta de madera dura	0.57	0.04	15.4	16.7	26.0
Mazorca de maíz	0.49	0.06	38.0	28.0	11.0

Fuente: Viziteu (2005).

Los *Pleurotus* consumen significativas cantidades de celulosa y hemicelulosa como fuente de nutrición principal y la lignina raramente se usa. Y otros elementos como el calcio cumplen la función de buffer (tampón) catalizador y el nitrógeno es consumida solo durante la etapa de incubación. Cuando el pH del sustrato baja a un valor ácido indica que es tiempo de terminar con el cultivo (Viziteu, 2005).

Cuadro 5. Fuentes orgánicas e inorgánicas como nutrientes en la producción de hongos comestibles.

Nutrientes		Materiales	
Fuentes de carbono	Celulosa	Materiales húmicos como madera, pajas, hojas, etc.	
	Hemicelulosa	“	
Fuentes de nitrógeno	Proteína	“	
	Amino nitrógeno	“	
Inorgánicas		K, P, Si, Fe, Mg, etc.	

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

Para el cultivo de la mayoría de los hongos se requieren sustratos con más carbono y menos nitrógeno, a diferencia del hongo *Agaricus bisporus* (champiñón). La mayoría de los desechos de la agricultura usados como

sustratos incluso el aserrín de madera, necesitan de suplementación con fuentes de nitrógeno, para alcanzar la proporción óptima de C/N (CHA *et al.* 1997).

No se puede instaurar una fórmula única y óptima de mezcla de sustrato que satisfaga a todos los productores, y esto se debe a que existen distintos desechos o materiales propias de cada región y en consecuencia a distintos precios. Por eso es conveniente que cada cultivador logre su fórmula más adecuada de mezcla de sustrato, considerando como referencia las fórmulas estándar de mezclas de sustrato.

La fermentación de los sustratos por lo general es necesario para conseguir mayor homogeneidad desde el punto de vista físico y químico, así como también mayor ablandamiento de la estructura de los desechos empleados como sustratos que permiten mayor absorción de agua dentro de sus fibras (Leal 1981).

2.5. Etapas del cultivo de *Pleurotus ostreatus*

El cultivo técnico de este *Pleurotus* pasa por procesos definidos que depende en este caso, si es un cultivo artesanal o un cultivo industrial, para este último es necesario contar con procesos con mayores condiciones e infraestructura. A fin de transferir una valoración práctica de los procesos que se requieren para el cultivo de hongos y específicamente de *Pleurotus*, se indica como ayuda el siguiente cuadro resumen:

Cuadro 6. Cuadro resumen de la producción de setas.

Fases	Procesos	Tiempo	Cultivo industrial	Cultivo domestico
Preparación del sustrato	Acondicionamiento del residuo		Paja de cereales, residuos de maíz, aserrín, solos o mezclados. picados	Paja de cereales picados, etc.
	Empapado	De unas horas a 2 días	Con agua	Con agua algo templada
	Mezcla de aditivos		Cal (40 a 60%)	Un poco de yeso bien fino mezclado con el resto
	Pasteurización. Ejemplo:	18 a 24 horas 8 horas 18 horas	80° C al vapor 60° C 50° C en aerobiosis	Una hora en agua a 80° C escurrir. 5 a 6 horas a vapor
Siembra de micelio	Mezclado		A 2 % con el sustrato (que estará a unos 25° C y con 70% de humedad).	4 % del sustrato húmedo.
Incubación		15 - 20 días	En sacos de plástico transparente o en recipientes cubiertos de plástico. Temperatura del local 18 a 25 ° C.	Igual que en el cultivo industrial
Producción de setas	Control de ambiente	Hasta 60 días (en tandas de 3 a 8 días con descansos de 10 a 20 días)		Temperatura del local menor a 25° C Humedad 80%, Iluminación diurna Mucha ventilación.

Fuente: adaptado de Garcia (s.f.).

2.5.1. Aislamiento y obtención de micelio

Este primer paso se realiza en muchos casos con especies de hongos silvestres comestibles, es decir, de hongos colectados de una zona en particular, en este caso no se obtiene la semilla mediante la compra. La ventaja

de comprar las semillas radica en que éstas serían mejoradas con mayores rendimientos en la producción.

A continuación se detalla el procedimiento de aislamiento: El basidiocarpo colectado del hongo en estado fresco y limpio de la más alta calidad en cuanto a tamaño, color y forma del especimen, es retirado con una pinza y bisturí una pequeña porción o sección de aproximadamente 0.5 cm² del contexto cercana a la base o pie de la muestra. Los fragmentos aislados se desinfectan con hipoclorito de sodio al 5 % en una proporción de 1:10 x 1 minuto, seguidamente los inóculos son enjuagados en agua destilada estéril y secados en papel filtro, y depositados en las placas Petri conteniendo el medio de cultivo Agar Papa Dextrosa (PDA). Toda esta operación debe realizarse con cuidado en la cámara de cultivo para evitar la contaminación. Las placas sembradas deben ser codificadas y selladas con Parafilm y depositadas en oscuridad para favorecer el crecimiento micelial (Botelho y Ramos 1985, Ríos y Ruiz 1993).

2.5.2. Semilla

Se considera como semilla a la expansión de masa de micelio principalmente obtenidos en granos de cereales, mediante el cual, se requiere incrementar metabólicamente al micelio a fin de que éste se encuentre en óptimas condiciones para el crecimiento en los sustratos de producción (Stamets 1993). Los granos de cereales constituyen una buena fuente para obtener la semilla, tales como: cebada, trigo resbalado, maíz, sorgo, arroz, entre otros, los cuales son necesarios hidratarlos hasta obtener una humedad de 45 a

50%. Luego el cereal se esteriliza en el autoclave y cuando se encuentra a temperatura ambiente se transfiere el micelio crecido previamente en el agar (Rodríguez y Gómez 2001).

La calidad de la semilla del hongo, conocida también como spawn o blanco de hongo, es un elemento clave para lograr altos rendimientos en la producción del hongo (Viziteu 2005).

2.5.3. Siembra del micelio en los sustratos

Es una actividad que consiste en añadir la semilla del hongo en una cantidad de 4 a 6 % del peso del sustrato estéril, esta acciones es recomendable realizar en una mesa grande y en un ambiente cerrado previamente desinfectado, a fin de evitar la contaminación (Rodríguez y Gómez 2001).

2.5.4. Incubación

Las bolsas son acomodadas en ambientes o estantes protegidas o recubiertas con plástico negro para generar oscuridad y mayor temperatura (20 a 28°C) y una humedad relativa alrededor del 70 a 80% a fin de que el micelio invada rápidamente el total del sustrato, teniendo en cuenta que éstas condiciones pueden variar dependiendo de la especie (Fernández 2004).

Para el caso de *Pleurotus*, el micelio coloniza totalmente el sustrato dentro de 20 – 21 días en condiciones óptimas, pero este tiempo puede ser más largo o corto según las condiciones ambientales, especies y cepas cultivadas. Si la temperatura dentro del ambiente de incubación es más baja

que la temperatura óptima, el proceso de incubación puede extenderse a 40 – 45 días. Si la temperatura es superior a 25 – 28 °C, las bolsas pueden recalentarse y como resultado el micelio podría morir o verse afectada por un exceso de temperatura (Viziteu 2005).

2.5.5. Inducción a la fructificación

La inducción se logra modificando el ambiente para que el micelio no pueda continuar con su crecimiento vegetativo y se convierta a un modo de crecimiento reproductivo, es decir, la aparición de primordios que indica el inicio del crecimiento del cuerpo fructífero. Este proceso se puede hacer mediante un choque a frío, riego y luz dependiendo de las especies. Una vez que brotan los primordios, es necesario interrumpir la inducción y mantener las condiciones ambientales que son favorables para la fructificación. En el crecimiento reproductivo, las concentraciones de dióxido de carbono deben 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). Para la inducción de primordios y la fructificación, el pH óptimo es de 5.0 - 5.5, aunque es posible entre 5.5 - 7.8, y se puede ajustar agregando yeso o cal (Viziteu 2005).

2.5.6. Fructificación

Inicia con la aparición de primordios que posteriormente formarán el cuerpo fructífero. Aquí es necesario cambiar las condiciones del cultivo

incrementando la humedad relativa y las condiciones de luminosidad para inducir a la formación de los hongos. La temperatura aquí debe ser similar al del hábitat natural donde crece el hongo (Fernández 2004).

Durante la producción de las setas, se produce la esporulación que consiste en el desprendimiento de millones de esporas que flotan en el ambiente en forma de niebla, que en muchos casos puede afectar a personas alérgicas. Por reducir este riesgo se recomienda el uso de mascarilla cuando se trabaja en el ambiente de producción (García s.f.).

2.5.7. Cosecha

Por lo general se realiza de forma manual realizando movimientos leves de torsión sobre la base del estípe o utilizando una cuchilla estéril para cortar en la base del hongo. La cosecha se realiza generalmente en tres períodos o denominadas también oleadas, la primera oleada donde se cosechan alrededor del 50% de la producción, la segunda el 30% y la tercera oleada solamente un aproximado de 20% de la producción. Desde el punto de vista económico, no es recomendable recoger más de tres cosechas ya que después la productividad es muy baja y el riesgo de contaminación aumenta (Oei 2003).

La maduración o desarrollo de los hongos es más rápido cuando la temperatura es la más óptima, pero cuanto más deprisa crecen, más pálidos y frágiles son. Por ello es preferible bajar la temperatura 2 ó 3°C con lo que se mantiene más la humedad y salen sombreros más gruesos y carnosos (García s.f.).

2.6. Plagas y enfermedades del género *Pleurotus*

Como cualquier otro cultivo u organismo vivo, el cultivo de *Pleurotus* spp. también está inmerso a problemas de plagas y enfermedades que pueden reducir o generar pérdidas en el rendimiento o en la calidad comercial del producto. Dichas alteraciones pueden ser ocasionado por factores bióticos como también abióticos, o bien una combinación de ambos. Entre las causas bióticas se encuentran los insectos, los hongos, ácaros, las bacterias y los virus, e incluso daños por roedores sino está protegido el ambiente de producción. Entre los factores abióticos esta temperatura, la luz, la concentración de anhídrido carbónico en el aire, la humedad relativa y la presencia de productos químicos tóxicos en el sustrato o en el ambiente de cultivo. Todas estas anomalías pueden presentarse en cualquier fase del ciclo de cultivo, afectando de manera adversa la cosecha final. Por esto es aconsejable la prevención y estar pendiente siempre con el fin de limitar la extensión de los daños (Sánchez y Royse 2001).

2.7. Antecedentes de investigaciones en cultivo de *Pleurotus* spp

Dewraj (2005) reporta que, mediante sustrato preparado a base de 800 g de bagazo + 100 g de cal + 100 g de semilla de maíz (1000 g de sustrato seco) obtuvo 250 g del hongo *Pleurotus ostreatus*, una eficiencia biológica de 25%. Regularmente, se cosechan tres oleadas de cada bolsa y el rendimiento es de aproximadamente un cuarto del peso seco del sustrato

Utilizando fibra de palma aceitera como sustrato con diferentes concentraciones de salvado de cereal como suplemento e inoculadas 6% de

semilla de *Pleurotus ostreatus*, incubadas a 25.2 °C de temperatura promedio y humedad relativa promedio de 78.4%, no reportaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos referente a número de carpóforos, tamaño y eficiencia biológica (Díaz y Carvajal 2014).

Romero *et al.* (2010), al evaluar la producción de fructificaciones de la cepa CP-50 de *Pleurotus ostreatus* en distintos sustratos, obtuvieron en el sustrato paja de trigo el periodo de producción total más corto (63 días), en cebada (68 días), en hoja de plátano deshidratados (72 días), en rastrojo de maíz (84 días) y el mayor periodo de producción fue en pajilla de frijol con (95 días), con un total de tres cosechas por sustrato. En cuanto a la tasa de producción (TP) el sustrato paja de trigo presentó valores más alto (2.08 y 2.20%), seguido por cebada (1.77 y 1.90%), hoja de plátano (1.71 y 1.54%), maíz (0.99 y 0.99) y el menor valor en pajilla de frijol (0.70 y 0.80%).

Utilizando como sustratos tusa de maíz y aserrín de roble en la producción de *Pleurotus ostreatus*, reportaron una eficiencia biológica de 56.7% sobre la tusa de maíz y de 70% en aserrín de roble, y en cantidad de setas producidas fue de 810 hongos para aserrín de roble y 800 hongos para tusa de maíz (López-Rodríguez *et al.* 2006).

Zárate (2015) al utilizar sustratos a base de panca de maíz y paja de arroz en el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* reporta una velocidad de crecimiento micelial de 1.17 cm/día en panca de maíz y 0.99 cm/día en paja de arroz, con una eficiencia biológica y tasa de producción de 93.83% y 2.07% en panca de maíz respectivamente y en paja de arroz de 72.37% y 1.35% respectivamente. Presentando excelente dispersión de datos.

Apaza (2018) al producir *Pleurotus djamor* en sustratos a base de paja de arroz, tuza de maíz y bagazo de caña de azúcar, obtuvo la fructificación del hongo en menor tiempo con el sustrato a base de paja de arroz (13 días después de la siembra de micelio), una eficiencia biológica de 79.09%, un rendimiento de 19.54% y una tasa de producción de 5.75% en comparación a los demás tratamientos.

