

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**



**“ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DEL HONGO COMESTIBLE  
*Pleurotus ostreatus* OBTENIDA A PARTIR DE LOS  
SUBPRODUCTOS DE LA ETAPA DE DESPULPADO DEL CAFÉ”**

**TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE**

**INGENIERA AMBIENTAL**

**HILDA EVITA MENDOZA SOTO**

**LIMA – PERÚ**

**2020**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**“ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DEL HONGO COMESTIBLE  
*Pleurotus ostreatus* OBTENIDA A PARTIR DE LOS  
SUBPRODUCTOS DE LA ETAPA DE DESPULPADO DEL CAFÉ”**

Presentada por:

**HILDA EVITA MENDOZA SOTO**

Tesis para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

---

Ph. D. Lizardo Visitación Figueroa  
PRESIDENTE

---

Mg. Quím. Mary Flor Césare Coral  
MIEMBRO

---

Mg. Sc. Wilfredo Baldeón Quispe  
MIEMBRO

---

Biol. Juan Juscamaita Morales  
ASESOR

---

Ing. Lawrence Quipuzco Ushñahua  
Co -ASESOR

## **DEDICATORIA**

A mis padres por su incondicional confianza y apoyo.

A mis hermanas y amados sobrinos, por ser mi fuente de inspiración.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, la vida y al Universo por colocarme en este tiempo y espacio.

A mis abuelitos, por ser mis eternos protectores.

A mi familia, por ser tan excepcional.

A la Universidad Nacional Agraria La Molina, por acogerme desde el año 2012 y ser mi casa por siempre.

Al Biólogo Juan Juscamaita Morales, por brindarme su apoyo constante y aceptar ser asesor de la presente investigación.

Al Ingeniero Lawrence Quipuzco Ushñahua, por orientarme desde un primer momento y estar siempre presto a ayudar.

Al Sr. Vicente y al Sr. Edgar técnicos de los laboratorios de Biología y Ambiental, respectivamente.

A Verónica, Cristian, David y Tiffany por aparecer en medio del caos para brindarme su amistad, su valioso tiempo, su disruptiva energía, su tierno entusiasmo y su enorme compromiso.

A Yazmin, Leticia, Evelyn, Franz y demás compañeros de laboratorio por su amistad, comprensión, guía y consejos.

A Lisseth, por su comprensión, paciencia y preocupación.

A Fernando, Katherine, Joanna y Oscar por su empatía y amistad sincera.

A todos mis maestros, desde mis padres, pasando por mis profesores de inicial, primaria, secundaria y universidad, por enseñarme tanto y ser promotores indirectos de esta investigación, ya que sin ustedes no lo habría logrado.

## ÍNDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
2.1 PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN EL PERÚ.....	4
2.2 PRODUCCIÓN DE GRANO DE CAFÉ.....	5
2.2.1 PULPA DE CAFÉ .....	9
2.2.2 GESTIÓN DE LA PULPA DE CAFÉ.....	10
2.3 PRODUCCIÓN DEL HONGO COMESTIBLE <i>P. ostreatus</i> .....	11
2.3.1 <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	11
2.3.2 ETAPAS.....	16
2.4 BOLAINA BLANCA .....	29
2.5 PLEUROTINA .....	31
<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	33
3.1 ÁREA DE ESTUDIO .....	33
3.2 MATERIALES .....	34
3.3 INSTRUMENTOS.....	34
3.4 EQUIPOS .....	35
3.5 MÉTODOS.....	35
3.5.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS SUSTRATOS.....	36
3.5.2 PRODUCCIÓN DE <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	36
3.6 EVALUACIONES.....	39
3.6.1 EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	39
3.6.2 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA PLEUROTINA .....	41
3.6.3 OTROS FACTORES .....	41
3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	42
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	43
4.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS SUSTRATOS.....	43
4.2 PRODUCCIÓN DE <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	46
4.2.1 CRECIMIENTO <i>in vitro</i> .....	46
4.2.2 CRECIMIENTO EN SUSTRATO INTERMEDIO .....	47

4.2.3	INCUBACIÓN .....	49
4.2.4	FRUCTIFICACIÓN .....	51
4.3	ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN.....	52
4.3.1	EFICIENCIA BIOLÓGICA.....	52
4.3.2	TASA DE PRODUCCIÓN .....	55
4.3.3	TASA DE BIODEGRADACION DEL SUSTRATO .....	58
4.3.4	TEMPERATURA AMBIENTAL .....	61
4.3.5	HUMEDAD DEL SUSTRATO .....	61
4.3.6	HUMEDAD RELATIVA .....	61
4.3.7	ILUMINACIÓN .....	61
4.3.8	VENTILACIÓN .....	61
4.3.9	CONTAMINACIÓN, PLAGAS Y ENFERMEDADES .....	62
4.4	EVALUACIÓN DE LA PLEUROTINA.....	63
4.5	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	67
4.5.1	EFICIENCIA BIOLÓGICA.....	67
4.5.2	TASA DE PRODUCCIÓN .....	68
4.5.3	TASA DE BIODEGRADACIÓN DEL SUSTRATO.....	69
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>71</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>72</b>
<b>VII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>73</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>83</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Impactos asociados al Beneficio del café .....	8
Tabla 2: Residuos generados en cada etapa del proceso.....	8
de beneficio e industrialización de 1 kg de café cereza .....	8
Tabla 3: Caracterización fisicoquímica de la pulpa de café.....	10
Tabla 4: Alternativas de tratamiento de la pulpa de café .....	11
Tabla 5: Taxonomía de <i>P. ostreatus</i> .....	12
Tabla 6: Clasificación taxonómica de <i>Guazuma crinita</i> .....	29
Tabla 7: Análisis estadístico que se realizaron a los resultados .....	42
Tabla 8: Composición fisicoquímica de viruta de bolaina.....	43
blanca y la pulpa de café en base seca .....	43
Tabla 9: Eficiencia biológica promedio .....	53
Tabla 10: Tasa de producción promedio .....	56
Tabla 11: Tasa de biodegradación del sustrato promedio .....	59
Tabla 12. Composición fisicoquímica de la viruta de bolaina .....	63
blanca y la pleurotina de viruta de bolaina blanca en base seca.....	63
Tabla 13: Composición fisicoquímica de la pulpa de café.....	64
y la pleurotina de la pulpa de café en base seca .....	64
Tabla 14: Composición fisicoquímica de la pleurotina de los tratamientos .....	66
Tabla 15: Análisis de Varianza – Eficiencia biológica .....	67
Tabla 16: Prueba de Tukey – Eficiencia biológica .....	68
Tabla 17: Análisis de Varianza – Tasa de producción.....	68
Tabla 18: Prueba de Tukey – Tasa de producción.....	69
Tabla 19: Análisis de Varianza – Tasa de biodegradación del sustrato.....	69
Tabla 20: Prueba de Tukey – Tasa de biodegradación del sustrato.....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Partes del fruto del café.....	6
Figura 2: Etapas del proceso de beneficio del café.....	7
Figura 3: <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	13
Figura 4: Crecimiento micelial de <i>Pleurotus ostreatus</i> en PDA .....	17
Figura 5: Inóculo primario de <i>Pleurotus ostreatus</i> en granos de trigo .....	18
Figura 6: Aparición de los primordios .....	23
Figura 7: Etapa de fructificación .....	24
Figura 8: Mapa de ubicación del Laboratorio B-2.....	33
Figura 9: Comparación entre la composición fisicoquímica de la ..... viruta de bolaina blanca y la pulpa de café .....	44 44
Figura 10: Crecimiento micelial en placa Petri – Cultivo madre .....	46
Figura 11: Crecimiento micelial en placa Petri – Cultivo secundario .....	47
Figura 12: Semilla primaria <i>P. ostreatus</i> .....	48
Figura 13: Semilla secundaria de <i>P. ostreatus</i> .....	49
Figura 14: Las nueve unidades experimentales sembradas con <i>P. ostreatus</i> .....	50
Figura 15: Crecimiento micelial en los tres tratamientos al cabo..... de siete días – Etapa incubación .....	50 50
Figura 16: Crecimiento micelial en los tres tratamientos al cabo..... de veinte días – Etapa incubación.....	51 51
Figura 17: Crecimiento de cuerpos fructíferos en los tres tratamientos ..... al cabo de siete días- Etapa de fructificación .....	52 52
Figura 18: Comparación de las eficiencias biológicas promedio .....	55
Figura 19: Comparación de las tasas de producción promedio .....	58
Figura 20: Comparación de las tasas de biodegradación del sustrato promedio .....	60
Figura 21: Presencia de la “mosca de los hongos” y <i>Trichoderma spp</i> .....	62
Figura 22: Comparación entre la viruta de bolaina blanca y su pleurotina.....	64
Figura 23: Comparación entre la pulpa de café y su pleurotina .....	65
Figura 24: Composición fisicoquímica de la pleurotina .....	66

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Participación de los principales países productores de café en el mundo ...	83
ANEXO 2: Principales países exportadores mundiales .....	84
de café (en miles de sacos 60 kg) .....	84
ANEXO 3: Exportación de grano de café peruano de los años 2016 y 2017 .....	85
ANEXO 4: Demanda proyectada y calculada de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	86
ANEXO 5: Metodologías de Análisis químico utilizados en.....	87
los análisis del Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes .....	87
ANEXO 6: Análisis de Varianzas y prueba de Tukey a los valores promedio de eficiencia biológica .....	88
ANEXO 7: Análisis de Varianzas y prueba de Tukey a los.....	89
valores promedio de Tasa de producción.....	89
ANEXO 8: Análisis de Varianzas y prueba de Tukey a los.....	90
valores promedio de Tasa de biodegradación del sustrato .....	90
ANEXO 9: Análisis de materia orgánica simple al Tratamiento 1 .....	91
ANEXO 10: Análisis de materia orgánica simple al Tratamiento 2.....	92
ANEXO 11: Análisis de materia orgánica simple al Tratamiento 3.....	93
ANEXO 12: Registro fotográfico pulpa de café– Finca Santa Teresa Villa Rica.....	94
ANEXO 13: Costo de la producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	96

## RESUMEN

Los residuos sólidos generados del proceso de Beneficio Húmedo del café *Coffea arabica*, conformados en su gran parte por la pulpa del cerezo del cafeto, material completamente orgánico y rico en azúcares, son mal dispuestos en las fincas, representando una fuente de contaminación de suelo, cuerpos de agua y la salud humana. Teniendo en cuenta lo anterior, se propuso como alternativa de tratamiento la utilización de la pulpa de café como sustrato para la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. La producción se evaluó mediante tres indicadores: La eficiencia biológica (E.B%), la tasa de producción (Tp) y la tasa de biodegradación del sustrato (Bs%). Para esto se trabajó con tres tratamientos, los cuales se diferenciaban por la cantidad (%p/p) de pulpa de café que contienen: El tratamiento 1 (T1:100% viruta de bolaina blanca), el tratamiento 2 (T2:50% pulpa de café + 50% viruta de bolaina blanca) y el tratamiento 3 (T3:100% pulpa de café). Se obtuvieron como resultado una eficiencia biológica de 37.2% para T1, 96.5% para T2 y 15.7% para T3; tasa de producción de 0.47 para T1, 0.75 para T2 y 0.13 para T3; tasa de biodegradación del sustrato de 22.9% para T1, 31.8% para T2 y 14.0% para T3. A ningún tratamiento se le adicionaron suplementos orgánicos o inorgánicos que pudiesen estimular la producción. Con esta investigación se demostró que la pulpa de café mezclada con viruta de bolaina blanca resultan ser un sustrato adecuado para la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*.

### Palabras Clave

Pulpa de café, *Pleurotus ostreatus*, eficiencia biológica, tasa de producción, tasa de biodegradación del sustrato, viruta de bolaina blanca

## ABSTRACT

Solid waste generated from *Coffea arabica* Wet Benefit process, these residues are made up for the most part by the cherry pulp of the coffee, completely organic material and rich in sugars, are poorly arranged on the farms, representing a source of soil contamination, bodies of water and human health. Considering the above, to use coffee pulp as a *Pleurotus ostreatus* edible mushroom substrate is a proposed treatment alternative. Production was evaluated by three indicators: Biological efficiency (E.B%), Production rate (Tp) and Substrate biodegradation rate (Bs%). There were three treatments, which differed by the amount (%w/w) of coffee pulp: Treatment 1 (T1:100% white bolaine chip), Treatment 2 (T2:50% coffee pulp and 50% white bolaine chip) and Treatment 3 (T3:100% coffee pulp). A biological efficiency of 37.2% was obtained for T1, 96.5% for T2 and 15.7% for T3; production rate of 0.47 for T1, 0.75 for T2 and 0.13 for T3; 22.9% substrate biodegradation rate for T1, 31.8% for T2 and 14.0% for T3. No treatment was added organic or inorganic supplements that could stimulate production. This research showed that coffee pulp mixed with white bolaine chip turns out to be a suitable substrate for the production of mushroom *Pleurotus ostreatus*.