Investigaciones a base de desechos agrícolas en la producción de *Pleurotus ostreatus*, reportan resultados en cuanto a eficiencia biológica (40 – 48%) con la mezcla de sobrante de café pasado con bagazo de caña de azúcar o con tallo de maíz y una productividad entre 0.715 y 0.905 kg de hongos frescos por cada 100kg de sustrato seco al día (Garzón y Cuervo 2008).

Pruebas de aislamiento de micelio y producción de basidiocarpos con *Pleurotus ostreatus* utilizando medios de cultivo diferentes a nivel de laboratorio, obtienen mayor crecimiento de micelio con el trigo autoclavado, a 28 °C de temperatura y bajo condiciones de oscuridad; mientras que para el desarrollo de basidiocarpos fue necesario la luz natural del ambiente del laboratorio (Rios y Ruiz 1993).

Al investigar la productividad de cinco cepas de *P. ostreatus* cultivada sobre testas de semilla de girasol suplementadas con amonio y manganeso, a condiciones de 21°C de temperatura, de 80 a 90% de humedad relativa y 12 horas de luz (1500 a 2000 lux), consiguen 1.2 a 3 kg de setas por 100 kg de sustrato seco/día (Curvetto *et al.* 2002).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación de la zona de estudio

3.1.1. Ubicación política

La etapa inicial de esta investigación fue realizada en los ambientes del Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación adscrita a la Escuela Profesional de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria de la Selva. La fase final que corresponde a la producción de las setas se realizó en un ambiente acondicionado simulando a un invernadero, ubicada en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco.

3.2. Ecología y clima

La zona de estudio corresponde a la formación vegetal bosque muy húmedo Pre-montano Sub Tropical (bmh-PST) según Holdrige (1982), de acuerdo a las regiones naturales del Perú a la región Rupa Rupa o Selva Alta (Pulgar 1941). Presenta una precipitación anual promedio de 3428.8 mm, produciéndose mayores lluvias entre los meses de septiembre a abril y alcanza un máximo extremo en el mes de enero con un promedio mensual de 483.6

mm; una humedad relativa de 87%, una temperatura máxima de 29.4 °C, mínima de 19.2 °C, y media anual de 24.3°C (Senamhi 2017).

3.3. Materiales

3.3.1. Material biológico

Las cepas utilizadas como material biológico para las pruebas del experimento fueron hongos comestibles del género *Pleurotus* sp. y fueron proporcionados por la jefatura del laboratorio. Dos cepas fueron aisladas procedentes de la zona de Tingo María, y dos cepas fueron exóticas, es decir traídas de otras regiones. Tal como se indica en el cuadro 7 y Figura 2.

Cuadro 7. Cepas de *Pleurotus* utilizados como material biológico.

Código	Especies y Descripción
PO-BA	<i>Pleurotus ostreatus</i> cepa Buenos Aires (Argentina)
PO-CH	<i>Pleurotus ostreatus</i> cepa Cayetano Heredia (Lima-Perú)
PD-TM	<i>Pleurotus djamor</i> cepa Tingo María (Amazonia - Perú)
PO-TM	<i>Pleurotus ostratus</i> cepa Tingo María (Amazonia - Perú)



Figura 2. Basidiocarpo de las distintas procedencias de *Pleurotus*.

[PD-TM] *Pleurotus djamor* cepa Tingo María

[PO-TM] *Pleurotus ostreatus* cepa Tingo María

[PO-CH] *Pleurotus ostreatus* cepa Cayetano Heredia

[PO-BA] *Pleurotus ostreatus* cepa Buenos Aires

3.3.2. Materiales y equipos

Materiales de vidrio, materiales de laboratorio, materiales de campo, granos de cereales, equipos como cámara fotográfica digital, cámara de cultivo, estufa, autoclave, refrigerador e incubadora.

3.3.3. Reactivos

Medio de cultivo Agar Papa Dextrosa (PDA), hipoclorito de sodio (lejía), alcohol de 70 y 96 grados.

3.4. Metodología

3.4.1. Para determinar la producción de setas en peso fresco de cuatro cepas de *Pleurotus* utilizando como sustratos residuos de tallo de maíz y paja de arroz

A. Fase de laboratorio

3.4.1.1. Preparación de medio y plaqueado de agar papa dextrosa (PDA)

Tal como establece las indicaciones de preparación del medio, se agregaron 29 gramos del medio comercial agar papa dextrosa en 1000 ml de agua destilada, luego se calentó hasta hervir agitando constantemente el medio por un periodo de tiempo aproximado de 10 minutos. Inmediatamente se depositaron en frascos Erlenmeyer de 250 ml donde se depositaron 100 ml de medio PDA (Figura 3). Luego la boca fue tapada con algodón y protegida con papel. Después fue esterilizado en autoclave 15 minutos y a 1.5 lb de presión por cm². Posteriormente se trasladaron los frascos a la cámara de cultivo (cámara de flujo laminar) para someterle a rayos ultravioletas (UV) por 15 minutos con todos los demás utensilios a utilizar, esto para asegurar mayor asepsia. Inmediatamente se depositaron en las placas Petri unos 10 ml del medio PDA (Anexo 6, Figura 12).



Figura 3. Modo de preparación del medio de cultivo agar papa dextrosa.

3.4.1.2. Activación y reproducción del micelio de las cepas de *Pleurotus*

Las cepas conservadas en granos de cebada fueron sacadas del refrigerador donde fueron conservados en frío, esta acción se realizó con la finalidad de que se active el micelio por un periodo de 48 horas. Después se sembraron un cm^2 de micelio de cada en el centro de las placas conteniendo el medio de cultivo. Esta operación fue realizada en la cámara de cultivo, las placas fueron codificadas y selladas con Parafilm. Al cabo de 8 a 10 días el micelio ha cubierto el área de las placas. En la figura 4 se aprecia la reproducción del micelio de las 4 cepas de *Pleurotus*.



Figura 4. Activación y reproducción del micelio de cepas de *Pleurotus*.

3.4.1.3. Obtención del micelio semilla “spawn”

Para iniciar todo proceso de producción de hongos comestibles, es necesario contar con la suficiente cantidad de semilla y de buena calidad. En este caso, la semilla fue obtenida a través de la siembra del micelio activado y reproducido en el medio PDA de las distintas cepas de *Pleurotus* en granos de trigo (trigo resbalado). Los envases utilizados fueron pomos de vidrio de más o menos medio litro debidamente lavadas y esterilizadas en estufa a 160°C por dos horas. El procedimiento para la obtención de la semilla fue como se describe:

- Los granos de trigo seleccionados y en buen estado fueron precocidos, el cual ha consistido en depositar los granos en el agua hirviendo por un periodo de 12 minutos, luego fue escurrido y enfriado.
- Se agregaron y homogeneizaron 3.5 gramos de cal por kilogramos de grano de trigo precocido.
- El trigo fue depositado en envases de vidrio hasta las 2/3 parte del volumen del pomo y tapados herméticamente con papel aluminio y la tapa rosca.
- Se esterilizaron los pomos con el trigo en autoclave por 45 minutos y a 1.5 lb de presión por cm^2 .
- Después del esterilizado se trasladaron los pomos a la cámara de cultivo (cámara de flujo laminar) para someterle a rayos ultravioletas (UV) por 15 minutos con todos los demás utensilios a utilizar, esto para asegurar mayor asepsia.
- Se extrajo un aproximado de 3cm^2 de micelio crecido en las placas Petri con medio PDA y se depositaron en los pomos con el trigo autoclavado, éstos posteriormente fueron sometidos a oscuridad en la incubadora. El micelio al cabo de 15 a 20 días ha crecido e invadido el trigo, constituyéndose éste en la semilla lograda en la cantidad deseada de micelio para las pruebas de siembra en los sustratos en la fase campo.



Figura 5. Micelio “semilla” de cepas de *Pleurotus* reproducidos en granos de trigo.

B. Fase de campo

3.4.1.4. Fermentación del sustrato

Los sustratos seccionados manualmente en pedazos de 2 a 4 cm de largo fueron sometidos a un proceso de fermentación por un periodo de 4 días, el cual ha consistido en humedecer el sustrato y envolver con plástico negro con la finalidad de generar mayor temperatura a la del ambiente y de ese modo incrementar la activación de los microorganismos termofílicos. El sustrato fue volteado dos veces por día y humedecido si era necesario (Anexo 6, Figura 13, 14).

3.4.1.5. Semiesterilizado del sustrato

Fue realizada a vapor caliente, generado al hervir el agua en el interior de un cilindro, donde por encima del nivel del agua fue colocada una parrilla de fierro para sentar el costal con el sustrato, el cilindro fue tapado y presionado con un objeto pesado para asegurar que el vapor se mantenga en el interior antes de fugarse por los bordes del cilindro y de esa manera lograr una semiesterilización uniforme. Este proceso se llevó a cabo por un periodo de tiempo de 5 horas (Anexo 6, Figura 15).

3.4.1.6. Siembra del micelio del hongo (semilla) en los sustratos

Cuando el sustrato después de 24 horas se encontraba a temperatura del ambiente, éste fue esparcido en una mesa limpia y previamente desinfectada, procediéndose a depositar el sustrato en las bolsas transparentes (dimensiones 35 x 50 cm) y agregando por cada capa de sustrato la semilla a razón de aproximadamente 4% respecto al peso del sustrato húmedo. Luego las bolsas fueron amarrados en su extremo superior y picadas con un punzón fino (aguja grande) a fin de que el hongo pueda respirar e intercambiar los gases con la parte exterior de la bolsa, posteriormente fueron rotulados indicando la fecha de siembra, el nombre del hongo y el tratamiento respectivo. Con respecto a los sustratos se evaluaron el peso inicial al momento de la siembra y final con la cosecha de los cuerpos fructíferos. (Anexo 2, Figura 33 y 34).

3.4.1.7. Incubación de las bolsas sembradas

Ha consistido en depositar las bolsas en un estante y cubrirlas en su totalidad con plástico negro para generar un ambiente oscuro y de ese modo también aumentar la temperatura en unos grados más que del ambiente externo. Al cabo de 12 días para algunas especies y de 20 días para otras especies se ha retirado los plásticos a fin de inducir la fructificación.

3.4.1.8. Inducción, fructificación y cosecha de los hongos

Fue un proceso muy importante, el cual consistió en administrarle luz natural, mayor humedad y ventilación a las bolsas. Al cabo del cual inicia la fructificación de los basidiocarpos (Anexo 6, Figuras 18, 19 y 20) y en consecuencia la cosecha (Anexo 6, Figura 17 y 21). En esta etapa se realizó el riego del piso del ambiente de producción para lograr mayor humedad, así como los cuidados necesarios.

3.4.1.9. Peso fresco de los basidiocarpos

Una vez que las setas de los *Pleurotus* lograron la madurez, estos fueron cosechados torciendo levemente con los dedos de la mano hasta que se desglose de las bolsas, luego fueron pesados en una balanza digital considerando los tratamientos y repeticiones (Anexo 1, Cuadro 25 al 32).

3.4.2. Para determinar el tiempo de corrida del micelio y la eficiencia biológica de cuatro cepas de *Pleurotus* utilizando como sustratos residuos de tallo de maíz y paja de arroz

3.4.2.1. Tiempo de corrida del micelio

Se evaluó el tiempo en días en el cual el hongo coloniza el sustrato (días desde la siembra del micelio en el sustrato/bolsa hasta que colonice por completo el micelio del hongo e inicie la aparición de los primordios).

3.4.2.2. Eficiencia biológica (% EB)

Obtenida mediante la fórmula citada por Bautista *et al.* (2003), dividiendo el peso fresco del total de los hongos cosechados entre el peso seco del sustrato y multiplicado por 100.

$$\text{E.B (\%)} = \frac{\text{Peso total de hongo fresco cosechado}}{\text{Peso del sustrato seco (g)}} \times 100$$

3.4.3. Para determinar el rendimiento y la tasa de producción de cuatro cepas de *Pleurotus* utilizando como sustratos residuos de tallo de maíz y paja de arroz

3.4.3.1. El Rendimiento (%)

Se calculó mediante el peso fresco del total de la cosecha de los hongos expresados en gramos o kilogramos, dividido entre el peso del sustrato

húmedo ocupada por las bolsas y multiplicado por cien, fórmula citada por Bautista *et al.* (2003).

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

3.4.3.2. Tasa de producción (%)

Obtenida dividiendo la eficiencia biológica entre el número de días transcurridos desde la siembra del micelio del hongo (bolsas) hasta el inicio de la cosecha, fórmula mencionada por Bautista *et al.* (2003).

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

3.4.4. Para determinar el ciclo de cultivo de cuatro cepas de hongos comestibles del género *Pleurotus*

Se evaluó la duración en días de cada cepa para las siguientes cuatro etapas:

1. Crecimiento del micelio en cajas Petri
2. Obtención de la semilla en trigo resbalado
3. Colonización de la semilla en los sustratos
4. Fructificación de la primera cosecha

3.5. Diseño de investigación

3.5.1. Tipo de diseño

Diseño de carácter experimental, empleándose el diseño completamente al azar (DCA) con 8 tratamientos, 10 repeticiones y 80 unidades experimentales e interactuándose cepas de *Pleurotus* y tipo de sustrato.

3.5.2. Análisis de datos estadísticas

Los datos fueron procesados en el programa Microsoft Excel 2016, procesados y analizados estadísticamente por SPSS Versión 22 de licencia libre, efectuando un análisis de varianza (ANOVA) y posteriormente se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha=0.05$) para determinar las diferencias entre tratamientos.

3.5.3. Tratamientos

Se instituyeron ocho tratamientos constituidos por un peso determinado de tallo de maíz y un peso determinado de paja de arroz (Cuadro 8).

Cuadro 8. Descripción de los tratamientos investigados.

Trat.	Sustrato	Cepa Hongo	Descripción
T1	Tallo de maíz	[PO-BA]	560 g tallo de maíz + <i>Pleurotus ostreatus</i> cepa Buenos Aires
T2	Paja de arroz	[PO-BA]	425 g paja de arroz + <i>Pleurotus ostreatus</i> cepa Buenos Aires
T3	Tallo de maíz	[PO-CH]	560 g tallo de maíz + <i>Pleurotus ostreatus</i> cepa Cayetano Heredia

T4	Paja de arroz	[PO-CH]	425 g paja de arroz + <i>Pleurotus ostreatus</i> cepa Cayetano Heredia
T5	Tallo de maíz	[PD-TM]	560 g tallo de maíz + <i>Pleurotus djamor</i> cepa Tingo María
T6	Paja de arroz	[PD-TM]	425 g paja de arroz + <i>Pleurotus djamor</i> cepa Tingo María
T7	Tallo de maíz	[PO-TM]	560 g tallo de maíz + <i>Pleurotus ostreatus</i> cepa Tingo María
T8	Paja de arroz	[PO-TM]	425 g paja de arroz + <i>Pleurotus ostreatus</i> cepa Tingo María

3.5.4. Croquis del experimento

Se instalaron ocho tratamientos basados en cuatro cepas de *Pleurotus* y dos sustratos distribuido en 10 reparticiones (Cuadro 9).

Cuadro 9. Diseño utilizado en campo.

Tratamiento	Repetición									
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

3.5.5. Modelo de análisis de varianza

El modelo utilizado fue el que se indica en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Modelo de análisis de varianza.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M	F calculado
Tratamientos	$t - 1 = 7$	SC (trat)	CM (trat) = SC(trat)/GL(trat)	CM(trat)/CM(error)

Error experimental	$t^*(r-1) = 72$	SC (error)	CM(error) = SC(error)/GL(trat)
Total	$t^*r - 1$	SC (total)	

El modelo aditivo lineal:

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

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta

μ = Efecto de la media general

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

ε_{ij} = Efecto aleatorio o error experimental

3.5.6. Análisis estadístico

Fue elaborado con datos de la media o promedio, valores máximos y valores mínimos, rango, error estándar (EE), desviación estándar (DE), coeficiente de variación (CV), datos que permitieron entender la variabilidad de los valores (Cuadro 11).

Para la prueba de homogeneidad de las variables (producción en peso fresco de las setas, tiempo de corrida del micelio, eficiencia biológica, rendimiento y la tasa de producción, se utilizó el estadístico de Levene (anexo 4, Cuadro 36).

La prueba de normalidad de las variables se determinó utilizando las pruebas estadísticas de Kolmogorov-Smirnova y Shapiro-Wilk a fin de conocer si los datos corresponden a una distribución normal, donde se plantearon como hipótesis:

Hipótesis nula (H₀): las varianzas de ambos grupos no son diferentes, es decir siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H₁): las varianzas de ambos grupos son diferentes, es decir no siguen una distribución normal.

Basándonos en el valor de “p”, Si:

- $p > 0.05$: aceptamos la hipótesis nula (H₀).
- $p \leq 0.05$: rechazamos la hipótesis nula (H₀).

En este caso, tal como se observa en el Anexo 3 (Kolmogorov-Smirnova) se acepta la hipótesis nula ($p > 0.05$), es decir nuestras varianzas siguen una distribución normal, lo que quiere decir que con un nivel de confianza de 95% no existen diferencias entre la distribución observada y la distribución esperada o teórica. Entonces el resultado de las varianzas no son diferentes, dicho de otro modo son homogéneas, por lo tanto tienen homocedasticidad y también normalidad, entonces podemos aplicar la prueba paramétrica (Anexo 3, Cuadro 35).

3.5.7. Variables evaluadas

3.5.7.1. Variables independientes

- Los residuos de origen agrícola: tallo de maíz, paja de arroz (variable discreta, cualitativa, nominal).
- *P. ostreatus* cepa Buenos Aires.
- *P. ostreatus* cepa Cayetano Heredia.
- *P. djamor* cepa Tingo María.
- *P. ostreatus* cepa Tingo María.

3.5.7.2. Variables dependientes

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

3.5.7.3. Variables intervinientes

- Humedad
- Temperatura
- Aireación.

3.6. Procesamiento de los resultados y análisis estadístico

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

IV. RESULTADOS

4.1. Producción de setas en peso fresco de cuatro cepas de *Pleurotus* utilizando como sustratos residuos de tallo de maíz y paja de arroz

Mayor producción de setas entre las cuatro cepas de *Pleurotus*, se obtuvo con el tratamiento 425 g de paja de arroz con *Pleurotus ostreatus* cepa Cayetano Heredia con el valor de 263.50 ± 21.20 g, seguido de 425 g de paja de arroz con *P. djamor* cepa Tingo María con el valor de 234.20 ± 15.19 g. El tratamiento con el más bajo peso fresco de setas fue el tratamiento 560 g de tallo de maíz con *P. ostreatus* cepa Cayetano Heredia con el valor de 70.80 ± 7.68 g. De manera general, el sustrato a base de paja de arroz ha logrado los mayores promedios de producción de setas en las cepas estudiadas (Cuadro 11, datos en Anexo 1, Cuadro 25 al 32).

Cuadro 11. Descriptivos del peso fresco (g) de la producción de basidiocarpos de cuatro cepas de *Pleurotus*.

Tratamientos	N	Media	E.E.	D.E.	Varianza	Mínimo	Máximo	C.V.
560 g tallo de maíz PO-BA	10	102.60	14.18	44.83	2009.82	36.00	154.00	13.82
425 g paja de arroz PO-BA	10	200.50	24.99	79.02	6244.06	98.00	351.00	12.46
560 g tallo de maíz PO-CH	10	70.80	7.68	24.28	589.29	30.00	109.00	10.84
425 g paja de arroz PO-CH	10	263.50	21.20	67.04	4494.94	190.00	382.00	8.05
560 g tallo de maíz PD-TM	10	84.70	17.33	54.81	3003.79	11.00	175.00	20.46
425 g paja de arroz PD-TM	10	234.20	15.19	48.02	2305.96	180.00	322.00	6.48

560 g tallo de maíz PO-TM	10	94.00	14.68	46.44	2156.44	34.00	170.00	15.62
425 g paja de arroz PO-TM	10	159.30	15.85	50.12	2511.79	98.00	231.00	9.95
Total	80	151.20	16.39	51.82	2914.51	84.63	236.75	12.21

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

El análisis de varianza (ANVA), nos demuestra que existen efectos significativos ($p < 0.05$) entre las cepas estudiadas con respecto a los sustratos a base de tallo de maíz y paja de arroz (Cuadro 12).

Cuadro 12. Análisis de varianza de la producción en peso fresco de las cepas de *Pleurotus*.

Fuente de Variación	GL	SC	MC	Fc	Sig.
Tratamientos	7	385166.000	55023.714	18.879	0.000
Error Experimental	72	209844.800	2914.511		
Total	79	595010.800			

Al realizar la prueba de comparación de medias al 5% para esta variable, se aprecian cuatro subconjuntos entre los tratamientos, donde las medias más altas ($p < 0.05$), tienen *P. ostreatus* cepa Cayetano Heredia y *P. djamor* cepa Tingo María, ambos sobre sustrato a base de paja de arroz (Cuadro 13 y Figura 6).

Cuadro 13. Prueba de Tukey del peso fresco de las cepas de *Pleurotus*.

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
560 g tallo de maíz PO-CH	10	70.80			
560 g tallo de maíz PD-TM	10	84.70	84.70		
560 g tallo de maíz PO-TM	10	94.00	94.00		
560 g tallo de maíz PO-BA	10	102.60	102.60		
425 g paja de arroz PO-TM	10		159.30	159.30	

425 g paja de arroz PO-BA	10	200.50	200.50
425 g paja de arroz PD-TM	10	234.20	234.20
425 g paja de arroz PO-CH	10		263.50

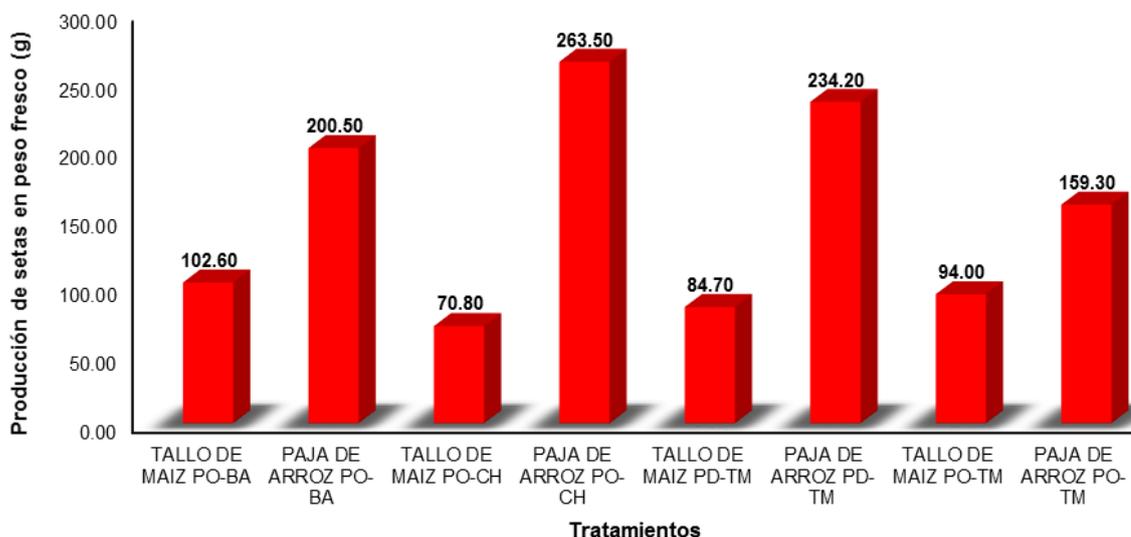


Figura 6. Producción de setas en peso fresco de cuatro cepas de *Pleurotus*.

4.2. Tiempo de corrida del micelio y la eficiencia biológica de cuatro cepas de *Pleurotus*

Menor tiempo de corrida del micelio entre las cuatro cepas de *Pleurotus* se obtuvo con el tratamiento 425 g de paja de arroz con *Pleurotus djamor* cepa Tingo María (14.40 ± 0.16 días), seguido de 425 g de paja de arroz con *P. ostreatus* cepa Tingo María (16.00 ± 0.00 días). El tratamiento con el mayor tiempo de corrida del micelio fue el de 560 g de tallo de maíz con *P. ostreatus* cepa Cayetano Heredia (45.90 ± 2.19 días). Todos los tratamientos que ocuparon el menor tiempo de corrida del micelio fueron con el sustrato a base de paja de arroz (Cuadro 14).

En cuanto a la eficiencia biológica, el tratamiento 425 g de paja de arroz con *Pleurotus ostreatus* cepa Cayetano Heredia obtuvo la media más alta ($62.00 \pm 4.99 \%$), seguido de 425 g de paja de arroz con *Pleurotus djamor* cepa Tingo María ($55.10 \pm 3.57 \%$). Las medias con mayor eficiencia biológica fueron con el sustrato a base de paja de arroz. El tratamiento con la menor eficiencia biológica ($12.64 \pm 1.37 \%$), fue el de 560 g de tallo de maíz con *P. ostreatus* cepa Cayetano Heredia (Cuadro 14).

Cuadro 14. Descriptivos de la fructificación del Tiempo de Corrida del Micelio y la Eficiencia Biológica.

VARIABLE	TRATAMIENTO	N	MEDIA	E.E.	D.E.	VAR.	MÍN.	MÁX.	C.V.
Tiempo de corrida del micelio	560 g tallo de maíz PO-BA	10	39.80	2.70	8.53	72.84	32.00	55.00	6.78
	425 g paja de arroz PO-BA	10	32.20	0.88	2.78	7.73	30.00	39.00	2.73
	560 g tallo de maíz PO-CH	10	45.90	2.19	6.94	48.10	31.00	55.00	4.78
	425 g paja de arroz PO-CH	10	29.90	0.10	0.32	0.10	29.00	30.00	0.33
	560 g tallo de maíz PD-TM	10	17.20	0.99	3.12	9.73	14.00	23.00	5.74
	425 g paja de arroz PD-TM	10	14.40	0.16	0.52	0.27	14.00	15.00	1.13
	560 g tallo de maíz PO-TM	10	16.10	0.28	0.88	0.77	15.00	17.00	1.72
	425 g paja de arroz PO-TM	10	16.00	0.00	0.00	0.00	16.00	16.00	0.00
	TOTAL	80	26.44	0.91	2.88	17.44	22.63	31.25	2.90
Eficiencia Biológica (%)	560 g tallo de maíz PO-BA	10	18.322	2.53	8.00	64.08	6.43	27.50	13.82
	425 g paja de arroz PO-BA	10	47.177	5.88	18.59	345.70	23.06	82.59	12.46
	560 g tallo de maíz PO-CH	10	12.643	1.37	4.33	18.78	5.36	19.46	10.84
	425 g paja de arroz PO-CH	10	62.002	4.99	15.77	248.83	44.71	89.88	8.05
	560 g tallo de maíz PD-TM	10	15.125	3.09	9.79	95.79	1.96	31.25	20.46
	425 g paja de arroz PD-TM	10	55.104	3.57	11.30	127.66	42.35	75.76	6.48
	560 g tallo de maíz PO-TM	10	16.786	2.62	8.29	68.76	6.07	30.36	15.62
	425 g paja de arroz PO-TM	10	37.483	3.73	11.79	139.07	23.06	54.35	9.95
	TOTAL	80	33.08	3.47	10.98	138.58	19.13	51.39	12.21

E.E.= Error estándar; D.E.= Desviación estándar. VAR. = Varianza, C.V. = Coeficiente de variación.