### Keywords

Coffee pulp, *Pleurotus ostreatus*, biological efficiency, production rate, substrate biodegradation rate, white bolaine chip

## I. INTRODUCCIÓN

Las diferentes etapas que son parte del proceso de producción de granos de café generan subproductos, ya sean sólidos o líquidos, los cuales suelen tener un manejo inadecuado que terminan afectando la calidad de las aguas superficiales; generando degradación y posible desertificación del suelo; además de problemas en la salud de las personas, debido a la formación de “focos infecciosos” según Mego (2010). A partir de aproximadamente dos kilos de granos de cafeto, se obtiene un kilo de grano de café y casi un kilo de residuos, de los cuales, proveniente de la etapa de despulpado es alrededor del 39 y 47% del total, según Rodríguez y Jaramillo (2005) y Suárez (2012).

Para Diaz (2017) y Arguedas (2014), la pulpa de café es el exocarpio del cerezo del cafeto que se caracteriza por tener una alta concentración de azúcares reductores y humedad, lo que le hace tener una consistencia pegajosa y compacta y un especial manejo, pues es mucho más susceptible a la fermentación y atractivo a microorganismos y vectores.

Considerando el Decreto Legislativo 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, publicado en diciembre del año 2016, específicamente, el principio de *Valorización de residuos*, donde se prioriza ver los residuos generados como fuente de recursos económicos, otorgándoles valor agregado mediante la utilización de técnicas de generación de energía, producción de abonos orgánicos y/o vías biológicas, esta investigación propone el reaprovechamiento de la gran cantidad de pulpa de café generada, otorgándole valor agregado y evitando así la disposición final convencional.

Según la naturaleza de los subproductos se pueden plantear tratamientos a estos. Al día de hoy, hay estudios que describen, analizan y aplican las diferentes opciones de tratamiento a subproductos orgánicos; unas opciones mucho más estudiadas que otras, generalmente están limitadas por factores tipo económicos, espaciales, naturaleza de los subproductos, condiciones climáticas, conocimientos de la técnica, etc. Sin embargo, en el país no hay información contundente sobre la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* a partir de la pulpa de café.

Zárate (2015) describe a *Pleurotus ostreatus* como hongos comestibles basidiomicetos descomponedores a condiciones húmedas y frías que crecen sobre restos vegetales ricos en polímeros, tales como: la celulosa, la hemicelulosa y la lignina; mediante la realización de la pudrición blanca. Desde la década de los noventa, se empezó a producir *P. ostreatus* a nivel de laboratorio, logrando ser la tercera especie más cultivada en el mundo debido principalmente a lo siguiente: Su facilidad para desarrollarse sobre diferentes tipos de sustratos; no requerir de condiciones ambientales muy exigentes para su producción; y contener excelentes propiedades nutracéuticas. Adicional y particularmente, posee un mercado creciente en el Perú y en el mundo.

Esta investigación busca ampliar el conocimiento sobre la producción de *Pleurotus ostreatus* a partir de la pulpa de café, cooperando en la sostenibilidad de una actividad tan difundida en el país como lo es la industria cafetalera. La aplicación de este tratamiento no sólo reducirá gran parte de los problemas que generan el mal manejo de la pulpa del café, también se podría obtener grandes beneficios económicos y sociales, lo que resultaría en una producción mucho más eficiente de los granos de café, que actualmente se consideraría una ventaja competitiva internacional, debido a que la huella de carbono del producto disminuiría, y globalmente repercutirá en una reducción de la contaminación ambiental.

La presente investigación tiene por objetivo principal:

- Analizar la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* a partir de los subproductos de la etapa de despulpado del café.

Y como objetivos secundarios:

- Analizar la composición de los sustratos a usar: Pulpa de café y viruta de bolaina blanca, mediante las siguientes variables: pH, C.E, humedad, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y sodio.
- Evaluar las cuatro etapas: Preparación del inóculo, preparación del sustrato, siembra e incubación y fructificación para la producción de *Pleurotus ostreatus*, mediante la eficiencia biológica, la tasa de producción y la biodegradación del sustrato.
- Analizar la calidad de la pleurotina como potencial enmienda orgánica, mediante las siguientes variables: pH, C.E, humedad, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y sodio.
- Realizar el análisis estadístico de los datos obtenidos.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN EL PERÚ**

El último Censo Nacional Agropecuario - CENAGRO del año 2012 registra un aumento de más de 222 mil hectáreas cultivadas desde el censo de 1994 logrando un 10.2 por ciento de las áreas cultivadas en el territorio peruano dedicadas al cultivo de café, lo que equivale a 425 416 hectáreas. Son aproximadamente 223 mil familias productoras, quienes se encuentran en 15 regiones, 95 provincias y 450 distritos, siendo las regiones con mayor número: Junín, San Martín, Cajamarca, Cusco, Amazonas, Huánuco y Pasco; asimismo, son dos millones de peruanos quienes dependen de esta actividad.

El Ministerio de Agricultura y Riego (2016) indica que la producción de café entre los años 2004 y 2014 va desde los 189 mil y 332 mil toneladas, con una clara predisposición a crecer, teniendo una productividad por hectárea de 13 quintales. Según la Cámara Peruana de Café y Cacao (2017) para el año 2016, el Perú es el noveno país exportador de café en el mundo. Por otro lado, en el Plan Nacional de Acción del café peruano para el 2030, se busca que el Perú sea un “país productor, exportador y consumidor de café sostenible de calidad adaptado al cambio climático, reconocido a nivel mundial por su innovación, competitividad y una sólida institucionalidad que beneficia directamente a las familias cafetaleras y al conjunto de actores involucrados.”

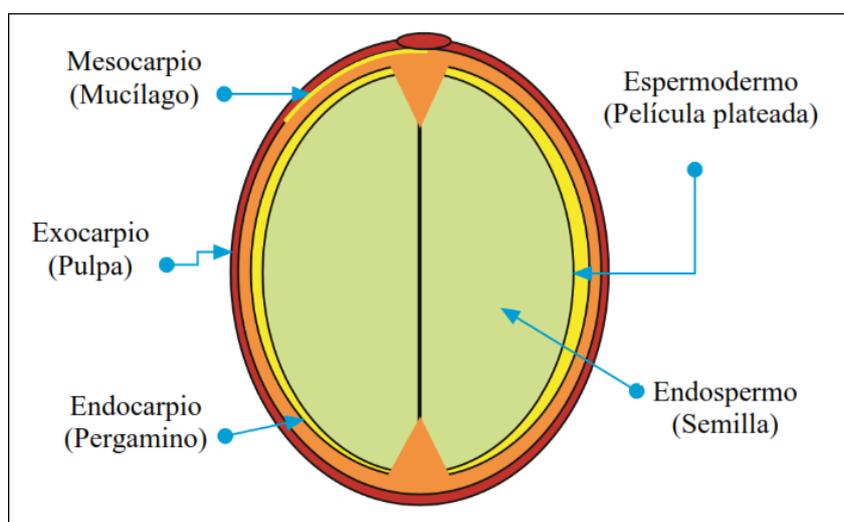
Según la SUNAT, durante los años 2016 y 2017 se ha exportado más de 240 mil toneladas y 238 mil toneladas, respectivamente; lo que viene a ser más de 672 millones de dólares. El café peruano es un producto tradicional de exportación; que además, desde el año 2017, en diferentes concursos a nivel mundial se ha posicionado como el mejor del mundo por su alta calidad en taza. Desde luego, el ser un producto laureado y mantener buenos ratios de productividad para cubrir la demanda son problemáticos, debido a que compite con el café proveniente de otros países productores con mayor capacidad de negociación, pues manejan mayores valores de productividad. En ese sentido, gran parte de la atención en política agraria es mejorar los niveles de producción y la eficiencia en el manejo de cultivo (MINAGRI, 2018).

En el Plan Nacional de Acción del café peruano se han identificado tres problemas centrales que inciden directamente en la eficiencia: La escasa capacidad técnica de los productores, la elevada incidencia y severidad de las plagas y la deforestación en fincas cafetaleras. Según el IV CENAGRO (2012) el 86 por ciento del área cultivada de café no cuenta con asistencia técnica, es decir, regiones como: Amazonas, Cajamarca, Cusco, Junín y San Martín; que concentran más del 90 por ciento de la producción del Perú. Sólo el 3 por ciento de los productores cuentan con alta tecnología y el 7 por ciento aprueban algún tipo de crédito financiero.

## **2.2 PRODUCCIÓN DE GRANO DE CAFÉ**

La planta del café, el cafeto, es un cultivo permanente que se desarrollan entre 900 y 2000 m. s. n. m. y a temperaturas cercanas de 20 a 25 °C en zonas húmedas. El cafeto cuenta con más de 500 géneros y 6000 especies, sin embargo, son dos las especies de las cuales se obtiene los granos del café para la fabricación de la bebida, éstas son: *Coffea arábica* y *Coffea canephora*. (Días, 2011)

En la Figura 1 se muestran las partes del fruto del café.



**Figura 1: Partes del fruto del café**

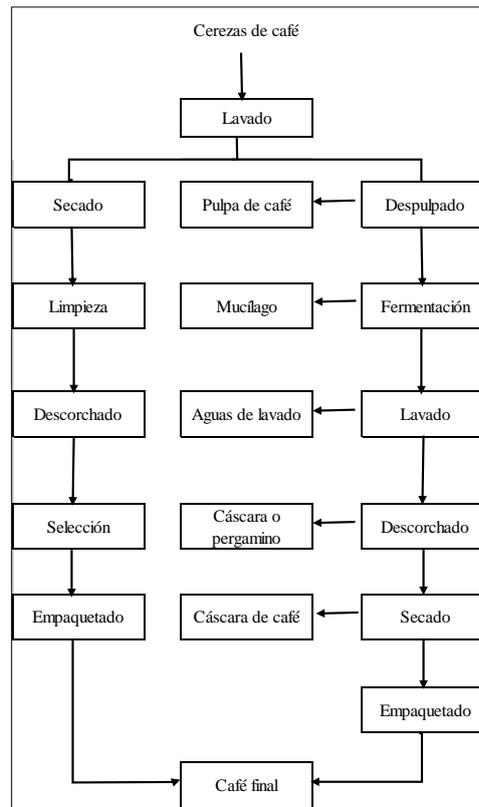
FUENTE: Red de Técnicos en Beneficiado de PROMECAFE, 2010.

El proceso de producción de granos de café, suelen realizarse en la misma finca. Hay dos formas de beneficio de café: el proceso seco y el proceso húmedo.

El beneficiado seco suele usarse en *Coffea canephora*, cuyo fruto posee poco mucílago. Básicamente, consiste en deshidratar los cerezos, para luego trillarlos y remover todas las capas que rodean a la semilla, para después tostarla. (Acarley, 2018)

El beneficiado húmedo suele usarse en *Coffea arabica*, cuyo fruto contiene mucílago. Son dos las vías que conforman este método de producción. La primera, la húmeda, básicamente consiste en quitar la cáscara y el exocarpio o pulpa usando una despulpadora. Luego, mediante el lavado y fermentado se extraerán el mesocarpio o mucílago, para después ponerlos a secar hasta que alcance una humedad de 13 por ciento. La segunda, la seca, consiste en retirar el endocarpio o pergamino y el espermodermo o película plateada, obteniendo el endospermo o semilla, la cual una vez

tostada estará lista para su industrialización (Acarley, 2018; Nahuamel, 2013; Sinclair *et al.* 2007) En la Figura 2, se describen las etapas del proceso de Beneficio de café.



**Figura 2: Etapas del proceso de beneficio del café**

FUENTE: Pandey et al., 2000.

Ambos tipos de beneficiados descritos líneas arriba, al igual que cualquier otra actividad industrial, genera subproductos que no poseen valor dentro de la cadena productiva de donde se originan. La naturaleza de estos subproductos puede ser líquida o sólida y estos son: la pulpa, mucílago, pergamino o cascarilla y las aguas mieles. (Arguedas, 2014).