El análisis de varianza (ANVA), nos demuestra que existen efectos significativos ($p < 0.05$) en el tiempo de corrida del micelio (fructificación de setas días después de la siembra) entre las cepas estudiadas con respecto a los sustratos a base de tallo de maíz y paja de arroz (Cuadro 15).

Cuadro 15. Análisis de varianza del Tiempo de Corrida del Micelio.

Fuente de Variación	GL	SC	MC	Fc	Sig.
Tratamientos	7	10485.788	1497.970	85.878	0.000
Error Experimental	72	1255.900	17.443		
Total	79	11741.688			

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey al 5% para la variable tiempo de corrida del micelio de las cuatro cepas de *Pleurotus*, es decir, referido a los tratamientos que fructificaron en menor tiempo (días) contados desde la siembra del micelio en los sustratos hasta la fructificación. Se aprecian cuatro subconjuntos entre los tratamientos, donde las medias más bajas ($p < 0.05$) se obtuvo con los tratamientos 425 g de paja de arroz con *Pleurotus djamor* cepa Tingo María y 425 g de paja de arroz con *P. ostreatus* cepa Tingo María. Ambos sustratos con las cepas Tingo María lograron menores promedios de tiempo de corrida del micelio (Cuadro 16 y Figura 7).

Cuadro 16. Prueba de Tukey del Tiempo de Corrida del Micelio.

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
425 g paja de arroz PD-TM	10	14.40			
425 g paja de arroz PO-TM	10	16.00			

560 g tallo de maíz PO-TM	10	16.10		
560 g tallo de maíz PD-TM	10	17.20		
425 g paja de arroz PO-CH	10		29.90	
425 g paja de arroz PO-BA	10		32.20	
560 g tallo de maíz PO-BA	10			39.80
560 g tallo de maíz PO-CH	10			45.90

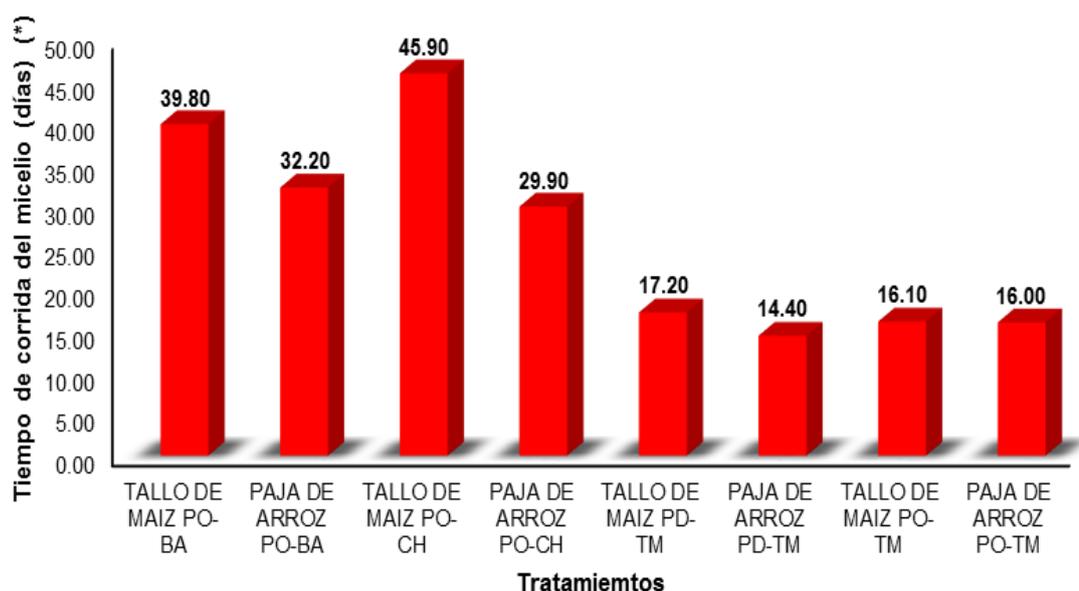


Figura 7. Tiempo de corrida del micelio en la producción de setas de cuatro cepas de *Pleurotus*.

(*) inicio de la producción de setas días después de la siembra

El análisis de varianza (ANVA), nos demuestra que existen efectos significativos ($p < 0.05$) en la eficiencia biológica entre las cepas estudiadas con respecto a los sustratos a base de tallo de maíz y paja de arroz (Cuadro 17).

Cuadro 17. Análisis de varianza de la eficiencia biológica.

Fuente de Variación	GL	SC	MC	Fc	Sig.
Tratamientos	7	27629.965	3947.138	28.482	0.000

Error Experimental	72	9977.997	138.583
Total	79	37607.962	

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey al 5% para la variable eficiencia biológica de las cuatro cepas de *Pleurotus*, Se aprecian tres subconjuntos entre los tratamientos, notándose mayores eficiencias biológicas ($p < 0.05$) con los tratamientos a base de paja de arroz y cepas *Pleurotus ostreatus* cepa Cayetano Heredia, *P. djamor* cepa Tingo María y cepa *P. ostreatus* cepa Buenos Aires (Cuadro 18 y Figura 8).

Cuadro 18. Prueba de Tukey de la eficiencia biológica.

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
560 g tallo de maíz PO-CH	10	12.64		
560 g tallo de maíz PD-TM	10	15.13		
560 g tallo de maíz PO-TM	10	16.79		
560 g tallo de maíz PO-BA	10	18.32		
425 g paja de arroz PO-TM	10		37.48	
425 g paja de arroz PO-BA	10		47.18	47.18
425 g paja de arroz PD-TM	10			55.10
425 g paja de arroz PO-CH	10			62.00

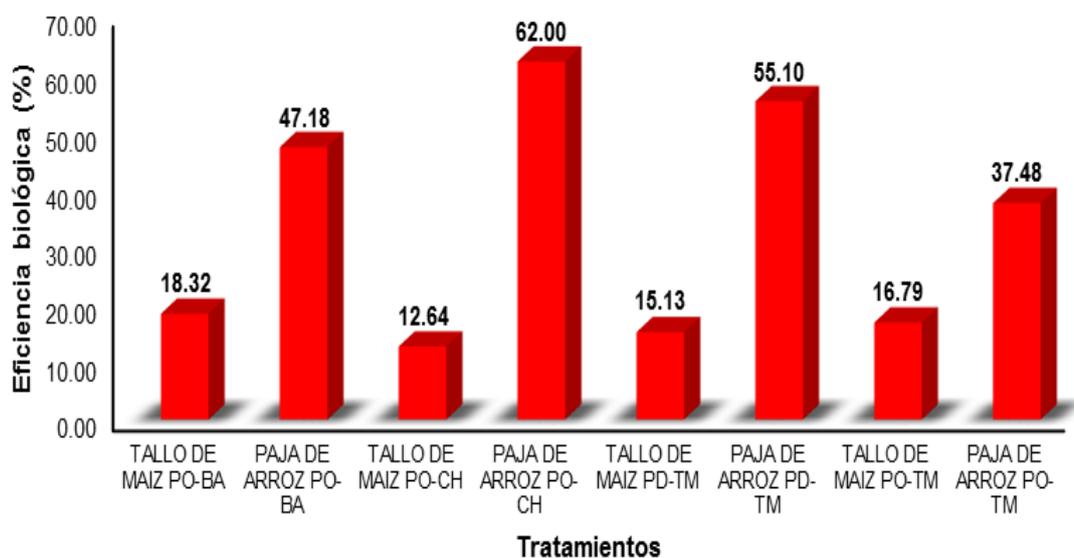


Figura 8. Eficiencia Biológica en la producción de setas de cuatro cepas de *Pleurotus*.

4.3. Rendimiento y la tasa de producción de cuatro cepas de *Pleurotus*

Mayor rendimiento entre las cuatro cepas de *Pleurotus* se obtuvo con el tratamiento 425 g de paja de arroz con *Pleurotus djamor* cepa Tingo María ($20.76 \pm 1.34\%$), seguido de 425 g de paja de arroz con *P. ostreatus* cepa Cayetano Heredia ($18.32 \pm 1.34\%$). El tratamiento con el menor rendimiento fue el de 560 g de tallo de maíz con *P. djamor* cepa Tingo María ($5.10 \pm 0.99\%$). Todos los tratamientos con los menores rendimiento fueron con el sustrato a base de tallo de maíz (Cuadro 19).

En cuanto a la tasa de producción, el tratamiento 425 g de paja de arroz con *Pleurotus djamor* cepa Tingo María obtuvo la media más alta ($3.84 \pm 0.26\%$), seguido de 425 g de paja de arroz con *Pleurotus ostreatus* cepa Tingo María ($2.34 \pm 0.23\%$). Las medias con mayor tasa de producción fueron con el

sustrato a base de paja de arroz. El tratamiento con la menor tasa de producción ($0.29 \pm 0.05\%$), fue el de 560 g de tallo de maíz con *P. ostreatus* cepa Cayetano Heredia (Cuadro 19).

Cuadro 19. Descriptivos del rendimiento y la tasa de producción de *Pleurotus*.

VARIABLE	TRATAMIENTO	N	MEDIA	E.E.	D.E.	VAR.	MÍN.	MÁX.	CV
Rendimiento (%)	560 g tallo de maíz PO-BA	10	8.45	1.11	3.50	12.22	3.01	13.40	13.09
	425 g paja de arroz PO-BA	10	16.21	2.25	7.13	50.84	6.06	29.35	13.91
	560 g tallo de maíz PO-CH	10	6.49	0.73	2.29	5.26	2.96	9.97	11.18
	425 g paja de arroz PO-CH	10	18.32	1.34	4.23	17.85	13.73	25.34	7.29
	560 g tallo de maíz PD-TM	10	5.10	0.99	3.13	9.82	0.75	10.76	19.42
	425 g paja de arroz PD-TM	10	20.76	1.34	4.23	17.88	16.36	31.35	6.44
	560 g tallo de maíz PO-TM	10	6.13	0.98	3.11	9.64	2.58	11.10	16.02
	425 g paja de arroz PO-TM	10	15.57	1.29	4.09	16.76	9.59	21.43	8.31
	TOTAL	80	12.13	1.25	3.96	17.53	6.88	19.09	11.96
Tasa de producción (%)	560 g tallo de maíz PO-BA	10	0.51	0.09	0.28	0.08	0.12	0.86	17.17
	425 g paja de arroz PO-BA	10	1.49	0.21	0.65	0.43	0.72	2.75	13.82
	560 g tallo de maíz PO-CH	10	0.29	0.05	0.15	0.02	0.10	0.63	15.77
	425 g paja de arroz PO-CH	10	2.07	0.16	0.52	0.27	1.49	3.00	7.97
	560 g tallo de maíz PD-TM	10	0.94	0.21	0.67	0.46	0.09	2.23	22.77
	425 g paja de arroz PD-TM	10	3.84	0.26	0.83	0.69	2.82	5.41	6.87
	560 g tallo de maíz PO-TM	10	1.06	0.18	0.56	0.31	0.36	1.90	16.54
	425 g paja de arroz PO-TM	10	2.34	0.23	0.74	0.54	1.44	3.40	9.95
	TOTAL	80	1.57	0.17	0.55	0.35	0.89	2.52	13.86

E.E.= Error estándar; D.E.= Desviación estándar. VAR. = Varianza, C.V. = Coeficiente de variación.

El análisis de varianza (ANVA), nos demuestra que existen efectos significativos ($p < 0.05$) en el rendimiento entre las cepas estudiadas con respecto a los sustratos a base de tallo de maíz y paja de arroz (Cuadro 20).

Cuadro 20. Análisis de varianza del rendimiento en la producción de *Pleurotus*.

Fuente de Variación	GL	SC	MC	Fc	Sig.
Tratamientos	7	2719.876	388.554	22.159	0.000
Error Experimental	72	1262.489	17.535		
Total	79	3982.365			

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento de las cuatro cepas de *Pleurotus*, se aprecian dos subconjuntos entre los tratamientos, notándose los mayores rendimientos ($p < 0.05$) con los tratamientos a base de paja de arroz (Cuadro 21 y Figura 9).

Cuadro 21. Prueba de Tukey del Rendimiento en la producción de *Pleurotus*.