A continuación, en la Tabla 1, Armas *et al.* (2008) relaciona las actividades que se realizan en el beneficiado del café con el componente impactado y la manera en que lo afecta.

**Tabla 1: Impactos asociados al Beneficio del café**

<b>Actividad</b>	<b>Componente</b>	<b>Identificación del impacto o efecto</b>
<b>Despulpe del fruto de café fresco</b>	Agua	Contaminación del agua (agua de despulpe y escurridos de la pulpa)
	Aire y suelo	Residuos sólidos: olor en la pulpa de café
	Agua	Residuos sólidos producidos por el mucílago
<b>Eliminación del mucílago y lavado del café</b>	Aire y suelo	Contaminación como producto de las aguas mieles, así como malos olores producidos por éstas bajo el efecto de fermentación

FUENTE: Armas *et al*, 2008.

A continuación, en la Tabla 2, Calle (1977) describe el peso de residuos que se generan en cada etapa del proceso de beneficio e industrialización con respecto a 1 kg de café cereza.

**Tabla 2: Residuos generados en cada etapa del proceso de beneficio e industrialización de 1 kg de café cereza**

<b>Proceso</b>	<b>Pérdida (gramos)</b>	<b>Residuo obtenido</b>
<b>Despulpado</b>	394	Pulpa fresca
<b>Desmucilaginado</b>	216	Mucílago
<b>Trilla</b>	35	Pergamino
<b>Secado</b>	171	Agua
<b>Torrefacción</b>	22	Volátiles
<b>Preparación bebida</b>	104	Borra
<b>Pérdida Acumulada</b>	942	

FUENTE: Calle, 1977.

### 2.2.1 PULPA DE CAFÉ

La pulpa de café es el exocarpio del fruto del café. De la Cruz *et al.* (2015) la describe como “una gruesa capa de células esponjosas que conforman la pulpa del café, su espesor aproximado es de unos 5 mm”. Según Arguedas (2014) anualmente se producen 400 000 toneladas de pulpa. Considerando tan sólo los subproductos sólidos de la etapa de despulpado, es decir, la pulpa de los granos del café, éstos representan entre el 39 por ciento, según Rodríguez & Jaramillo (2005) y el 47 por ciento, según Suarez (2012) del total de subproductos generados.

Naturalmente, la pulpa contiene altos niveles de hidratación y azúcares, por lo que está predispuesta a procesos de fermentación. (Arguedas, 2014) La humedad de la pulpa de café varía entre 80-85 por ciento, alrededor de 17 por ciento corresponde a azúcares reductores en base seca, aminoácidos y otros nutrientes (Roussos *et al.* 1998; Rodríguez & Zambrano, 2010)

En la Tabla 3, se muestra la caracterización fisicoquímica de la pulpa de café según Díaz (2017).

**Tabla 3: Caracterización fisicoquímica de la pulpa de café**

<b>Características</b>	<b>Pulpa de café</b>
<b>pH</b>	4.33
<b>C.E dS/m</b>	12.25
<b>Humedad %</b>	77.89
<b>M.O %</b>	79.97
<b>N %</b>	1.6
<b>P2O5 %</b>	0.52
<b>K2O %</b>	3.67
<b>CaO %</b>	0.65
<b>MgO %</b>	0.2
<b>Na %</b>	0.03
<b>C %</b>	46.4
<b>C/N</b>	29.08

FUENTE: Díaz, 2017.

### **2.2.2 GESTIÓN DE LA PULPA DE CAFÉ**

La presente investigación evalúa la producción de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* a partir de la pulpa de café. Según Armas *et al.* (2008) parte de la pulpa que se extrae es utilizada como alimento de ganado o en su forma más fresca como abono orgánico; sin embargo, debido a que no le dan algún tratamiento previo, el cual podría otorgarle un valor agregado estas prácticas solo resultan en un “traslado de la contaminación”.

En la Tabla 4 se presentan alternativas de tratamiento de la pulpa de café poco practicadas mencionadas por Armas *et al.* (2008)

**Tabla 4: Alternativas de tratamiento de la pulpa de café**

<b>Alternativa</b>	<b>Mecanismo de funcionamiento</b>	<b>Uso</b>
<b>Obtención de cafeína</b>	Mediante el secado, la adición de diferentes solventes y la percolación	Industria farmacéutica
<b>Combustible</b>	La pulpa es deshidratada	Energía calorífica
<b>Lombricomposta</b>	Descomposición de la materia orgánica cultivando la lombriz roja <i>Eisenia foetida</i>	Alimento para animales de granja
<b>Proteína unicelular</b>	Producto que se produce mediante fermentación realizada por levaduras sobre la pulpa de café	Alimentación humana
<b>Sustrato cultivo de hongos comestible</b>	La pulpa de café es degradada por hongos comestibles macromicetos. Previamente, la pulpa fue preparada de tal manera que permita el desarrollo del micelio.	Alimentación humana
<b>Biogás</b>	Fermentación realizada por un consorcio de microorganismos sobre la pulpa de café y mucílago	Energía calorífica
<b>Etanol</b>	Fermentación anaeróbica realizada por levaduras sobre la pulpa de café y mucílago	Diversas industrias

FUENTE: Elaborado con información de Armas *et al.*, 2008.

## **2.3 PRODUCCIÓN DEL HONGO COMESTIBLE *P. ostreatus***

### **2.3.1 *Pleurotus ostreatus***

#### **a. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA**

En la Tabla 5 se muestra la clasificación taxonómica de *P. ostreatus*, según NCBI (2015) y CoL (2016) citado en Albán (2018) es:

**Tabla 5: Taxonomía de *P. ostreatus***

Reino	Fungi
División	Basidiomycota
Subdivisión	Agaricomycotina
Clase	Agaricomycetes
Subclase	Agaricomycetidae
Orden	Agaricales
Familia	Pleurotaceae
Genero	Pleurotus
Especie	<i>Pleurotus ostreatus</i>
Nombre común	Hongo ostra

FUENTE: Albán, 2018.

## **b. CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Los hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* (Ver Figura 3) o “orellanas”, “setas” u “hongo ostra”, como son comúnmente conocidos son macrohongos basidiomicetos que naturalmente crecen sobre troncos y restos vegetales que contienen polímeros como la celulosa, la hemicelulosa y la lignina, los cuales son descompuestos a condiciones ambientales húmedas y frías, según Zárate (2015).



**Figura 3:** *Pleurotus ostreatus*

FUENTE: Martínez, 2012.

Según Sánchez (2008) a escala de laboratorio se empezó a producir *Pleurotus ostreatus* desde la década de los 60's en Hungría, encontrando como adecuados sustratos los residuos agroforestales y agroindustriales, debido a su alta concentración de lignina, celulosa y hemicelulosa (Gaitán *et al.* 2006 y Benavides 2013)

Luego de *Agaricus bisporus* (el champiñón), *Pleurotus ostreatus* es la segunda especie más cultivada en el mundo. Sobresale entre sus pares por ser considerado un alimento altamente nutritivo y con cualidades medicinales. (Medina & Cisterna, 2002 citado por Varnero *et al* 2010)

### **c. PROPIEDADES NUTRACEUTICAS Y MEDICINALES**

Producir *Pleurotus ostreatus* es una manera de obtener productos altamente nutritivos y hasta con cualidades nutricionales. A continuación, se detalla los componentes dietéticos presentes en los cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus*:

- **Carbohidratos**

En forma de fibra cruda, la concentración va desde 14 a 57%, siendo aproximadamente la mitad fibra dietética. Otros carbohidratos presentes en estos hongos son pentosas, hexosas, sacarosa, metil-pentosas y aminoazúcares como la quitina (Breene, 1990, citado por Sánchez, 2008).

- **Lípidos**

En peso seco, la concentración de lípidos va entre 3-5%, incluyendo mono, di y triglicéridos, esteroides, esterolésteres y fosfolípido; el ácido linoléico es el que se encuentra hasta en un 80% (Breene, 1990, citado por Sánchez, 2008).

- **Proteína**

En peso seco, la concentración de proteína va entre 10-30%, llegando incluso a 40%. Destaca la presencia de aminoácidos esenciales, tales como: leucina, isoleucina, valina, triptófano, lisina, treonina, fenilalanina, metionina, histidina, arginina. (Breene, 1990, citado por Sánchez, 2008) y Pineda *et al.* (2014)

- **Vitaminas**

En peso seco, la concentración de vitaminas va desde 19 - 35 %, destacándose el complejo B: B1, B2, B3, B5, B12; vitaminas C y D. (Téllez-Mora, 1994 citado por Sánchez, 2008).

- **Minerales**

Se ha encontrado presencia de fósforo, potasio, calcio, zinc, cobre, aluminio, sodio y magnesio (Breene, 1990, citado por Sánchez, 2008).

Por otro lado, se le atribuyen propiedades medicinales, por la presencia de  $\beta$  glucano, cuya actividad ayudaría a desacelerar el crecimiento de tumores, disminuir la presencia de colesterol en la sangre, poseer sustancias antioxidantes e inmunomoduladoras (Pineda *et al*, 2016 y Lopez *et al*, 2008)

#### **d. PRODUCCIÓN EN LATINOAMÉRICA**

López *et al* (2008) señala que dada la gran variedad y cantidad de residuos agroindustriales que se generan en la región de Latinoamérica, producir *Pleurotus ostreatus* es una alternativa con gran potencial.

Según Romero *et al* (2018) México es el mayor productor de Latinoamérica, representando el 80.8 %, seguido por Brasil con 7.7 % y Colombia 5.2 %. Es importante indicar que la producción va en aumento cada año y que en año 2011 se tuvo una producción de hongos frescos de 62 374 toneladas, sólo en México.

En Sudamérica, Garzón y Cuervo (2008) señalan que la producción de hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en el laboratorio se hace desde la década de los noventa, empezando esta práctica en Colombia con los subproductos de café. Según Calderón (2009) y Gavidia *et al*. (2016) las etapas que conforman el proceso de producción son: preparación del inóculo, preparación del sustrato, siembra e incubación y la fructificación, todas las etapas se manejan a condiciones asépticas.

Gaitán *et al.* (2006) y Benavides (2013) indican que para que se forme el micelio, asociación de hifas, estos finos filamentos que conforman a los hongos se requieren de ciertos elementos nutricionales, tales como: Oxígeno, carbono, nitrógeno, azufre, fósforo, potasio, magnesio y calcio. La fuente de carbono aportada ampliamente por la lignina, celulosa y hemicelulosa, presente en residuos agroforestales y agroindustriales; y la fuente de nitrógeno provienen de residuos tipo salvado de trigo, cereal y arroz, según Hernández y López (2008). *Pleurotus ostreatus* puede llegar a descomponer el 80 por ciento de lignina y celulosa sin requerir de un proceso bioquímico anterior. (Benavides, 2013; Martínez *et al.*, 2008).

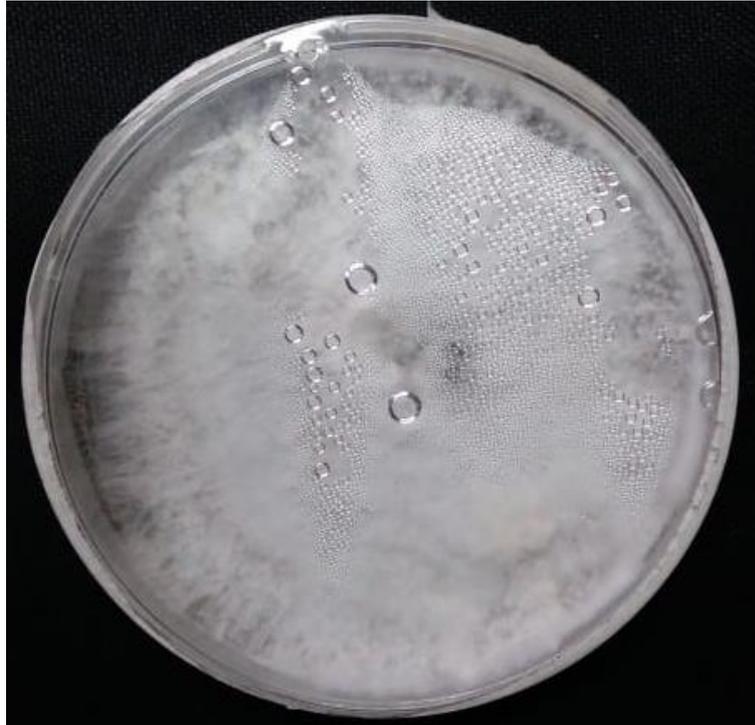
A continuación, se describirán los procedimientos y condiciones que son parte de cada etapa.

### **2.3.2 ETAPAS**

#### **a. PREPARACIÓN DEL INÓCULO**

- **Cultivo madre**

Para Calderón (2009) y Gaitán *et al.* (2006), la etapa de preparación del inóculo, consiste básicamente en la siembra y propagación del micelio del hongo a partir de la cepa original o material biológico. En el laboratorio se utiliza medios de cultivo sólidos nutritivos, tales como: Agar con extracto de malta, agar con dextrosa y papa, agar con extracto de trigo, paja y malta, entre otros. Zárate (2015) y Calderón (2009) indican que en una placa Petri, se incuba la cepa y el medio de cultivo a 25-28°C durante 8 días a oscuridad (Ver Figura 4).



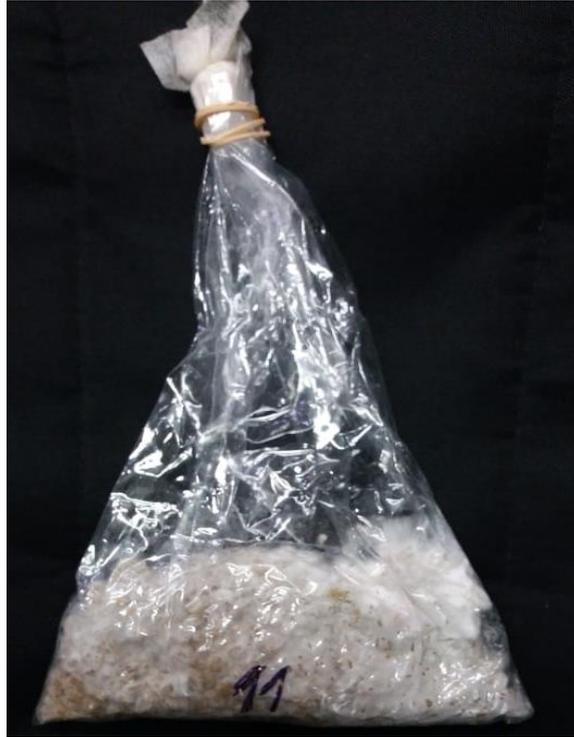
**Figura 4: Crecimiento micelial de *Pleurotus ostreatus* en PDA**

FUENTE: Elaboración propia.

- **Semilla primaria y secundaria**

Luego, se siembra a un sustrato intermedio (grano de trigo, arroz, sorgo, maíz, etc.), este antes de ser utilizado es limpiado, lavado, hidratado durante 8- 12 horas; Sin embargo, Muñoz (2017) y Zárate (2015) luego de limpiar, lavar los granos de trigo ponen a cocer durante 15 min aprox., tiempo en el que los granos de trigo logran tener todos los autores coinciden en la esterilización a 121 °C durante 30 minutos, para que después se coloquen 5 pequeñas porciones de cultivo madre sobre los granos de trigo ya esterilizados, las bolsas ya sembradas se colocan durante 15-20 días en la oscuridad y a 25-28°C, al término de este tiempo se obtiene el inóculo primario (Ver Figura 5). Ahora, una porción de los granos de trigo del inóculo primario se coloca sobre granos de trigo limpios, lavados, hidratados o cocidos y esterilizados a 121 °C durante 30 minutos bajo las mismas condiciones de iluminación, tiempo y temperatura para el inóculo primario y se obtiene el inóculo secundario. Gaitán *et al.* (2006) indica que este

será el inóculo definitivo para el sustrato final (residuos agroforestales y agroindustriales).



**Figura 5: Inóculo primario de *Pleurotus ostreatus* en granos de trigo**

FUENTE: Elaboración propia.

## **b. PREPARACIÓN DEL SUSTRATO**

- **Características del sustrato**

El material sobre el cuál la semilla secundaria será sembrada y crecerá el micelio se denomina sustrato. Los sustratos ricos en polisacáridos como la celulosa, hemicelulosa y lignina, pueden ser degradados por hongos comestibles del género *Pleurotus spp.* debido a que sintetizan enzimas que los reducen a moléculas de CO<sub>2</sub> y agua (Piña *et al.* 2016); asimismo, los sustratos pobres en nitrógeno son los ideales. (Garzón & Cuervo 2008). Por otro lado, se deberá buscar sustratos que se hallen en abundancia, baratos y de fácil manejo (Muñoz, 2017).

Los nutrientes presentes en los sustratos resultarán en una cosecha muy productiva de *Pleurotus ostreatus*, debido a que la productividad se basa en el contenido nutracéutico del sustrato, es muy común la utilización de formulaciones, es decir, la presencia de aditivos, quienes incorporan nutrientes a las mezclas, resultando: viruta con afrecho de trigo o arroz, paja de arroz, cáscara de arroz, etc. (Albán, 2018)

- **Tamaño y granulometría**

El tamaño del sustrato es importante ya que se relaciona con la retención de la humedad y de ello dependerá la invasión del micelio en la etapa de incubación. (Albán, 2018).

El tamaño de los sustratos a utilizados en diferentes estudios varía desde 0.8 – 2 mm, según García *et al.* (2011), Luna *et al.* (2013) y Bermúdez *et al.* (2000). Aunque para Rivera *et al.* (2013) 2 cm es el tamaño indicado, también hay experiencias con 6-8 cm (Garzón & Cuervo, 2008) y 1-3 cm (Gaitán *et al.* 2006)

- **Desinfección de sustratos**

El sustrato además de estar limpio, fresco y lavado, deberá pasar por un proceso de acondicionamiento libre de agentes patógenos que pueden resultar en competidores del hongo a sembrar, tales como la esterilización y la pasteurización (Muñoz, 2017)

- **Esterilización**

Es una forma de eliminación de los microorganismos presentes en el sustrato utilizando un autoclave, equipo donde se alcanzan temperaturas superiores a 100 °C (generalmente, 121° C). En 45 minutos aprox. se logra la desnaturalización de los

microorganismos. Es la forma más común de desinfectar sustratos cuyo peso es menor a 4kg. (Muñoz, 2017)

- **Pasteurización**

Es una forma de eliminación de los microorganismos presentes en el sustrato por medio de una cámara donde se hace ingresar vapor de agua que se encuentra a 70-80 °C por un lapso de 2-4 horas. Otra manera es sumergir el sustrato en agua caliente en tiempos que van desde 35 min hasta las 4 horas. Este método suele ser usado a escala industrial. (Muñoz, 2017)

### **c. SIEMBRA O INOCULACIÓN**

Pérez (2002) sugiere la hidratación de los sustratos (durante 18h), esterilización a 121 °C (durante 1h), luego de que se enfriara, incorporar un 5 por ciento (peso húmedo del sustrato) del inóculo secundario. Benavides (2013) trabajó con sustratos lignocelulósico y sembró 2 por ciento. Gaitán *et al.* (2006) indica que entre un 3-5 por ciento es la cantidad de inóculo para sustratos tipo paja. Sánchez (1994) recomienda entre el 3 por ciento de inóculo secundario a un sustrato previamente pasteurizado y frío y si este es puesto dentro de bolsas de polipropileno, hay que eliminar el aire interno.

- **Incubación**

Por otro lado, Gavidia *et al.* (2016) señala que la incubación tarda de 22 a 30 días y es necesario que la temperatura permanezca entre 23 a 24°C. El área de incubación debe ser un lugar oscuro, fresco y cerrado para mantener una humedad relativa de 70 a 80 por

ciento. Garzón & Cuervo (2008) que produjeron *Pleurotus ostreatus* a partir de cuatro sustratos, tales como: bagazo de caña de azúcar, tallo de maíz, aserrín y sobras de café de consumo humano; durante la etapa de incubación observaron temperaturas entre 7 y 34 °C y humedad relativa entre 31 y 100 por ciento y durante ocho días no abrieron las bolsas que contenían sustrato para luego monitorearlas diariamente abriendo el nudo de la parte superior, y así mismo permitiendo aireación de los sustratos; después fueron volteadas diariamente para mayor homogeneidad en la humedad y aireación. Esta fase se dio por terminada cuando en los monitoreos se observó que el micelio había colonizado toda la superficie del sustrato, es decir, cuando el sustrato se veía totalmente cubierto de una masa blanquecina y algodonosa.

Benavides (2013) colocó las bolsas sembradas en un ambiente aireado, con humedad relativa de 85 por ciento, temperatura entre 13-22°C y a “penumbra removible”, es decir cubiertos por un trapo negro; siendo inspeccionados diariamente. Para Gaitán *et al.* (2006) las bolsas cerradas se colocan en incubación, bajo las siguientes condiciones: a 25-28 °C, a oscuras; a las bolsas se le hacen pequeñas perforaciones. Luego de tres días se revisan diariamente con la finalidad de detectar la recuperación del micelio, lo cual se observará como una masa blanquecina creciendo alrededor del grano. El periodo de incubación finaliza cuando el micelio cubra todo el sustrato, en aprox. 2-3 semanas. Siempre se realizan revisiones periódicas. Sin embargo, Pérez (2002) prefiere incubar a oscuridad entre 25-28 °C y hacer alrededor de 200 pequeñas perforaciones hechas con agujas de disección y así facilitar la respiración del micelio.

- **Inducción**

La inducción es el periodo en el cual se forman los primordios. Básicamente, consiste en alterar las condiciones ambientales bajo las cuales se desarrolló la invasión del micelio en el sustrato. Lo recomendable para esta etapa es disminuir la temperatura, generando un “shock térmico”, exposición a la luz, aireación y elevar la humedad relativa. Se sabe que la inducción es un éxito cuando se observan pequeñas protuberancias sobre los sustratos. (Albán, 2018)

#### **d. FRUCTIFICACIÓN**

Según Pérez (2002) las siguientes condiciones ambientales son necesarias en la etapa de Fructificación: luz, 12 h/día; temperatura, 20-28 °C; humedad relativa ,80-85 por ciento; y aireación. Para Garzón & Cuervo (2008) una óptima fructificación de *Pleurotus ostreatus* se obtiene a humedad relativa entre 50-80 por ciento, a 20 por ciento de oxígeno y a una concentración de CO<sub>2</sub> no mayor de 800 ppm; sin embargo, ellos trabajaron entre 7 y 31,5 °C, humedad relativa entre 33 y 100 por ciento y 12 horas de iluminación, regaron diariamente las bolsas e hicieron cortes verticales y horizontales para aumentar la aireación y fructificación. Según Sánchez (1994) una vez que el micelio colonizó el sustrato, es el momento de eliminar la bolsa de polipropileno y pasar la masa hongo-sustrato a la sala de fructificación, la cual tiene las siguientes condiciones: humedad del sustrato,50 por ciento; pH,6.5-7; humedad relativa,85-90 por ciento; temperatura, 26-28°C; luz, suficiente para leer; y ventilación, 4-6 veces el volumen de la sala/h. Siempre aplicar riegos al cuarto de incubación o riegos suaves al mismo sustrato.

Gavidia & León (2016) comentan que, en la etapa de fructificación, se aumenta la humedad relativa de un 80 a 93 por ciento para inducir la formación de los cuerpos fructíferos. Esta etapa se puede realizar en el mismo cuarto de incubación, una vez que todas las bolsas estén invadidas por el micelio y la temperatura se encuentre de 16 – 18°C. Benavides (2013) decidió abrir las bosas una vez que el sustrato fue totalmente colonizado para exponer la masa del sustrato a aire fresco, 90 por ciento de humedad relativa, 12-20 °C y seguimiento diario hasta la aparición y crecimiento de los primordios. Gaitán *et al.* (2006) recomienda que “Si hay alta humedad ambiental en la zona donde está ubicada la planta de hongos, a las muestras que pasan a producción se les puede retirar la bolsa de plástico para que todo el sustrato con micelio quede expuesto, pero si no es así, y para evitar la desecación de las muestras, se recomienda sólo realizar perforaciones de mayor tamaño en dónde se presenten los primordios.”

Para Calderón (2009) “Los primordios, primeros cuerpos fructíferos, aparecerán a los dos días del inicio de la fructificación” (Ver Figura 6). Para Gaitán *et al.* (2006) “el

color de los primordios puede cambiar dependiendo de la variedad de seta que se trabaja, desde color blanquecino o crema hasta rosa, café-grisáceo, gris azulado o gris oscuro.”



**Figura 6: Aparición de los primordios**

FUENTE: Elaboración propia.