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
560 g tallo de maíz PD-TM	10	5.10	
560 g tallo de maíz PO-TM	10	6.13	
560 g tallo de maíz PO-CH	10	6.49	
560 g tallo de maíz PO-BA	10	8.45	
425 g paja de arroz PO-TM	10		15.57
425 g paja de arroz PO-BA	10		16.21
425 g paja de arroz PO-CH	10		18.32
425 g paja de arroz PD-TM	10		20.76

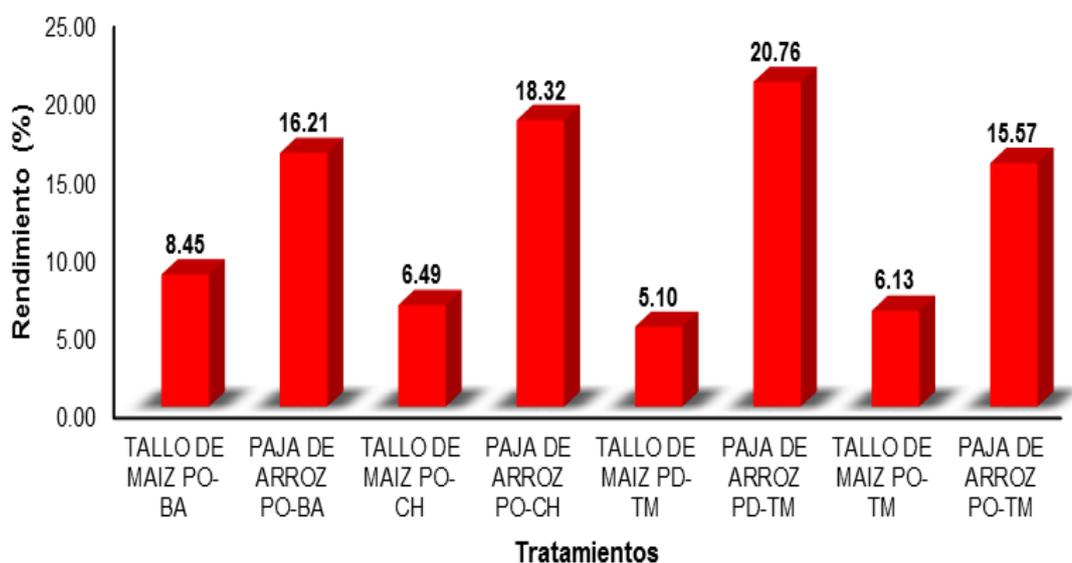


Figura 9. Rendimiento en la producción de setas en cuatro cepas de *Pleurotus*.

El análisis de varianza (ANVA), nos demuestra que existen efectos significativos ($p < 0.05$) en la tasa de producción entre las cepas estudiadas con respecto a los sustratos a base de tallo de maíz y paja de arroz (Cuadro 22).

Cuadro 22. Análisis de varianza de la tasa de producción en las cepas de *Pleurotus*.

Fuente de Variación	GL	SC	MC	Fc	Sig.
Tratamientos	7	94.066	13.438	38.419	0.000
Error Experimental	72	25.184	0.350		
TOTAL	79	119.250			

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para la variable tasa de producción de las cuatro cepas de *Pleurotus*, se aprecian cinco subconjuntos entre los tratamientos, notándose mayores rendimientos ($p < 0.05$) con los

tratamientos a base de paja de arroz y los hongos *Pleurotus djamor* y *P. ostreatus* ambas cepas de Tingo María (Cuadro 23).

Cuadro 23. Prueba de Tukey de la tasa de producción en las cepas de *Pleurotus*.

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
560 g tallo de maíz PO-CH	10	0.29				
560 g tallo de maíz PO-BA	10	0.51				
560 g tallo de maíz PD-TM	10	0.94	0.94			
560 g tallo de maíz PO-TM	10	1.06	1.06			
425 g paja de arroz PO-BA	10		1.49	1.49		
425 g paja de arroz PO-CH	10			2.07	2.07	
425 g paja de arroz PO-TM	10				2.34	
425 g paja de arroz PD-TM	10					3.837

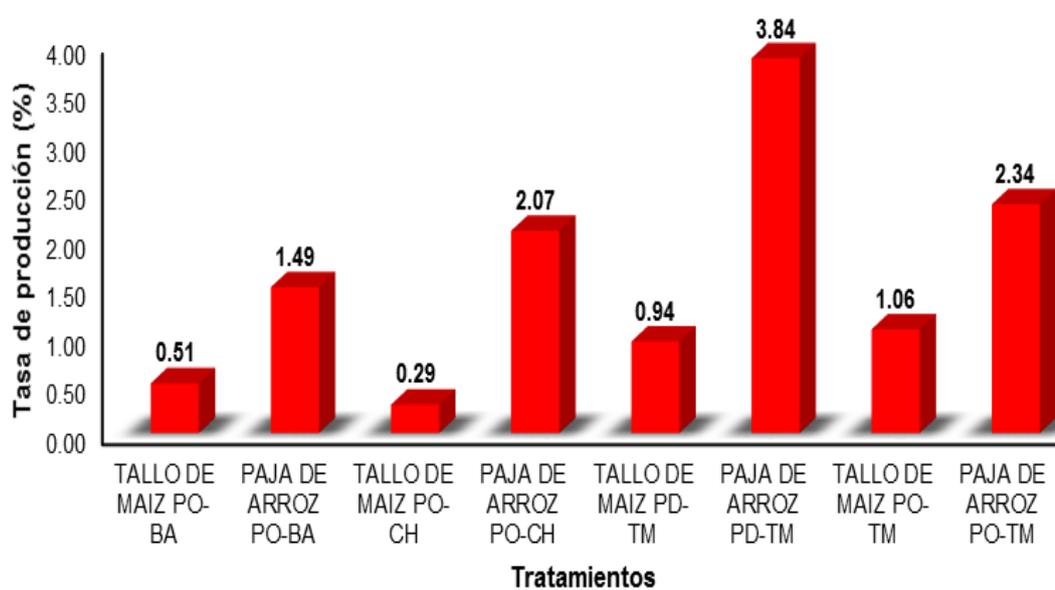


Figura 10. Tasa de producción de setas en cuatro cepas de *Pleurotus*.

4.4. Ciclo de cultivo de cuatro cepas de *Pleurotus*

Las distintas cepas de *Pleurotus sp.* muestran diferencias en las etapas de su ciclo de cultivo, tal es así que las cepas nativas *Pleurotus djamor* y *Pleurotus ostreatus* ambas cepas de Tingo María, tuvieron menor ciclo de cultivo, en este caso de 50 y 54 días respectivamente. Un aspecto importante que es necesario resaltar es que, el crecimiento del micelio, es decir, desde la inoculación hasta la invasión total del micelio en las placas Petri de 90 mm de diámetro, fueron de 9 días para todas las cepas (Cuadro 24 y Figura 11). De igual modo para la obtención de la semilla “spawn o blanco”, ha sido obtenida en un periodo de 16 días en todas las cepas. Las cepas mejoradas de *Pleurotus ostreatus* (cepas introducidas), tuvieron mayor tiempo en su ciclo de cultivo bajo las condiciones del experimento, diferenciándose a nivel de campo las etapas en días entre las cepas.

Cuadro 24. Etapas del ciclo de cultivo de las cepas de *Pleurotus sp.*

Etapa	Duración en días			
	PD-TM	PO-TM	PO-CH	PO-BA
Crecimiento del micelio en cajas Petri de 90 mm	9	9	9	9
Obtención de la semilla en trigo resbalado	16	16	16	16
Colonización de la semilla en los sustratos	11	13	22	26
Fructificación de la primera cosecha	14	16	30	34
Total	50	54	77	85

[PD-TM] *Pleurotus djamor* cepa Tingo María; [PO-TM] *Pleurotus ostreatus* cepa Tingo María
 [PO-CH] *Pleurotus ostreatus* cepa Cayetano Heredia; [PO-BA] *Pleurotus ostreatus* cepa Buenos Aires

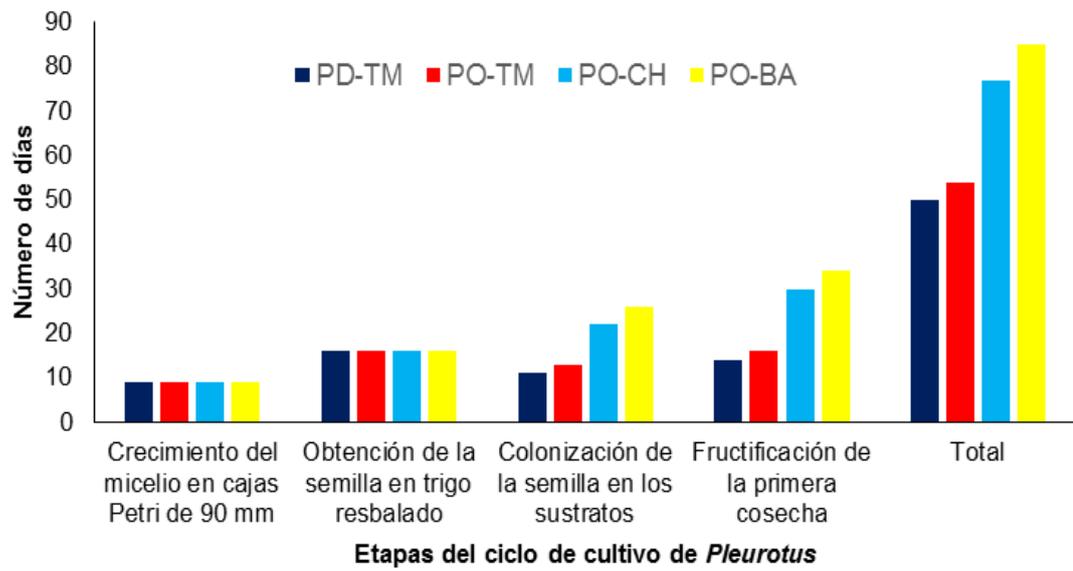


Figura 11. Ciclo de cultivo de cuatro cepas de *Pleurotus*.

V. DISCUSIÓN

5.1. De la producción de setas en peso fresco de cuatro cepas de *Pleurotus* utilizando como sustratos residuos de tallo de maíz y paja de arroz

Entre las cuatro cepas de *Pleurotus*, el que obtuvo mayor promedio de producción en peso fresco fue el tratamiento 425 g de paja de arroz con *Pleurotus ostreatus* cepa Cayetano Heredia (263.50 ± 21.20 g), seguido del tratamiento 425 g de paja de arroz con *P. djamor* cepa Tingo María (234.20 ± 15.19 g). Todas las cepas de *Pleurotus* lograron mayores promedios de producción de setas con el sustrato a base de paja de arroz. Se realizaron de dos a tres cosechas, aunque en algunos casos no se vio reflejada este aspecto. Al respecto, Curvetto *et al.* (2002) logran una productividad de 1,2 a 3 kg de setas por 100 kg de sustrato seco/día de cinco cepas de *P. ostreatus* cultivada sobre testas de semilla de girasol suplementadas con amonio y manganeso, a 21°C de temperatura, 80% a 90% humedad relativa y de 12 horas de luz (1500 a 2000 lux).

De manera general las diferencias en cuanto a la producción de basidiocarpos de los hongos se deben fundamentalmente a los tipos de sustratos y a las condiciones o escenarios con que afectan o favorecen para la producción. Esto coincide con lo indicado por Gaitán-Hernández *et al.* (2006), Castillo (1987), quienes manifiestan que, todo organismo podrá sobrevivir si tiene las condiciones ambientales apropiadas u óptimas, así como los

materiales que se emplean como sustratos nutritivos básicos. Pero también constituye un elemento clave la calidad de la semilla del hongo para lograr altos rendimientos en la producción del hongo (Viziteu 2005). En este caso, *P. ostreatus* cepa Cayetano Heredia (CH) proviene de una cepa mejorada y por lo tanto refleja en su mayor producción, a diferencia de *P. djamor* que es una cepa silvestre pero bastante precoz aislada de la zona de Tingo María, pero fructifica a la mitad de tiempo del que lo hace *P. ostreatus* cepa CH.

Para las pruebas de producción en campo, desde luego que no ofreció las condiciones óptimas para una buena producción de hongos, debido a la infraestructura que fue acondicionada, no se ha controlado eficientemente la humedad relativa, la temperatura del ambiente interior, la ventilación y por ende concentración de CO₂ y la luz principalmente, los cuales posiblemente también influyeron para no obtener mejores promedios de producción. Al respecto Woo (2005) revela que los *Pleurotus* necesitan distintas condiciones ambientales en cada fase de su crecimiento. La temperatura óptima para el crecimiento del micelio está entre 20 a 25 °C, a excepción de algunas cepas termófilas que las obtienen de 25 a 35°C. Asimismo, se afirma que la temperatura influye en el color del basidiocarpo, será más oscuro cuando la temperatura es baja, dependiendo en muchos casos del tipo de especie (González 2017, García 1991). Referente a la humedad relativa, cuando hay déficit de humedad el hongo se verá afectado en su desarrollo, de lo contrario, si hay exceso de humedad, los espacios del sustrato estarán ocupadas por agua y no habrá la posibilidad para el intercambio de gases. La humedad también constituye un factor importante para favorecer la estimulación de los primordios del fruto del

hongo, por eso es necesario administrar riego nebulizado utilizando equipos propios para ello (Pérez 1996).

En cuanto a las cosechas de las fructificaciones, no se ha visto notoriamente reflejada en periodos definidos, sino que algunas bolsas producían mientras que otras lo hacían después, a diferencia que establece Sánchez y Royse (2001) y Oei (2003) quienes señalan que la cosecha se fracciona en tres períodos, el primero donde se obtiene alrededor del 50% de la producción, el segundo el 30% y el tercer periodo solo el 20% de la producción. Habitualmente, en el cultivo de hongos no se recogen más de tres cosechas debido a que la productividad es muy baja y en consecuencia ya no es rentable.