#### **e. COSECHA**

Una semana, según Gaitán *et al.* (2006) o cuatro días según Calderón (2009) después de la aparición de los primordios, éstos logran el tamaño adecuado y pueden ser cosechados, es decir, poseen un sombrero compacto, turgente, no flácido y antes de que sus orillas se enrollen hacia arriba (Ver figura 7), “sin permitir que el borde del píleo comience a enrizarse hacia arriba. La cosecha se hace cortando el estípite con un cuchillo, justo a la base del tallo, en la unión con el sustrato” (Gaitán *et al.* 2006).

Gaitán *et al.* (2006) indica que para la cosecha se utiliza navaja limpia y se corta el pie del hongo lo más cerca posible de la superficie del sustrato, sin dañar ni al hongo ni al sustrato. Zárate (2015) mencionan torcer la base de cada cuerpo fructífero hasta que se desprende del sustrato. La primera cosecha puede durar entre 1 a 3 días, luego un tiempo de receso de una a dos semanas para que se produzca el siguiente corte, entre

corte y corte es importante mantener las condiciones ambientales adecuadas (temperatura, iluminación y humedad), para evitar daños o contaminación de las muestras. Se puede llegar a producir entre 2 y 4 cosechas.



**Figura 7: Etapa de fructificación**

FUENTE: Elaboración propia.

## **f. CONTAMINACIÓN, PLAGAS Y ENFERMEDADES**

- **Contaminación**

Un sustrato está contaminado cuando en la etapa de incubación se notan la presencia de otros microorganismos, tales como: hongos tipo moho, bacterias o levaduras. Es muy común la aparición de hongos como *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Neurospora*, *Mycogone* y *Coprinus* ; los cuales se muestran como manchas verdes, amarillentas, negras y/o naranjas sobre el sustrato, compitiendo con el micelio de *Pleurotus ostreatus*. Problemas de contaminación se pueden prevenir mediante el correcto manejo de las condiciones de asepsia y desinfección de sustratos. (Albán, 2018).

- **Plagas**

Durante la incubación y fructificación, según Albán (2018), los sustratos invadidos por el micelio de *P. ostreatus* suelen resultar atractivos a insectos, tales como: *Lycoriella mali*, *Coboldia fuscipes*, *Mycophila sp.*, *Megaselia tamiladuensis*, los cuales se alimentan del micelio y de los cuerpos fructíferos y transmiten ácaros y enfermedades; también puede resultar atractivo a ácaros, tales como: *Tarsonemus sp.* y *Histiostoma sp.* quienes transmiten patógenos y nematodos (Muñoz, 2017).

Problemas de plagas se pueden prevenir aislando los espacios de incubación y fructificación o recurriendo a algún control físico, sin embargo, no se recomienda el uso de plaguicida o sustancias químicas. (Zárate, 2015)

- **Enfermedades**

Según Albán (2018) durante la etapa de fructificación los cuerpos fructíferos son muy atractivos a bacterias ( *Pseudomonas sp.* ), hongos (*Dactylium dandroides*, *Trichoderma*, *Penicillium* y *Aspergillus*) y virus, los cuales se propagan por medio del agua, insectos o utensilios sucios, además de ser favorecidos por algunas condiciones ambientales reinantes: poca ventilación, excesiva humedad, altas temperaturas, poca exposición a la luz producen hongos deformes, amarillentos, con manchas marrones resultando en bajos rendimientos de la producción.

Las enfermedades se pueden son difíciles de controlar, sólo se puede prevenir usando siempre implementos limpios y cuidando de las condiciones ambientales.

## **g. OTROS FACTORES**

- **Temperatura**

Variable relacionada con la correcta actividad celular y enzimática. *P. ostreatus* crece de 0 a 35° C, siendo la temperatura óptima entre 26-28°C durante el desarrollo micelial y unos 5°C menos durante el desarrollo de los cuerpos fructíferos. (Muñoz, 2017 y Zárate, 2015)

- **pH**

Variable importante durante el desarrollo micelial *in vitro* y en bolsa, puesto que influye directamente en su metabolismo. El potencial de hidrógeno del sustrato en el cual puede crecer *P. ostreatus* va desde 4 a 7, siendo el óptimo de 5 a 6. Valores inferiores inhibe el crecimiento del micelio. Algunos autores relacionan la concentración de nitrógeno con el pH. (Zárate, 2015)

- **CO<sub>2</sub>**

El exceso de CO<sub>2</sub> está relacionado con el desarrollo de cuerpos fructíferos con estípites largos (Zárate, 2015). Una mayor concentración de CO<sub>2</sub> en la incubación que en la fructificación es lo recomendable, se aconsejan valores hasta 0.08 por ciento (Muñoz, 2017)

- **Humedad relativa**

Según Muñoz (2015) la falta de humedad relativa está relacionada con el desarrollo de cuerpos fructíferos deformes (Zárate, 2015). Gavidia *et al.* (2016) sugiere valores que van desde 80 a 93 por ciento para la fructificación y Zárate (2015) 70 por ciento para la incubación.

- **Luz**

La poca iluminación en el área de fructificación resulta en cuerpos fructíferos amarillentos (Zárate, 2015). Se recomienda 12 horas diarias con una intensidad de 500 lux apróx. (Muñoz, 2017)

- **Carbono**

Representa la primera fuente de energía de los hongos. Estos la pueden extraer de polisacáridos o lípidos. Es el elemento más utilizado para el desarrollo de los hongos, desde su cultivo in vitro hasta la fructificación. (Muñoz, 2017)

- **Nitrógeno**

Según Muñoz (2017) el nitrógeno es un elemento que puede hallarse en bajas concentraciones en el sustrato y no resulta ser impedimento para el desarrollo de cuerpos fructíferos.

- **Relación C/N**

Para Garzón y Cuervo (2008) los hongos del género *Pleurotus* crecen en medios cuya relación C/N sea entre 30 y 300. Asimismo, relaciona un alto valor de C/N para el crecimiento micelial y un bajo valor de C/N para la fructificación.

## **h. MERCADO**

*Pleurotus ostreatus* es un alimento con alto contenido proteico, resultando ser una alternativa al consumo de carne. Además, de ser de agradable sabor, la rentabilidad del cultivo de *Pleurotus ostreatus* resulta ser muy buena, puesto que sus costos no son muy

elevados ya que se obtienen a partir de residuos agroindustriales, residuos que se generan a grandes cantidades y no suelen ser aprovechados (Pineda *et al.* 2014)

Desde 1978, la producción mundial de *Pleurotus ostreatus* ha crecido año tras año. En el año 2012, la producción alcanzó más de 31 millones de toneladas equivalente a 20 000 millones de dólares. (Romero *et al.* 2018)

En el 2013 China, el principal producto de hongos comestibles, cosechó 30 000 millones kg equivalente al 87% de la producción mundial total de ese año. Sin embargo, la producción aumenta año tras año, por ejemplo, en Estados Unidos la producción ha aumentado en más del 11% en los últimos 10 años, llegando a 423 millones de kg en el año 2015 (Romero *et al.*, 2018) El aumento de la producción está asociada a la demanda natural de este tipo de alimentos, la cual puede crecer aún más, pues actualmente hay una tendencia en el mercado nacional e internacional hacia los productos orgánicos, los cuales se asocian a una mejor calidad de vida del consumidor (Holgado, 2018)

Con respecto al mercado local, Canchis & López (2016) identificaron un público objetivo en Lima Metropolitana de aprox. 23.7 por ciento de hogares de los sectores A y B, proyectando una demanda en Lima Metropolitana de 214.232 toneladas anuales. Producir *P. ostreatus* en Perú podría no sólo cubrir esta brecha, sino también exportar, tal como lo hace China, Holanda y Polonia, pero con la ventaja de una política arancelaria de intercambio comercial. (Canchis & López, 2016). Además, producirlos a partir de diferentes residuos agroindustriales puede resultar en grandes ahorros de costo y magnificación de ganancias

## 2.4 BOLAINA BLANCA

### a. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

En la Tabla 6 se muestra la clasificación taxonómica de *Guazuma crinita* según Cabrera (2014) es:

**Tabla 6: Clasificación taxonómica de *Guazuma crinita***

Reino	Plantae
División	Fanerógamas
Subdivisión	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malvales
Familia	Sterculiaceae
Genero	Guazuma
Especie	<i>Guazuma crinita</i>
Nombre común	bolaina, bolaina blanca

FUENTE: Cabrera, 2014.

### b. CARACTERÍSTICAS GENERALES

La bolaina blanca es una especie maderable que se desarrolla en zonas cálidas y húmedas a una altitud de hasta 1500 m.s.n.m en suelos ricos en nutrientes. Su presencia es notable en la zona amazónica de países tropicales. En el Perú está en regiones como Amazonas, Cajamarca, Huánuco, Junín, Loreto, Madre de Dios, Pasco, San Martín y Ucayali (Becerra, 2016; Sueros, 2017) Convirtiéndose en una de las cinco especies más importantes de Ucayali (Revilla, 2015)

La bolaina blanca es una especie heliofita, común en bosques secundarios tempranos que requiere de luz, además que se caracteriza por un rápido crecimiento, alcanzando

una altura de 12-15 m a los 5 años de edad tal como indica Márquez (2015), y alta demanda; es por ello que es una especie muy usada en los programas de la reforestación y sistemas agroforestales, según Becerra (2016) y Albán (2018).

### **c. INDUSTRIA DE LA MADERA Y COMERCIALIZACIÓN**

Márquez (2015) menciona que la densidad de la bolaina blanca alcanza hasta los 459 árboles por hectárea y que su aprovechamiento final es al cabo de 8-10 años, momento en el cual la madera es madura y compacta. Ucayali y Lima son las regiones que demandan bolaina blanca rolliza y aserrada, llegándose a producir hasta 110 000 m/año. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y según el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR, el volumen de producción de metros cúbicos de madera rolliza de bolaina blanca sólo en la región de Ucayali fue de 12 452 en el año 2016: y para el 2017, a nivel nacional, se produjeron 56 693 metros cúbicos de madera rolliza de bolaina blanca.

A partir de la bolaina se obtienen diferentes productos, tales como: cajones, marcos, listones, maderas para el revestimiento de interiores, vigas, columnas cortas, triplay, puertas, juguetes, palos de fósforo, paletas de chupete, paletas médicas, mangos para sellos de jebe, artesanías, embalajes para cajas de productos agrícolas, laminados, palos de escoba y hasta para pulpa de papel. (Albán, 2018 y Sueros, 2017). El Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (2009) indica que, en Lima, la bolaina se utiliza en la construcción de viviendas populares, paneles de madera a precios competitivos por su alta demanda.

Con respecto al mercado internacional, la bolaina blanca tiene posibilidades en ingresar en formas madera seca y cepillada, para su utilización en embalajes, muebles y molduras (Albán, 2018). Sin embargo, Revilla (2015) argumenta que el manejo de la bolaina es ineficiente, lo que genera productos y subproductos derivados de la madera

de la bolaina de menor calidad, lo cual representa un obstáculo para la salida de los mismos al mercado internacional, puesto que no cumplirían con los estándares básicos.

#### **d. RESIDUOS**

Los residuos asociados a la industria de la madera son de distintas formas y tamaños, los cuales generalmente no son aprovechados, pues son considerados como residuos con componente de difícil degradación y de bajo valor comercial. Las prácticas que tienen para disponer estos residuos son: la quema, arrojo a botaderos, acumulación en cuerpos de agua, además de emitir gases de efecto invernadero debido a la exposición solar y altas temperaturas (Albán, 2018).; convirtiendo a la industria de la madera en ineficiente y altamente contaminante. (Vinces & Poggi, 2014)

Los residuos forestales que se generan son de distintas formas y consistencia, estos pueden ser: largueras, cantos, despuntes, tapas, viruta y aserrín. De cada troza, el 48 por ciento se convertirá en residuo (Alban, 2018) La porción de residuos que corresponde a la viruta es aproximadamente 17 por ciento (FAO,1991). Los usos que se le suele dar a estos materiales son: biomasa para generar energía, pellets, lecho para animales, sustrato para hongos, entre otros (Alban 2018).

#### **2.5 PLEUROTINA**

Bermúdez *et al.* (2010) señala que cuando se produce hongo comestible del género *Pleurotus* sobre pulpa de café y otros sustratos lignocelulósicos se genera un sustrato sólido, denominado pleurotina, de composición química (96.6 por ciento de materia orgánica y 3.44 por ciento de nitrógeno) similar al humus de lombriz, pudiendo ser considerado como fertilizante o acondicionador de suelos.