5.2. De la determinación del tiempo de corrida del micelio y la eficiencia biológica

El tiempo de corrida del micelio en las cuatro cepas de *Pleurotus* tuvieron significativas diferencias entre cepas y los sustratos, se obtuvieron los menores tiempos con los tratamientos a base de sustrato de paja de arroz con *Pleurotus djamor* y *Pleurotus ostreatus* ambas cepas de Tingo María, periodo en días logrados desde la siembra del micelio en los sustratos hasta la producción del hongo en 14.4 y 16.0 días respectivamente. El tiempo para el desarrollo del micelio expresado en número de días, varía según las condiciones de temperatura en la etapa de incubación y de acuerdo con las especies de *Pleurotus*, depende también en cierto modo del tipo de sustrato en el cual se producen, de la relación C/N, del contenido de lignina y celulosa. Al respecto, Apaza (2018) al producir *Pleurotus djamor* en sustratos a base de

paja de arroz, tuza de maíz y bagazo de caña de azúcar, obtuvo fructificaciones de *P. djamor* en menor tiempo con el sustrato a base de paja de arroz (13 días después de la siembra de micelio).

Mayor eficiencia biológica se logró con el sustrato a base de paja de arroz con *Pleurotus ostreatus* cepa Cayetano Heredia con una media de 62.00 ± 4.99 %, seguido del tratamiento a base de paja de arroz con *Pleurotus djamor* cepa Tingo María con una media de 55.10 ± 3.57 %. Todas las medias de eficiencia biológica en los tratamientos fueron mayores con el sustrato a base de paja de arroz. Al respecto, Apaza (2018) al producir *Pleurotus djamor* en sustratos a base de paja de arroz, tuza de maíz y bagazo de caña de azúcar, obtuvo una eficiencia biológica de 79.09% con el sustrato a base de paja de arroz. Similares resultados de eficiencia biológica (40 – 48%) obtuvieron Garzón y Cuervo (2008) al investigar la producción de *Pleurotus ostreatus* con sustratos a base de mezcla de café pasado con bagazo de caña de azúcar o con tallo de maíz. De 56.7 % de eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* sobre sustratos a base de tuza de maíz y 70% en aserrín de roble (López-Rodríguez *et al.* 2006). Asimismo, una eficiencia biológica de 93.83% en sustrato compuesto con panca de maíz y 72.37% con paja de arroz, con excelente dispersión de datos (Zarate 2015). En la mayoría de las investigaciones la eficiencia biológica (EB) está cercana o superior al 50%. Al respecto, Ríos *et al.* (2010), indican que la eficiencia biológica es considerada aceptable y económicamente rentable a partir del 50% ya que este es el valor mínimo de referencia, aunque una EB adecuada debe ser cercana o mayor a 100%. Pero también, muy a parte de los altos rendimientos, el mercado

además exige otros aspectos tales como calidad del producto, tamaño, morfología y el color de los cuerpos fructíferos. Mientras que Dewraj (2005), establece que por lo general se obtienen 250 g de *Pleurotus ostreatus* de 1000 g de sustrato seco compuesto de 800 g de bagazo + 100 g de cal + 100 g de semilla de maíz, y entonces una eficiencia biológica de 25%, el cual es aceptable. Por lo general, se cosechan tres veces o denominadas oleadas de cada bolsa y el rendimiento es de cerca de un cuarto del peso seco del sustrato.

5.3. Determinación del rendimiento y la tasa de producción de *Pleurotus*

Pleurotus djamor cepa Tingo María y *P. ostreatus* cepa Cayetano Heredia, ambos propagados en sustrato a base de paja de arroz alcanzaron los mayores rendimientos con valores de $20.76 \pm 1.34\%$ y $18.32 \pm 1.34\%$ respectivamente. Con respecto a la tasa de producción, las cepas *P. djamor* y *P. ostreatus* ambos de Tingo María alcanzaron los mayores valores ($3.84 \pm 0.26\%$ y $2.34 \pm 0.23\%$) respectivamente. Resultados similares obtuvo Apaza (2018) con *P. djamor* en sustratos a base de paja de arroz con un rendimiento de 19.54% y una tasa de producción de 5.75% con respecto a los sustratos, bagazo de caña de azúcar y coronta de maíz. Asimismo, Romero *et al.* (2010) reporta una tasa de producción (TP) de *P. ostreatus* en sustrato a base de paja de trigo medias de 2.08 y 2.20%, seguido de cebada con 1.77 y 1.90% y hoja de plátano con 1.71 y 1.54%. Consideramos que las pajas de trigo y arroz son sustratos de buena calidad para la producción de hongos comestibles,

posiblemente por ser un sustrato de buenas características físicas y de buena composición nutritiva.

5.4. Del ciclo de cultivo de las distintas cepas de *Pleurotus*

Para el caso del hongo del género *Pleurotus*, el micelio coloniza totalmente el sustrato dentro de 20 – 21 días en condiciones óptimas, pero este tiempo puede ser más largo o corto según las condiciones ambientales, especies y cepas cultivadas. Si la temperatura dentro del ambiente de incubación es más baja que la temperatura óptima, el proceso de incubación puede extenderse a 40 – 45 días. Si la temperatura es superior a 25 – 28 °C, las bolsas pueden recalentarse y como resultado el micelio podría morir o verse afectada por un exceso de temperatura (Viziteu 2005). El ciclo de cultivo en general para los *Pleurotus* varía según las condiciones ambientales administradas, el tipo de sustrato utilizado para la propagación y las cepas propagadas. Pero de manera general tal como lo precisa García (1991) los hongos comestibles constituyen una actividad de un ciclo de vida corto.

VI. CONCLUSIONES

1. Mayor promedio de producción de hongos frescos se obtuvieron con los tratamientos 425 g de paja de arroz con *Pleurotus ostreatus* cepa Cayetano Heredia y con 425 g de paja de arroz con *P. djamor* cepa Tingo María.
2. Los tratamientos 425 g de paja de arroz con *Pleurotus djamor* cepa Tingo María y 425 g de paja de arroz con *P. ostreatus* cepa Tingo María, obtuvieron los menores promedios de tiempo de corrida del micelio en días. Mayor eficiencia biológica se lograron con los tratamientos 425 g de paja de arroz con *Pleurotus ostreatus* cepa Cayetano Heredia y con 425 g de paja de arroz con *Pleurotus djamor* cepa Tingo María.
3. Mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento 425 g de paja de arroz con *Pleurotus djamor* cepa Tingo María y con 425 g de paja de arroz con *P. ostreatus* cepa Cayetano Heredia. Mayor tasa de producción se obtuvo con el tratamiento 425 g de paja de arroz con *Pleurotus djamor* cepa Tingo María y con 425 g de paja de arroz con *Pleurotus ostreatus* cepa Tingo María.
4. Menor ciclo de cultivo expresado en días se obtuvo con *Pleurotus djamor* y *Pleurotus ostreatus* ambas cepas nativas de Tingo María.

VII. RECOMENDACIONES

1. Utilizar sustratos a base de paja de arroz en la producción de *Pleurotus*, porque existe en grandes volúmenes en la zona y porque se lograron los mejores promedios de producción y eficiencia biológica.
2. Promover la producción de *Pleurotus ostreatus* en zonas rurales, para fomentar el consumo local por parte de las familias.
3. Realizar estudios similares utilizando otros sustratos lignocelulósicos adecuados para la producción del hongo *Pleurotus*.
4. Utilizar principalmente cepas silvestres de *P. djamor* y *P. ostreatus* aislados de la zona porque están adaptadas a las condiciones tropicales imperantes y establecer programas de selección y mejoramiento genético.
5. Tener en cuenta los factores ambientales tales como temperatura, luz y humedad relativa para garantizar una óptima producción.

VIII. ABSTRACT

Culture of four strains of edible fungi of the genus *pleurotus* in residues based on corn stem and rice straw

Mushrooms of the genus *Pleurotus* currently stand out for their rapid acceptance in the market and for being considered nutraceutical foods. The objective was to know the cultivation of four strains of *Pleurotus* in residues based on corn stem and rice straw. The strains were provided by the Laboratory of Mycology and Propagation Technology of the National Agrarian University of La Selva, of these, two strains were native to Tingo María and two were introduced. The mycelium was activated in PDA medium, the mycelium (seed) was made on slipped wheat grains and sown on previously moistened, fermented and semi-sterilized substrates. With respect to the other substrates, with the use of rice straw, the highest production of fresh mushrooms and biological efficiency of *Pleurotus ostreatus* strain Cayetano Heredia (263.50 ± 21.20 g) were obtained, the shortest running time of the mycelium with *P. djamor* strain Tingo María (14.40 days), the highest yield with *Pleurotus djamor* strain Tingo María (20.76%), followed by *P. ostreatus* strain Cayetano Heredia (18.32%), and the highest production rate with *Pleurotus djamor* strain Tingo María (3.84%) , followed by *Pleurotus ostreatus* strain Tingo María (2.34%). All the variables evaluated of the *Pleurotus* fungus, achieved better averages with the substrate based on rice straw.

Keywords: edible mushrooms, agricultural residues, strains, Tingo María.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apaza, K. J. (2018). Producción del hongo comestibles *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn usando distintos sustratos de residuos agrícolas aislado en Tingo María. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María. 87p.
- Bautista, N.; Bautista-García, N.; Venegas, R.; López, L.; Portugal, D. 2003. Evaluación de la producción de *Pleurotus ostreatus* sobre paja de trigo como sustrato en un módulo rústico en galeana, Municipio de Zacatepec, Estado de Morelos, México
- Boa, E. (2005). Los hongos silvestres comestibles, perspectiva global de su uso e importancia para la población. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-FAO. Productos forestales no madereros (17 ed.). Roma, Italia. Recuperado el 10 de diciembre de 2019, de <http://www.fao.org/3/a-y5489s.pdf>
- Botelho, S. T., & Ramos, B. (1985). Cogumelos comestíveis. São Paulo - Brasil: Icome.
- Camargo-Ricalde, S. L., Montañó, N. M., De la Rosa-Mera, C. J., & Montañó-Arias, S. A. (2012). "Micorrizas: Una gran unión debajo del suelo". Revista digital universitaria, vol.7, núm 7. Recuperado el 13 de diciembre de 2019, de <http://www.revista.unam.mx/vol.13/num7/art72/index.html>
- Cha, D., Park, J., You, C., Kim, G., Jeon, C., & Lee, D. (1998). Oyster mushroom cultivation technology and management. The farmers Newspaper.
- Chang, S. T., & Miles, P. G. (1989). Edible mushrooms and their cultivation. Florida: CRC press.

- Chang, S., & Wasser, S. P. (2012). The role of culinary medicinal mushrooms on human welfare with a pyramid model for human health. *Int J Med Mushrooms*. 1:95-134.
- 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.
- Cuevas, J. M. (2016). Los hongos: héroes y villanos de la prosperidad humana. – Universidad Nacional Autónoma de México. 10p. Revista digital Universitaria. Vol 17, Num. 9., 10. Recuperado el 13 de diciembre de 2019, de <http://www.revista.unam.mx/vol.17/num9/art69/art69.pdf>
- Curvetto, N., Figlas, D., Devalis, R., & Delmastro, S. (2002). Growth and productivity of different *Pleurotus ostreatus* strains on sunflower seed hulls supplemented with N-NH₄⁺ and/or Mn (II). *Bioresour Technol*: 84, 171-176.
- Deacon, J. W. (2010). *Fungal Biology*, Reino Unido, Blackwell Publishing. Obtenido de <https://fcaib.edu.ng/books/Agriculture/Fungal%20Biology.pdf>
- Dewraj, T. (2005). Cultivo de hongos ostra, Parte II, Capítulo 5. Sustrato: Bagazo de caña de azúcar. En *Manual del cultivador de hongo ostra*. Wings of Angels. Mauricio. Obtenido de <http://www.fungifun.org/mushworld/Oyster-Mushroom-Cultivation/mushroom>
- Díaz, C. C., & Carvajal, E. R. (2014). Eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* cultivado en fibra de palma de aceite. @LIMENTECH CIENCIA Y TECNOLOGÍA ALIMENTARIA, Volumen 12, No. 1, 63-70.
- FAO. (2014). Available online. Recuperado el 15 de diciembre de 2019, de <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
- Fernández, F. (2004). Guía práctica de producción de setas (*Pleurotus spp.*). Fundación Produce Jalisco; Guadalajara, Jal. México.

- Fogel, R. (1997). Hechos increíbles de los hongos: Qué es un hongo. Recuperado el 14 de diciembre de 2019, de <http://www.herbarium.usu.edu/fungi/FunFacts/Spanish/kingfactSP.htm>
- Gaitán-Hernández, R., Salmones, D., Pérez, R., & Mata, G. (2006). Manual práctico del cultivo de setas. Aislamiento, siembra y producción. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz, México. doi:970-709-042-1
- Gamarra, O. A., Yalta, J. R., Pérez, R. J., & Vera, J. M. (2013). Cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex Fr) Kumm empleando pulpa de café como sustrato. *Rev. Pákamuros 1 (1)*, 38 – 43.
- García, M. R. (s.f.). Nuevas técnicas de cultivo de *Pleurotus ostreatus*. Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Num. 8/85 HD. Madrid – España. Recuperado el 16 de diciembre de 2019, de <file:///D:/PROYECTOS/Proyecto%20de%20tesis%20Posgrado/Proyecto%20e%20informe%20de%20Tesis%20Analiz%20Ruiz/Cultivo%20con%20nuevas%20tecnicas%20de%20pleurotus%20ostreatus.pdf>
- García, R. M. (1991). Cultivo de Setas y Trufas. Ediciones Mundi – Prensa, “da. Edición. Madrid, España. 174 p.
- Garzón, J., & Cuervo, J. (s.f.). Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. *Revista Ciencia Biomédicas*. 6, 1-3. 2008.
- González, M. R. (2017). Cultivo de hongos comestibles y medicinales. Curso: Transformación de biomasa lignocelulósica con hongos comestibles y medicinales para la valoración de agrorresiduos. In: IX Congreso Latinoamericano de Micología. . Lima Perú.
- Heltay, I., & Zavody, I. (1960). Rice Straw Compost. *Mushroom Science* 4, 393 - 399.
- Holdridge, L. R. (1982). Ecología: Basado en zonas de vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 216p.