Bermúdez *et al.* (2010) observó que las semillas de cebolla *Allium cepa L.* a las cuales se le aplicó la pleurotina hecha en base a pulpa de café presentaron un aumento en el crecimiento foliar, en comparación a las pleurotinas hechas con virutas de madera y cáscara de coco. Asimismo, se concluyó que “la composición química y bromatológica de la pulpa de café favorece los rendimientos en la producción de setas y la pleurotina obtenida es rica en proteínas debido a la existencia de micelio de *Pleurotus*, además de estar biodegradada al presentar una disminución de elementos tóxicos y antinutricionales que estaban presentes en la pulpa de café inicial”.

Luego de la aplicación de un tratamiento previo (secado, molienda y tamizado) a la pleurotina hecha de pulpa de café, se le aplicó como enmienda orgánica a cultivos hortícolas reportando muy buen rendimiento. Es por ello que se recomienda la aplicación de la pleurotina a hortalizas ya que actúa como estimulante en la fisiología y desarrollo de las plantas, incidiendo directamente con el rendimiento (Bermúdez *et al.* 2010).

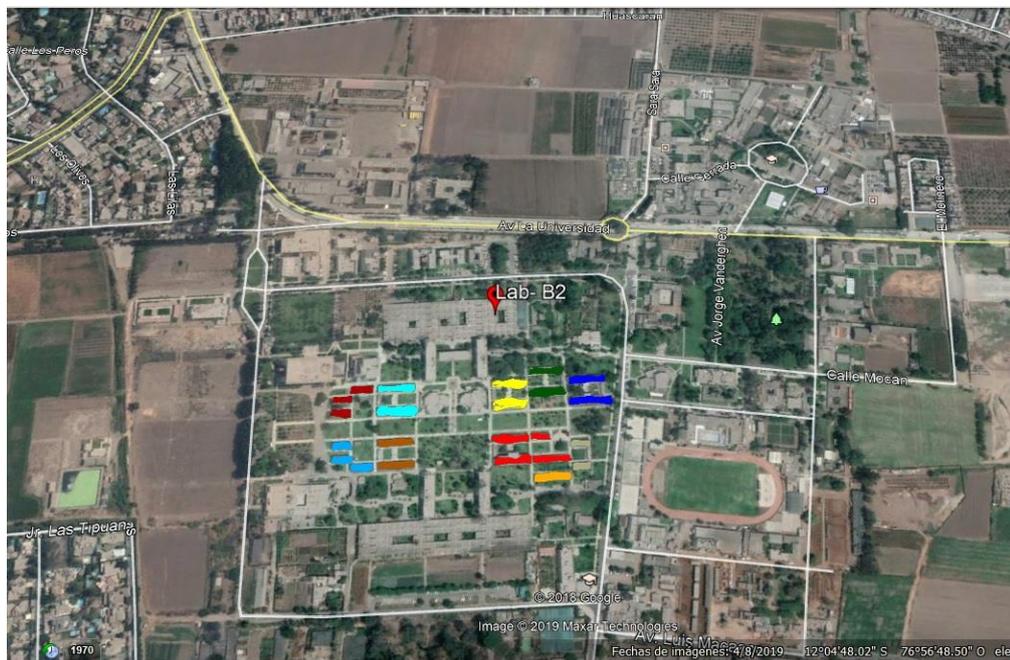
Asimismo, se ha utilizado pleurotina de café en cebolla, *Allium cepa L.*, y cebolla china, *Allium chinense G. Don*), en este último, se logró alcanzar el rendimiento en 0.5 kg/m<sup>2</sup>, frente a 0.3 kg/m<sup>2</sup> que se obtuvo utilizando humus. Es así como Bermudez *et al* (2010) considera que la utilización de la pleurotina como abono orgánico en hortalizas es una opción de disposición final de materiales ya degradados previamente por *Pleurotus spp* y a la vez que contribuye a una agricultura orgánica y sostenible.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDIO

La presente investigación se realizó durante los meses de mayo a noviembre del 2018 en las instalaciones del Laboratorio de Biorremediación “Luis Basto Acosta” de la Universidad Nacional Agraria La Molina- UNALM. Las dimensiones aproximadas del laboratorio son las siguientes: Largo, 4 m; ancho, 3 m; y altura: 5 m.

En la figura 8 se muestra el plano de ubicación del laboratorio donde se realizó la parte experimental:



**Figura 8: Mapa de ubicación del Laboratorio B-2**

FUENTE: Elaboración propia.

### 3.2 MATERIALES

Los materiales utilizados en la presente investigación fueron:

- Material biológico: Cepa nativa de *Pleurotus ostreatus* Cod 209 proporcionada por el Laboratorio de Fitopatología- Módulo de Hongos Comestibles de la UNALM.
- Sustratos: Pulpa de café (*Coffea arábica*) y viruta de bolaina blanca (*Guazuma crinita*), ambos procedentes del Fundo Santa Teresa, Villa Rica, Oxapampa, región Pasco.
- 25 L Agua destilada
- 0.5 kg Agar-Agar
- 0.5 kg Dextrosa
- 02 papas no arenosas
- 02 kg de trigo
- 4 L Alcohol al 96%
- 02 tabletas de antibiótico.
- 100 mL Agua bidestilada
- 01 kg algodón
- 0.5 kg detergente
- 0.5 L de Hipoclorito de sodio 3%
- 0.5 kg CaCO<sub>3</sub>
- 1 kg yeso agrícola

### 3.3 INSTRUMENTOS

Los instrumentos utilizados en la presente investigación fueron:

- 02 matraces Erlenmeyer
- 03 mecheros Bunsen
- 20 placas Petri 10x10mm
- 01 bisturí o navaja
- 04 tubos de ensayo

- 02 probetas
- 02 vasos de precipitado
- 01 colador
- 01 paquete de bolsas transparentes de polipropileno 6x10x2
- 01 paquete de bolsas transparentes de polipropileno 8x12x2
- 01 paquete de bolsas transparentes de polipropileno 10x15x2
- 01 plumón indeleble
- 01 cinta adhesiva
- 01 rollo de rafia
- 01 caja de ligas

### **3.4 EQUIPOS**

Los equipos utilizados en la presente investigación fueron:

- 01 autoclave automático digital de 30 L *Reles*
- 01 cámara de flujo laminar vertical *BIOBASE*
- 01 refrigeradora *Electrolux*
- 01 microscopio binocular biológico *LABMEDICAL*
- 02 estufas
- 01 luxómetro
- 01 termohigrómetro digital
- 01 balanza miligramera
- 01 balanza gramera

### **3.5 MÉTODOS**

Para analizar la producción de *Pleurotus ostreatus*, se formularon tres tratamientos con tres repeticiones cada uno, teniendo así en total nueve unidades experimentales (U.E). Los tratamientos se diferenciaban entre sí por el porcentaje en peso de pulpa de café que los conforman:

Tratamiento 1 (T1): 100% viruta de bolaina blanca.

Tratamiento 2 (T2): 50% pulpa de café y 50% viruta de bolaina blanca.

Tratamiento 3 (T3): 100% pulpa de café.

Cada unidad experimental contenía 1.5 kg de peso fresco.

### **3.5.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS SUSTRATOS**

Se tomó 0.5 kg de peso seco de cada sustrato (pulpa de café y viruta de bolaina blanca) y fueron enviados al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes de la Facultad de Agronomía para realizar el Análisis de materia orgánica completa, el cual incluye: pH, C.E, humedad (%), materia orgánica (%), nitrógeno (%), fósforo (%), potasio (%), calcio (%), magnesio (%) y sodio (%).

### **3.5.2 PRODUCCIÓN DE *Pleurotus ostreatus***

La producción de *Pleurotus ostreatus* se realizó en 04 etapas, adaptando la metodología de Zárate (2015), Calderón (2009), Gaitán *et al.*, (2006), Castañeda y Leal (2007) y Pérez (2002):

#### **Etapa I. Preparación del inóculo**

##### **a. Preparación del medio de cultivo PDA**

Se colocó 2 g de agar agar, 1.8 g de dextrosa y 50 mL de una solución de 20 g de papa hervida; después se agregó 50 mL de agua destilada. El medio de cultivo fue esterilizado en autoclave, durante 121°C durante 30 minutos. Luego usando una cámara de flujo laminar y el mechero Bunsen, se colocó 05 pequeños trozos de carpóforo de *Pleurotus ostreatus* de aprox. 0.5 cm de tamaño, previamente lavado durante tres minutos en agua destilada esterilizada, sobre una placa Petri esterilizada que contenía 15

mL del medio de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA) preparado. Durante 10 días a 30 °C en oscuridad, se obtuvo el cultivo madre. Luego, se preparó nuevamente el cultivo de papa-dextrosa-agar (PDA), se autoclavó y usando la cámara de flujo laminar y el mechero Bunsen, se colocó 01 trozo de aprox. 1 cm<sup>2</sup> sobre una placa Petri esterilizada que contenía 15 mL del medio de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA). Durante 10 días a 30 °C en oscuridad, se obtuvo el cultivo secundario.

b. Preparación de la semilla primaria o *spawn* primario

Por experiencias previas del técnico del Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Agronomía, descritas por Muñoz (2017) y Zárate (2015), los granos de trigos luego de ser lavados eran cocidos y luego esterilizados (121 °C, durante 30 minutos), después bajo condiciones asépticas, 05 trozos de aprox. 0.5 cm de tamaño del micelio del cultivo secundario se colocó sobre, el trigo contenido en bolsas de polipropileno. Se colocaron las bolsas a 30°C a oscuras durante 15 días, hasta que estén totalmente colonizada por el micelio.

c. Preparación de la semilla secundaria o *spawn* secundario

Siguiendo el procedimiento descrito en el apartado anterior, bajo condiciones asépticas, se colocó granos de la semilla primaria colonizada por el micelio sobre el trigo contenido en bolsas de polipropileno. Se sembró 2% p/p de granos de trigo que provienen de la semilla primaria. Se colocaron las bolsas a 30°C a oscuras durante 15 días, hasta que estén totalmente colonizadas por el micelio.

## **Etapa II. Preparación del sustrato**

a. Deshidratación

Aproximadamente 10 kg de pulpa de café fresca y 4 kg de viruta de bolaina blanca se sometieron a 70°C hasta que alcanzaron un peso seco constante (Romero *et al.*, 2010)

b. Corte

Se redujo el tamaño de los sustratos secos a 2-3 cm, tamaño según Gaitán *et al.* (2006)

c. Hidratación

Los sustratos fueron hidratados hasta alcanzar una humedad del 70% aprox. Se utilizó el cálculo correspondiente y se “comprobó” la humedad adecuada colocando una pequeña cantidad de sustrato en la mano, presionándolo sin dejar caer ni una gota de agua y dejando sólo la mano húmeda (Zárate, 2015). Luego, se armaron las nueve unidades experimentales según los tratamientos antes descritos.

d. Esterilización

Las nueve unidades experimentales fueron autoclavados durante 30 minutos a 121 °C en un autoclave, este procedimiento descrito por Muñoz (2017)

### **Etapa III. Siembra e incubación**

a. Siembra

Se agregaron a las unidades experimentales granos de la semilla secundaria equivalente al 5 % de su peso fresco. Este porcentaje es el recomendado por Pérez (2002) y Gaitán *et al.* (2006).

b. Incubación de los sustratos

A 30 °C, en un lugar oscuro fueron colocadas las nueve unidades experimentales durante 20 días. Se esperó que las bolsas estén totalmente colonizadas (blancas) y se observó pequeños puntos blanquecinos esféricos llamados primordios. La temperatura y

la ausencia de luz son las condiciones recomendadas por Garzón & Cuervo (2008), Gaitán *et al.* (2006) y Pérez (2002).

#### **Etapa IV. Fructificación**

##### a. Inducción- Shock Térmico

Las nueve unidades experimentales una vez que lograron estar totalmente colonizadas, fueron sometidas durante dos horas a 8°C, esta disminución brusca de la temperatura que resultará en un “shock térmico” para la inducción en la formación de primordios es recomendada por Albán (2018)

##### b. Fructificación de los sustratos

En secciones cercanas a los primordios, se realizaron pequeños cortes con hojas de bisturí previamente esterilizadas. Luego fueron expuestas a luz durante 12 horas, a una temperatura que iba desde 18.5 – 23°C en un espacio con ventilación. Estas condiciones son recomendadas por Pérez (2002), Garzón & Cuervo (2008) y Benavides (2013).