- Kuhar, F., Castiglia, V., & Papinutt, L. (2007). Reino Fungi: morfologías y estructuras de los hongos. *Revista Boletín Biológica* N° 28. Año 7, 18. Recuperado el 13 de diciembre de 2019, de <https://core.ac.uk/download/pdf/52479411.pdf>
- Leal, L. H. (1981). Producción de hongos comestibles, p. 157-176. México 18-D.F.: A.G.T. Editor S.A.
- López-Rodríguez, C., Hernández-Corredor, R., Suárez-Franco, C., & Borrero, M. (2006). Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. *Universitas Scientiarum*. 13(2):128-137.
- Martínez-Carrera, D. (1989). Past and future of edible mushrooms cultivation in Tropical America. *Mushrooms Science* 12 (1), 795 - 805.
- Martínez-Carrera, D., Larqué-Saavedra, A., Tovar-Palacio, A., Torres, N., Meneses, M., Sobal-Cruz, M., Morales Almora, P., Bonilla Quintero, M., Escudero Uribe, H., Tello-Salgado, I., Bernabé-González, T., Martínez Sánchez W., & Mayett Y. (2016). Contribución de los hongos comestibles funcionales y medicinales a la construcción de un paradigma sobre la producción, la dieta, la salud y la cultura en el sistema agroalimentario de México. In: Martínez-Carrera D., J. Ramírez Juárez (eds). *Ciencia, tecnología e innovación en el sistema agroalimentario de México*. Editorial del Colegio de Postgraduados-AMC-CONACYT-UPAEP-IMINAP, San Luis Huexotla, Texcoco, México, 581-640.
- Oei, P. (2003). *Mushroom cultivation*. Tercera edición. Backhuys Publishers. Leiden, Holanda. .
- Pacheco, M. A., Ancona, L. M., Flores, N. A., & Pech, V. M. (2005). Estimación de la demanda de *Pleurotus ostreatus* en el estado de Yucatan. *Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C.* Torreón, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, IX (17), 12. Recuperado el 10 de diciembre de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf>

- Pérez, E. G. (1996). Producción de hongos comestibles (Setas y Champiñones). Centro de Investigaciones Sociales, Tecnológicas y Agroindustriales de la Agricultura Mundial. México.
- Poppe, J. (1995). Residuos agrícolas como sustrato para el hongo ostra. In Manual del cultivador de hongos, Parte II Hongos Ostra. Universidad de Gent, Bélgica.
- Pulgar, J. V. (1941). Obtenido de <https://carpetapedagogica.com/ochoregionesnaturalesdelperu>.
- Quimio, T. H. (2004). Why grow mushrooms. Parte I Mushrooms, Capítulo 1. Introduction to Mushrooms. En Manual del cultivador de hongo ostra. University of the Philippines at Los Baños The Philippines. 9 p. <https://mafiadoc.com/oyster-mushroom-cultivation->. Recuperado el 12 de diciembre de 2019, de https://mafiadoc.com/oyster-mushroom-cultivation-fungifun_5a20596b1723dd55655d579e.html.
- Ríos, M. P., Hoyos, J. L., & Mosquera, S. A. (2010). Evaluación de los parámetros productivos de la semilla de *Pleurotus ostreatus* propagada en diferentes medios de cultivo. Rev. Fac. Cienc. Agropec. 8 , 86-94.
- Rios, R. R., & Ruiz, L. R. (1993). Aislamiento y cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr) Kumm en Tingo María. Folia Amazónica Vol. 5 (1-2), 1 - 12.
- Robledo, G. (2006). Taxonomía, Ecología y Diversidad de poliporos. Cuzco, Perú. 13 p.
- Rodriguez-Valencia, N., & Gómez, F. (2001). Cultivo de hongos comestibles en pulpa de café. Avances Técnicos Cenicafé. 285, 1 - 8.
- Romero-Arenas, O., Huerta, A., Damián, M. A., Macías, A., Rivera, J. A., Parraguirre, F. C., & Huerta, Y. J. (2010). Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa paradisiaca* L., cv. roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas. Agronomía costarricense. 34(1): 53-63.

- Romero-Arenas, O., Martínez, M., Damián, M., Ramírez, B., & López-Olguín, J. (2015). Producción de hongo Shiitake (*Lentinula edodes* Pegler) en bloques sintéticos utilizando residuos agroforestales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6(6), 1229-1238. Recuperado el 12 de noviembre de 2019, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5349231>.
- Ruiz, J. H. (2001). "El asombroso reino de los hongos", *Avance y perspectiva* vol. 20.
- Ryvarden, L. (2007). *Fundamentos Taxonómicos en Identificación de Poliporaceos y Ascomicetos Tropicales y Neotropicales*. Oslo.
- Sánchez, J. (2001). Crecimiento y fructificación. En Sánchez J. E. y Royse, D. (eds). *La biología y el cultivo de Pleurotus spp.* Edit. ECOSUR-UTEHA Noriega Editores. Chiapas - México.
- Sánchez, J. E., & Royse, D. (2001). *La Biología y el cultivo de Pleurotus spp.* (1a. Ed.). México: Edit. Noriega Editores.
- Senamhi. (2017). *Condiciones climáticas, hidrológicas y ambientales en la región Huánuco, Ucayali y provincia de Tocache (Perú)*. Dirección Zonal 10. Boletín Técnico. Tingo María, Perú.
- Stamets, P. (1993). *Growing Gourmet and medicinal Mushrooms*.
- Sztern, D., & Pravia, M. A. (1999). *Manual para la elaboración de compost, bases conceptuales y procedimentales*. ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. OPS/HEP/HES/URU/02.99. 67 p. Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/newinformes/comp.pdf>.
- Viziteu, G. (2005). Paja de maíz y mazorca o marlos de maíz In *Cultivo del hongo ostra Parte II Hongos ostra*, Capítulo 5. Sustrato: Manual del cultivador de hongo ostra.
- Woo, S. K. (2005). *Manual del Cultivador de hongos Parte II hongos ostra*. Capítulo 3. Introducción al hongo ostra.

Yamille, S. O., & Pineda, G. F. (2001). Manual de Micología Aplicada. Editorial Universidad de Antioquía, Medellín, Colombia. 97 p.

Zárate, J. R. (2015). Producción y desarrollo de cuatro aislamientos de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.), cultivados en restos de cosecha. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina. 117 p.

ANEXO

ANEXO 1. Datos de producción de *Pleurotus* en distintas cepas.

Cuadro 25. Producción de basidiocarpos de *Pleurotus ostreatus* cepa PO-BA en sustrato tallo de maíz.

N° Bolsa	08/08/2019	10/08/2019	12/08/2019	17/08/2019	25/08/2019	02/09/2019	07/09/2019	TOTAL (g)
1						28	8	36
2			61			50		111
3				90			36	126
4		84				70		154
5				80			28	108
6			79				60	139
7			72				35	107
8	52							52
9		81					72	153
10					40			40
TOTAL (g)	52	165	212	170	40	148	239	1026

PO-BA = *Pleurotus ostreatus* cepa Buenos Aires

Cuadro 26. Producción de basidiocarpos de *Pleurotus ostreatus* cepa PO-BA en sustrato paja de arroz.

Bolsas	Días cosechados								TOTAL (g)
	01/08/2019	03/08/2019	04/08/2019	06/08/2019	17/08/2019	19/08/2019	25/08/2019	02/09/2019	
1	136					19			155
2	67	73					90		230
3		174						58	232
4	31	128						121	280

5					137				137
6	203	148							351
7		98							98
8			112						112
9					172			54	226
10		132						52	184
TOTAL (g)	437	753		172	137	19	90	285	2005

Cuadro 27. Producción de basidiocarpos de *Pleurotus ostreatus* cepa PO-CH en sustrato tallo de maíz.

N° Bolsa	1/08/2019	10/08/2019	12/08/2019	17/08/2019	22/08/2019	25/08/2019	TOTAL (g)
1				45			45
2				66			66
3				78			78
4		70					70
5				103			103
6				53			53
7						75	75
8			79				79
9	34				75		109
10						30	30
TOTAL (g)	34	70	79	345	75	105	708

Cuadro 28. Producción de basidiocarpos de *Pleurotus ostreatus* cepa PO-CH en sustrato paja de arroz.

N° Bolsa								TOTAL (g)
	31/07/2019	01/08/2019	19/08/2019	22/08/2019	25/08/2019	02/09/2019	07/09/2019	
1		125	114					239
2	65	70			67			202
3		205			59			264
4		116			125			241
5		152		135				287
6		139		97			8	244
7		112			99			211
8		165	116	29			72	382
9		226	149					375
10		112			30	48		190
TOTAL (g)	65	1422	379	261	380	48	80	2635

Cuadro 29. Producción de basidiocarpos de *Pleurotus djamor* cepa PD-TM en sustrato tallo de maíz.

N° Bolsa										TOTAL (g)
	19/07/2019	21/07/2019	25/07/2019	28/07/2019	1/08/2019	8/08/2019	12/08/2019	17/08/2019	7/09/2019	
1		16			18					34
2	83	18		42		26			6	175
3				2			9			11
4				20	36		36			92
5		38								38
6		78			28					106
7		12	30							42

8		56				10			10		76
9		88				35			35		158
10		56		11	24				24		115
TOTAL (g)	83	362	30	75	151	26	45	69	6		847

PO-CH = *Pleurotus ostreatus* cepa Cayetano Heredia

Cuadro 30. Producción de basidiocarpos de *Pleurotus djamor* cepa PD-TM en sustrato paja de arroz.

N° Bolsa													TOTAL (g)
	19/07/2019	21/07/2019	25/07/2019	28/07/2019	01/08/2019	06/08/2019	12/08/2019	17/08/2019	22/08/2019	25/08/2019	02/09/2019	07/09/2019	
1	87	104			83								274
2		132			81		12		37	19			281
3	101	53			92								246
4	124	58			55								237
5	106	8			55					16		8	193
6		138			10	51		26				10	235
7		129			35			19					183
8		128			52								180
9	139	42	57		66					18			322
10	110			55							26		191
TOTAL (g)	667	792	57	55	529	51	12	45	37	53	26	18	2342

Cuadro 31. Producción de basidiocarpos de *Pleurotus ostreatus* cepa PO-TM en sustrato tallo de maíz.

N° Bolsa	TOTAL (g)
----------	-----------

10	118	39			18				175	
TOTAL (g)		1092	359	66	19	18	20	10	9	1593

ANEXO 2. Datos de peso inicial y final de sustratos a base de tallo de maíz y paja de arroz.

Cuadro 33. Peso inicial y final del sustrato a base de paja de arroz.

Numero bolsa	PO-BA			PO-CH			PD TM			PO-TM		
	Pi	Pf	% pérdida de peso	Pi	Pf	% pérdida de peso	Pi	Pf	% pérdida de peso	Pi	Pf	% pérdida de peso
1	1259	616	51.07228	1515	1103	27.194719	1401	595	57.530335	946	450	52.4312896
2	1301	616	52.651806	1433	487	66.015352	1176	436	62.92517	1189	357	69.9747687
3	1185	482	59.324895	1692	740	56.264775	1159	359	69.025022	1036	323	68.8223938
4	1222	455	62.765957	1434	634	55.788006	1219	472	61.279737	1019	295	71.0500491
5	1325	677	48.90566	1313	675	48.591013	1180	466	60.508475	1005	458	54.4278607
6	1196	824	31.103679	1308	620	52.599388	1218	546	55.172414	908	401	55.8370044
7	1617	978	39.517625	1270	456	64.094488	926	302	67.386609	917	320	65.1035987
8	1368	932	31.871345	1546	508	67.141009	1027	283	72.444012	992	290	70.766129
9	1172	472	59.726962	1480	698	52.837838	1027	481	53.164557	1022	615	39.8238748
10	1120	426	61.964286	1384	542	60.83815	998	309	69.038076	1086	415	61.786372

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

Pleurotus ostreatus cepa Buenos Aires (PO-BA); *Pleurotus ostreatus* cepa Cayetano Heredia (PO-CH);

Pleurotus djamor cepa Tingo María (PD-TM); *Pleurotus ostreatus* cepa Tingo María (PO-TM).

Cuadro 34. Peso inicial y final del sustrato a base de tallo de maíz.