##### c. Cosecha de *Basidiocarpos*

Se colocaron los dedos sobre la base del cuerpo fructífero y se enrollaba hasta que los pies del macromiceto se desprendía del sustrato, tal como lo menciona Zárate (2015)

### **3.6 EVALUACIONES**

#### **3.6.1 EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE *Pleurotus ostreatus***

La evaluación de la producción de *Pleurotus ostreatus* se realizó calculando los siguientes indicadores:

- Eficiencia Biológica

Relacionado con el rendimiento de cada oleada de producción de hongos. Es el porcentaje de hongos frescos obtenidos en relación con la materia seca del sustrato utilizado. (Zárate, 2015)

$$EB = \frac{PFto}{PSS} * 100$$

Donde:

- EB: Eficiencia biológica, expresada en porcentaje (%)
- PFto: Peso fresco total de basidiocarpos, expresado en kilogramos (kg)
- PSS: Peso seco del sustrato, expresado en kilogramos (kg)

- Tasa de producción

Relaciona la eficiencia biológica y el tiempo en días para completar un ciclo del cultivo o período productivo (PP) a partir de la siembra. Indica el potencial productivo diario luego de la siembra. (Zárate, 2015)

$$Tp = \frac{EB}{PP}$$

Donde:

- Tp: Tasa de producción
- EB: Eficiencia biológica, expresada en porcentaje (%)
- PP: Período productivo a partir de la siembra\*, expresado en días (día)

\**siembra* hace referencia al acto de colocar sobre el sustrato final granos de cereal invadidos con micelio de *Pleurotus ostreatus*.

- Tasa de biodegradación del sustrato

Relaciona este parámetro con la cantidad de sustrato húmedo que fue degradado y absorbido por los aislamientos de *Pleurotus ostreatus*, situación que se puede comparar

como “una rápida liberación de nutrientes que podrían ser aprovechadas por las plantas cuando los substratos sean incorporados al suelo” (Zárate, 2015)

$$Bs = \frac{(PSHini - PSHfin)}{PSHini} * 100$$

Donde:

- Bs: Tasa de biodegradación del sustrato, expresada en porcentaje (%)
- PSHini: Peso del sustrato húmedo inicial, expresado en kilogramos (kg)
- PSHfin: Peso del sustrato húmedo final, expresado en kilogramos (kg)

### **3.6.2 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA PLEUROTINA**

Se tomó 0.5 Kg peso seco de cada pleurotina que proviene de los tres tratamientos y se enviaron al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes de la Facultad de Agronomía y se le realizó el Análisis de materia orgánica completo, el cual incluye: pH, C.E, humedad (%), materia orgánica (%), nitrógeno (%), fósforo (%), potasio (%), calcio (%), magnesio (%) y sodio (%).

### **3.6.3 OTROS FACTORES**

- Temperatura ambiental:

Se registró mediante el uso de un termohigrómetro digital.

- Humedad del sustrato

Se registró mediante la adición de agua a los sustratos secos.

- Humedad relativa

Se registró mediante el uso de un termohigrómetro digital.

- Luz

Semanalmente se midió la iluminación de la sala de fructificación mediante el uso de un luxómetro.

### 3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se determinó si existe diferencia significativa entre los valores medios de los indicadores de producción de *P. ostreatus*: Eficiencia biológica. Tasa de producción y Tasa de biodegradación del sustrato de cada unidad experimental, para lo cual se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) y se realizó el análisis de varianza (ANOVA) a un nivel de confianza de 95 por ciento. La variable independiente fueron los sustratos de cada tratamiento, el factor fue la relación sustrato/porcentaje de peso y las unidades experimentales fueron las bolsas de polipropileno que contienen los sustratos.

Se utilizó la prueba Tukey para la comparación entre medias. En la Tabla 7 se muestra el análisis estadístico que se realizaron a los resultados.

**Tabla 7: Análisis estadístico que se realizaron a los resultados**

Modelo lineal			
$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$			
	Eficiencia biológica	Tasa de producción	Tasa de biodegradación del sustrato
<b>Y<sub>ij</sub></b>	Eficiencia biológica obtenido al aplicar la i-ésima relación sustrato/porcentaje de peso en la j-ésima bolsa de polipropileno	Tasa de producción obtenido al aplicar la i-ésima relación sustrato/porcentaje de peso en la j-ésima bolsa de polipropileno	Tasa de biodegradación del sustrato obtenido al aplicar la i-ésima relación sustrato/porcentaje de peso en la j-ésima bolsa de polipropileno
<b>μ</b>	Eficiencia biológica	Tasa de producción	Tasa de biodegradación del sustrato
<b>T<sub>i</sub></b>	Efecto de la i-ésima relación sustrato/porcentaje en peso	Efecto de la i-ésima relación sustrato/porcentaje en peso	Efecto de la i-ésima relación sustrato/porcentaje en peso
<b>E<sub>ij</sub></b>	Error experimental obtenido al aplicar la i-ésima relación sustrato/porcentaje en peso en la j-ésima bolsa de polipropileno	Error experimental obtenido al aplicar la i-ésima relación sustrato/porcentaje en peso en la j-ésima bolsa de polipropileno	Error experimental obtenido al aplicar la i-ésima relación sustrato/porcentaje en peso en la j-ésima bolsa de polipropileno
Análisis de Varianza			
<b>H<sub>0</sub></b>	Las eficiencias biológicas promedio de cada tratamiento son iguales	Las tasas de producción promedio de cada tratamiento son iguales	Las tasas de biodegradación de sustrato promedio de cada tratamiento son iguales
<b>H<sub>1</sub></b>	Al menos una eficiencia biológica promedio de cada tratamiento es diferente	Al menos una tasa de producción promedio de cada tratamiento es diferente	Al menos una de las tasas de biodegradación del sustrato promedio de cada tratamiento es diferente

FUENTE: Elaboración propia.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

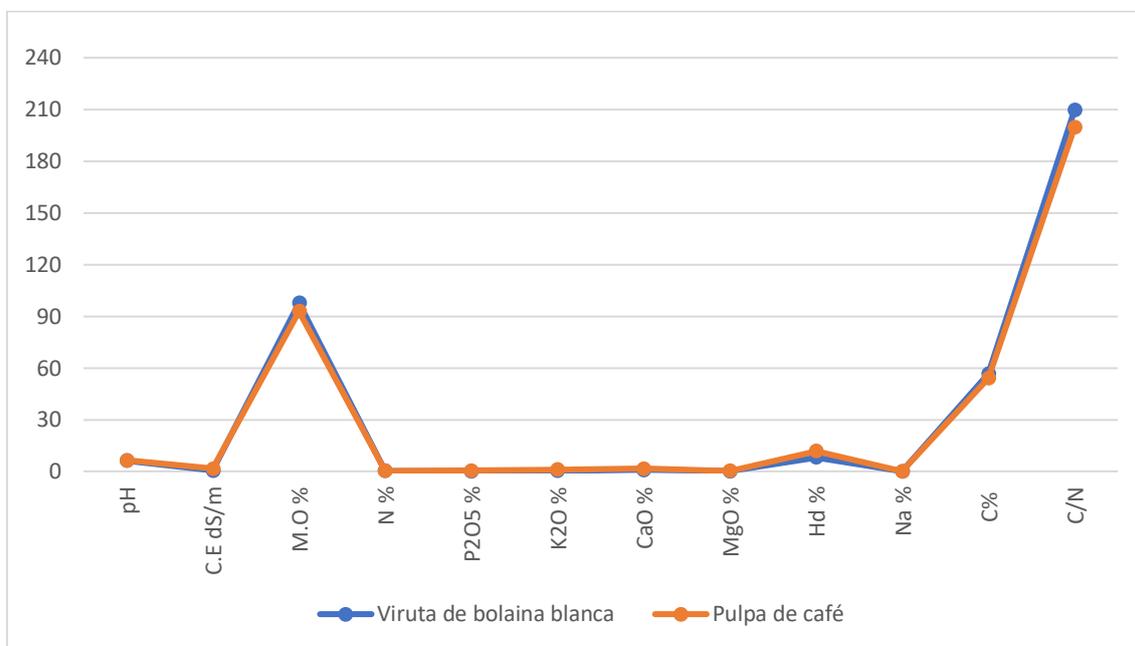
### 4.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS SUSTRATOS

En la Tabla 8 se muestra la composición fisicoquímica de la viruta de bolaina blanca y de la pulpa de café en base seca, ambos análisis se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la facultad de Agronomía de la UNALM. Las metodologías que se utilizaron para determinar la concentración de cada variable, se describen en el anexo 5.

**Tabla 8: Composición fisicoquímica de viruta de bolaina blanca y la pulpa de café en base seca**

<b>Variable</b>	<b>Viruta de bolaina blanca</b>	<b>Pulpa de café</b>
<b>pH</b>	6.22	6.39
<b>C.E dS/m</b>	0.46	1.63
<b>M.O %</b>	97.64	92.98
<b>N %</b>	0.27	0.27
<b>P2O5 %</b>	0.1	0.46
<b>K2O %</b>	0.24	1.05
<b>CaO %</b>	0.82	1.65
<b>MgO %</b>	0.06	0.29
<b>Humedad %</b>	8.08	11.82
<b>Na %</b>	0.03	0.04
<b>C%</b>	56.64	53.93
<b>C/N</b>	209.76	199.75

En la Figura 9 se compara la composición fisicoquímica de la pulpa de café y la viruta. De las variables determinadas, las más importantes y cruciales para su utilización como sustrato para la producción de *P. ostreatus* son el pH y la relación C/N. (Rodríguez, 1996)



**Figura 9: Comparación entre la composición fisicoquímica de la viruta de bolaina blanca y la pulpa de café**

Los valores de pH de 6.22 y 6.39 se encuentran dentro de los valores de acidez óptimos, de 6.5 a 7, descrito por Sánchez (1994) y de 5 a 6 descrito por Zárte (2015). Se sabe que valores menores inhiben el desarrollo del micelio de *P. ostreatus*.

Los porcentajes de carbono 56.64 y 53.93, correspondientes a la viruta de bolaina blanca y la pulpa de café, respectivamente y se relacionan directamente con el favorecimiento del crecimiento y desarrollo del micelio en el sustrato, según Hernández & López (2008).

Los porcentajes de nitrógeno 0.27 tanto para la viruta de bolaina blanca como la pulpa de café podrían recaer en el contenido proteico de los cuerpos fructíferos. (Hernández & López, 2008). Otros autores señalan que, al adicionar harinas, granos de cereal, estiércol o urea aumentan la concentración de nitrógeno, así como otros macronutrientes (Ruilova & Hernández, 2014). Sánchez & Royse (2001) recomienda que, en sustratos tipo aserrines, es decir, pobres de nitrógeno, suplementar al sustrato con salvados de cereales, ricos en nitrógeno.

Las ratios de C/N de 209.76 y 199.75 correspondientes a la viruta de bolaina blanca y la pulpa de café, respectivamente, se relacionan directamente con la producción de biomasa, según Vega (2016) y se encuentran dentro del rango en el que crece *P. ostreatus*: de 30 a 300 (Garzón & Cuervo, 2008) siendo bastante amplia y no presentando un valor óptimo (Ruilova & Hernández, 2014). Según Magdaleno (2013) muchos investigadores califican al ratio C/N como una variable de “influencia significativa” en relación al desarrollo y producción de metabolitos de *P. ostreatus*.

Para Hernández & López (2008) es la cantidad de carbono presente en el sustrato lo que ayuda directamente al crecimiento y la formación de cuerpos fructíferos de *P. ostreatus*. En residuos maderables, aserrín y viruta, suelen contener niveles aprox. de 50% de carbono, 42% de oxígeno, 6% de hidrógeno y un 2% de nitrógeno; tal como lo indica Gavidia & León (2016).

Para Hernández & López (2008) las características físicas de los sustratos, tal como la compactación, también influye en el desarrollo de *P. ostreatus*, pues se relaciona con la difusibilidad del oxígeno en el sustrato. Sustratos compactables, tal como la pulpa de café, suelen tardar más días en la invasión del sustrato que sustratos de aspecto más fibroso, tal como la viruta de bolaina blanca.