Numero bolsa	PO-BA		% pérdida de peso	PO-CH		% pérdida de peso	PD-TM		% pérdida de peso	PO-TM		% pérdida de peso
	Pi	Pf		Pi	Pf		Pi	Pf		Pi	Pf	
1	1149	821	28.546562	1142	788	30.998249	1374	1212	11.790393	1380	1112	19.4202899
2	1115	825	26.008969	1124	792	29.537367	1626	1075	33.886839	1531	1062	30.6335728
3	1394	950	31.850789	1074	766	28.67784	1461	1205	17.522245	1622	1290	20.4685573
4	1329	830	37.547028	1070	777	27.383178	1845	1330	27.913279	1420	1163	18.0985915
5	1263	901	28.661916	1033	726	29.719264	1300	1136	12.615385	1862	1691	9.18367347
6	1274	728	42.857143	1145	882	22.969432	1929	1651	14.411612	1533	1113	27.3972603
7	1147	741	35.396687	1167	759	34.96144	1576	1343	14.784264	1486	795	46.5006729
8	933	664	28.831726	1054	708	32.827324	1672	1329	20.514354	1317	1132	14.0470767
9	1142	629	44.921191	1114	692	37.881508	1947	1327	31.843862	1545	852	44.8543689

10 1331 962 27.723516 1013 721 28.825271 1387 994 28.334535 1760 1528 13.1818182

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

Pleurotus ostreatus cepa Buenos Aires (PO-BA); *Pleurotus ostreatus* cepa Cayetano Heredia (PO-CH);*Pleurotus djamor* cepa Tingo María (PD-TM); *Pleurotus ostreatus* cepa Tingo María (PO-TM).**ANEXO 3. Pruebas estadísticas de normalidad.**

Cuadro 35. Prueba de normalidad para las variables obtenidas en el estudio.

Variables	Tratamientos	Kolmogorov-Smirnov ^a		
		Estadístico	GL	Sig.
Producción peso del hongo (g)	Tallo de maíz PO-BA	0.239	10	0.110
	Paja de arroz PO-BA	0.145	10	,200*
	Tallo de maíz PO-CH	0.168	10	,200*
	Paja de arroz PO-CH	0.214	10	,200*
	Tallo de maíz PD-TM	0.182	10	,200*
	Paja de arroz PD-TM	0.205	10	,200*
	Tallo de maíz PO-TM	0.181	10	,200*
	Paja de arroz PO-TM	0.192	10	,200*
Inicio de Fructificación (días)	Tallo de maíz PO-BA	0.252	10	0.072
	Paja de arroz PO-BA	0.229	10	0.148
	Tallo de maíz PO-CH	0.263	10	0.048
	Paja de arroz PO-CH	0.524	10	0.000
	Tallo de maíz PD-TM	0.450	10	0.000
	Paja de arroz PD-TM	0.381	10	0.000
	Tallo de maíz PO-TM	0.248	10	0.082
	Paja de arroz PO-TM			
Tiempo de producción (días)	Tallo de maíz PO-BA	0.482	10	0.000
	Paja de arroz PO-BA	0.254	10	0.067
	Tallo de maíz PO-CH	0.524	10	0.000
	Paja de arroz PO-CH	0.360	10	0.001
	Tallo de maíz PD-TM	0.227	10	0.155
	Paja de arroz PD-TM	0.327	10	0.003
	Tallo de maíz PO-TM	0.181	10	,200*
	Paja de arroz PO-TM	0.255	10	0.065
E.B. (%)	Tallo de maíz PO-BA	0.239	10	0.110
	Paja de arroz PO-BA	0.145	10	,200*
	Tallo de maíz PO-CH	0.167	10	,200*
	Paja de arroz PO-CH	0.215	10	,200*
	Tallo de maíz PD-TM	0.182	10	,200*
	Paja de arroz PD-TM	0.205	10	,200*
	Tallo de maíz PO-TM	0.181	10	,200*
	Paja de arroz PO-TM	0.192	10	,200*
Rendimiento (%)	Tallo de maíz PO-BA	0.212	10	,200*
	Paja de arroz PO-BA	0.118	10	,200*
	Tallo de maíz PO-CH	0.130	10	,200*
	Paja de arroz PO-CH	0.240	10	0.109
	Tallo de maíz PD-TM	0.157	10	,200*

	Paja de arroz PD-TM	0.293	10	0.015
	Tallo de maíz PO-TM	0.224	10	0.168
	Paja de arroz PO-TM	0.163	10	,200*
	Tallo de maíz PO-BA	0.183	10	,200*
	Paja de arroz PO-BA	0.145	10	,200*
	Tallo de maíz PO-CH	0.178	10	,200*
T.P. (%)	Paja de arroz PO-CH	0.221	10	0.181
	Tallo de maíz PD-TM	0.156	10	,200*
	Paja de arroz PD-TM	0.163	10	,200*
	Tallo de maíz PO-TM	0.171	10	,200*
	Paja de arroz PO-TM	0.190	10	,200*

ANEXO 4.

Cuadro 36. Prueba de homocedasticidad para las variables de estudio.

Variables	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Peso	1.979	7	72	0.070
Tiempo corrida micelio	4.776	7	72	0.000
EB (%)	3.167	7	72	0.006
Rendimiento (%)	2.376	7	72	0.030
Tasa de Producción (%)	3.890	7	72	0.001

ns= Los grupos o tratamientos presentan homogeneidad de varianzas (homocedasticidad)

ANEXO 5.

Cuadro 37. Datos procesados de las cepas de *Pleurotus* con sustratos a base de tallo de maíz y paja de arroz.

Trat.	P.S.S. (g)	P.H.S. (g)	Peso Fresco Hongo (g)	Tiempo de corrida del micelio (días)	E.B. (%)	Rend. (%)	T.P. (%)
	560	1149	36	55	6.43	3.13	0.12
	560	1115	111	34	19.82	9.96	0.58
	560	1394	126	39	22.50	9.04	0.58
Tallo de maíz PO-BA	560	1329	154	32	27.50	11.59	0.86
	560	1263	108	39	19.29	8.55	0.49
	560	1274	139	34	24.82	10.91	0.73
	560	1147	107	34	19.11	9.33	0.56

	560	933	52	52	9.29	5.57	0.18
	560	1142	153	32	27.32	13.40	0.85
	560	1331	40	47	7.14	3.01	0.15
Promedio			102.6		18.32	8.45	0.51
	425	1259	155	30	36.47	12.31	1.22
	425	1301	230	30	54.12	17.68	1.80
	425	1185	232	32	54.59	19.58	1.71
	425	1222	280	30	65.88	22.91	2.20
Paja de arroz PO-BA	425	1325	137	39	32.24	10.34	0.83
	425	1196	351	30	82.59	29.35	2.75
	425	1617	98	32	23.06	6.06	0.72
	425	1368	112	33	26.35	8.19	0.80
	425	1172	226	34	53.18	19.28	1.56
	425	1120	184	32	43.29	16.43	1.35
Promedio			200.5		47.18	16.21	1.49
	560	1142	45	47	8.04	3.94	0.17
	560	1124	66	47	11.79	5.87	0.25
	560	1074	78	47	13.93	7.26	0.30
	560	1070	70	41	12.50	6.54	0.30
Tallo de maíz PO-CH	560	1033	103	47	18.39	9.97	0.39
	560	1145	53	47	9.46	4.63	0.20
	560	1167	75	55	13.39	6.43	0.24
	560	1054	79	42	14.11	7.50	0.34
	560	1114	109	31	19.46	9.78	0.63
	560	1013	30	55	5.36	2.96	0.10
Promedio			70.8		12.64	6.49	0.29
	425	1515	239	30	56.24	15.78	1.87
	425	1433	202	29	47.53	14.10	1.64
	425	1692	264	30	62.12	15.60	2.07
	425	1434	241	30	56.71	16.81	1.89
Paja de arroz PO-CH	425	1313	287	30	67.53	21.86	2.25
	425	1308	244	30	57.41	18.65	1.91
	425	1270	211	30	49.65	16.61	1.65
	425	1546	382	30	89.88	24.71	3.00
	425	1480	375	30	88.24	25.34	2.94

	425	1384	190	30	44.71	13.73	1.49
Promedio			263.5		62.00	18.32	2.07
	560	1374	34	16	6.07	2.47	0.38
	560	1626	175	14	31.25	10.76	2.23
	560	1461	11	23	1.96	0.75	0.09
	560	1845	92	23	16.43	4.99	0.71
Tallo de maíz PD-TM	560	1300	38	16	6.79	2.92	0.42
	560	1929	106	16	18.93	5.50	1.18
	560	1576	42	16	7.50	2.66	0.47
	560	1672	76	16	13.57	4.55	0.85
	560	1947	158	16	28.21	8.12	1.76
	560	1387	115	16	20.54	8.29	1.28
Promedio			84.7		16.13	5.39	1.00
	425	1401	274	14	64.47	19.56	4.61
	425	1176	281	15	66.12	23.89	4.41
	425	1159	246	14	57.88	21.23	4.13
	425	1219	237	14	55.76	19.44	3.98
Paja de arroz PD-TM	425	1180	193	14	45.41	16.36	3.24
	425	1218	235	15	55.29	19.29	3.69
	425	926	183	15	43.06	19.76	2.87
	425	1027	180	15	42.35	17.53	2.82
	425	1027	322	14	75.76	31.35	5.41
	425	998	191	14	44.94	19.14	3.21
Promedio			234.2		55.11	20.76	3.84
	560	1380	88	16	15.71	6.38	0.98
	560	1531	170	16	30.36	11.10	1.90
	560	1622	105	15	18.75	6.47	1.25
	560	1420	45	17	8.04	3.17	0.47
Tallo de maíz PO-TM	560	1862	58	16	10.36	3.11	0.65
	560	1533	126	15	22.50	8.22	1.50
	560	1486	155	15	27.68	10.43	1.85
	560	1317	34	17	6.07	2.58	0.36
	560	1545	102	17	18.21	6.60	1.07
	560	1760	57	17	10.18	3.24	0.60
Promedio			94		16.79	6.13	1.06

	425	946	105	16	24.71	11.10	1.54
	425	1189	231	16	54.35	19.43	3.40
	425	1036	222	16	52.24	21.43	3.26
	425	1019	195	16	45.88	19.14	2.87
Paja de	425	1005	171	16	40.24	17.01	2.51
arroz PO-TM	425	908	123	16	28.94	13.55	1.81
	425	917	99	16	23.29	10.80	1.46
	425	992	174	16	40.94	17.54	2.56
	425	1022	98	16	23.06	9.59	1.44
	425	1086	175	16	41.18	16.11	2.57
Promedio			159.3		37.48	15.57	2.34

P.S.S.=Peso Seco del Sustrato, P.H.S.=Peso Húmedo del Sustrato, EB= Eficiencia Biológica (%); Rend.=Rendimiento, TP=Tasa de producción.

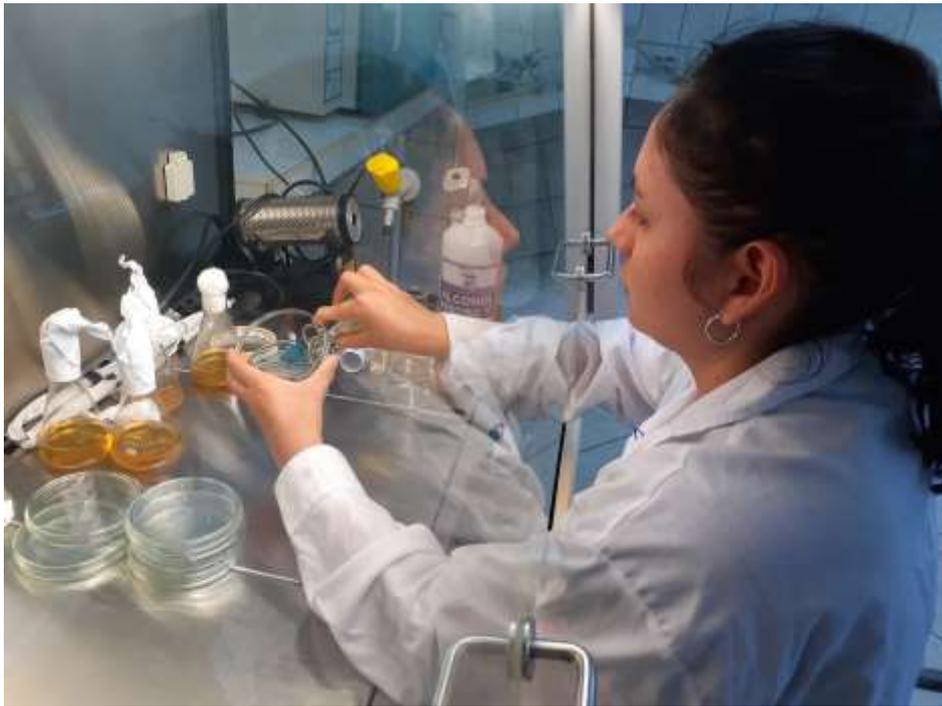
Anexo 6. Panel Fotográfico

Figura 12. Plaqueado de medio agar papa dextrosa (PDA)



Figura 13. Tallo de maíz y paja de arroz antes del proceso de fermentado.



Figura 14. Paja de arroz depositado en la bolsa malla antes del Semiesterilizado



Figura 15. Semiesterilizado del sustrato en cilindro fabricado artesanalmente.



Figura 16. Crecimiento de setas de *Pleurotus* cepa Buenos Aires y Cepa Cayetano Heredia



Figura 17. Cosecha de setas de *Pleurotus ostreatus* cepa Buenos Aires



Figura 18. Producción de setas de *Pleurotus ostreatus* cepa Cayetano Heredia.



Figura 19. Producción de setas de *Pleurotus ostreatus* cepa Buenos Aires.



Figura 20. Producción de setas de *P. djamor* y *P. ostreatus* cepa Tingo María.



Figura 21. Cosecha de setas de *P. djamor* y *P. ostreatus* cepa Tingo María.