## 4.2 PRODUCCIÓN DE *Pleurotus ostreatus*

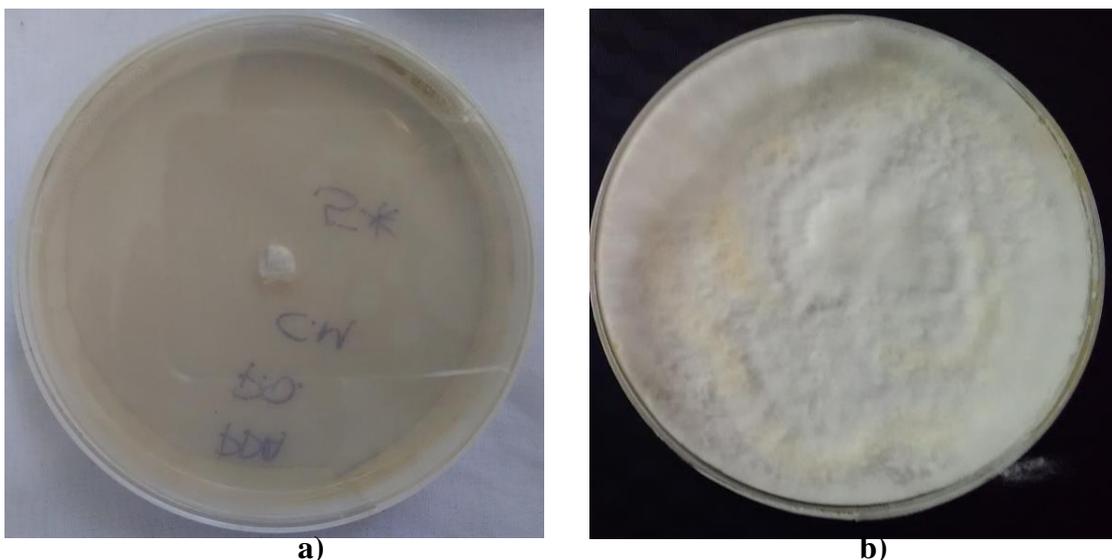
### 4.2.1 CRECIMIENTO *in vitro*

En esta investigación, el medio de cultivo utilizado fue papa-dextrosa-agar (PDA), el cuál es ampliamente usado para el crecimiento de hongos comestibles, tales como *P. ostreatus*, según Tesfaw *et al.* (2015) pues es fácil de preparar y no muy costoso.

#### a. Cultivo madre

Las placas Petri que contienen papa-dextrosa-agar (PDA) e invadidas de micelio generado a partir de trozos del cuerpo fructífero de *P. ostreatus* se denominan “cultivo madre”. En esta investigación, *P. ostreatus* tardó en invadir la superficie de papa-dextrosa-agar (PDA) de la placa Petri alrededor de 10 días, alcanzando un color blanco, textura algodonosa y escaso crecimiento vertical. No se presenciaron contaminantes.

En la Figura 10 se muestra el crecimiento del micelio del cultivo madre de *P. ostreatus*.



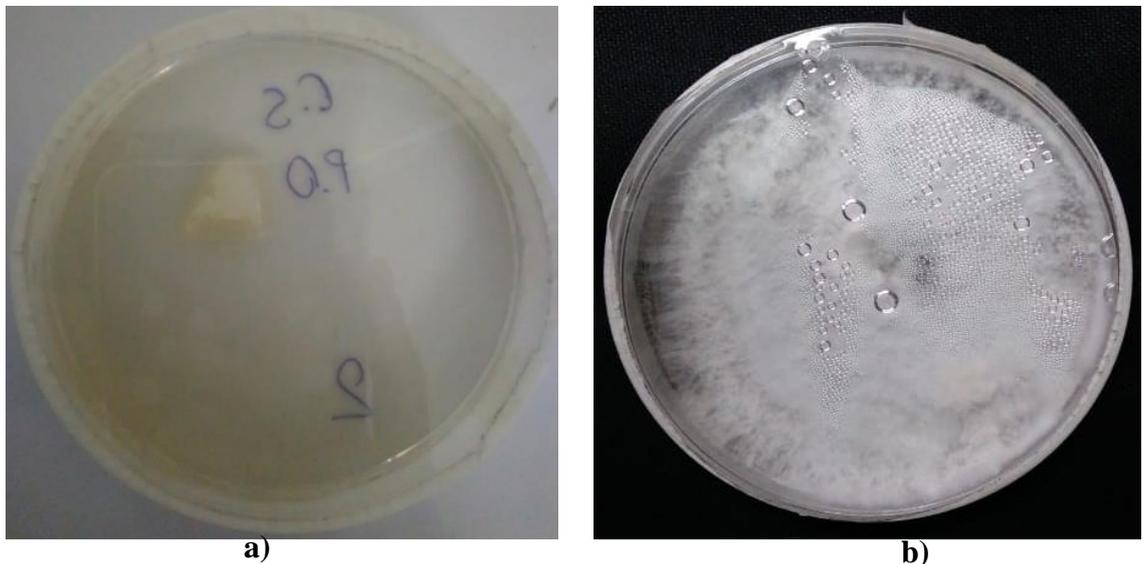
**Figura 10: Crecimiento micelial en placa Petri – Cultivo madre**

- a) Crecimiento micelial a los cero días – cultivo madre
- b) Crecimiento micelial a los diez días – cultivo madre

## b. Cultivo secundario

Las placas Petri que contienen papa-dextrosa-agar (PDA) e invadidas de micelio generado a partir de trozos de “cultivo madre” se denominan “cultivo secundario”. En esta investigación, *P. ostreatus* tardó en invadir la superficie del cultivo papa-dextrosa-agar (PDA) de la placa Petri alrededor de 10 días, alcanzando un color blanco, textura algodonosa y escaso crecimiento vertical. No se presenciaron contaminantes.

En la Figura 11 el cultivo secundario de *P. ostreatus*



**Figura 11: Crecimiento micelial en placa Petri – Cultivo secundario**

- a) Crecimiento micelial a los cero días – cultivo secundario
- b) Crecimiento micelial a los diez días – cultivo secundario

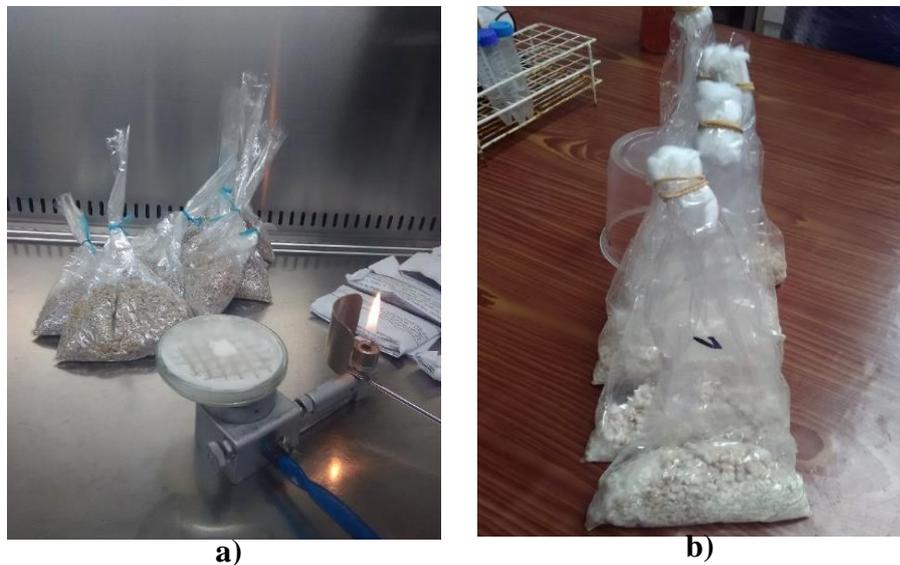
### 4.2.2 CRECIMIENTO EN SUSTRATO INTERMEDIO

El sustrato intermedio es un material sólido que facilitará la siembra al sustrato final; además de ayudar a que la invasión en el mismo sea mucho más rápida que si se haría a partir de trozos del “cultivo secundario”. Generalmente, el sustrato intermedio suelen ser granos de cereales, de fácil manejo y no muy costosos.

a. Semilla primaria o *spawn* primario

El sustrato intermedio invadido por micelio que se ha generado a partir de trozos de “cultivo secundario” de *P. ostreatus* se denominan “semilla primaria”. En esta investigación, *P. ostreatus* tardó 15 días en invadir los granos de trigo, alcanzando un color blanco, apariencia algodonosa y densa. No se presenciaron contaminantes.

En la Figura 12 se observa bolsas que contienen semilla primaria de *P. ostreatus*.

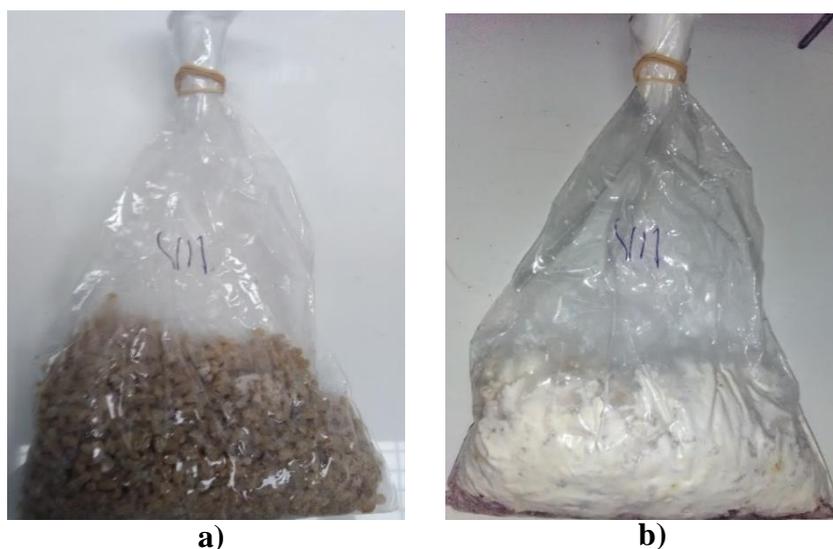


**Figura 12: Semilla primaria *P. ostreatus***

- a) Crecimiento micelial a los cero días – Semilla primaria
- b) Crecimiento micelial a los quince días – Semilla primaria

b. Semilla secundaria o *spawn* secundario

El sustrato intermedio invadido por micelio que se genero a partir de granos de “semilla primaria” de *P. ostreatus* se denominan “semilla secundaria”. En esta investigación, *P. ostreatus* tardó 15 días en invadir los granos de trigo, alcanzando un color blanco, apariencia algodonosa y densa. No se contaron con presencia de contaminantes. En la Figura 13 se observa bolsas que contienen semilla secundaria de *P. ostreatus*.



**Figura 13: Semilla secundaria de *P. ostreatus***  
a) Crecimiento micelial a los cero días – Semilla secundaria  
b) Crecimiento micelial a los quince días – Semilla secundaria

#### 4.2.3 INCUBACIÓN

El sustrato final para el crecimiento de *P. ostreatus* suelen ser materiales ricos en lignocelulosa, humedecidos entre 69.8 – 74.5, con un óptimo de 70% y un pH cercano a 5.8 (Tesfaw *et al.* 2015). Suelen ser sembrados entre 2-5% p/p con la semilla secundaria.

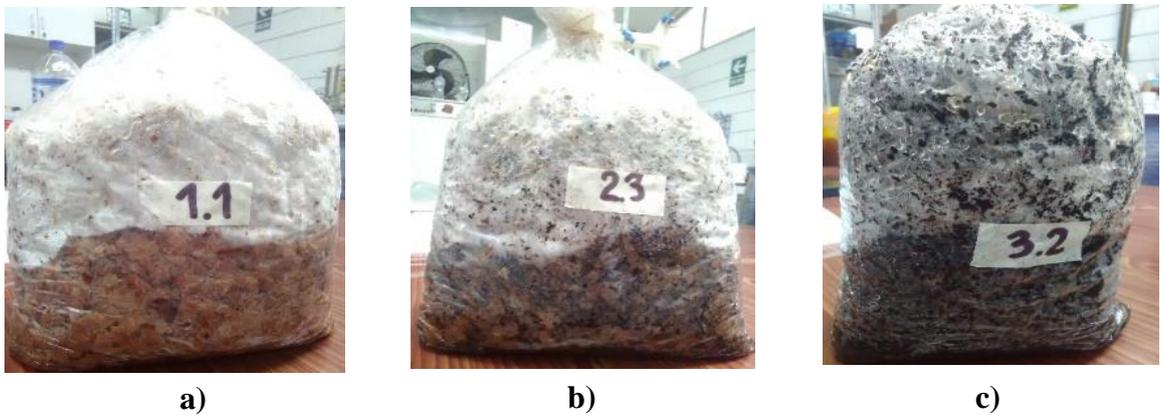
En esta investigación, a 30°C y en penumbra *P. ostreatus* tardó 20 días en invadir los sustratos, presentando un color blanquecino en todos los tratamientos y mayor densidad en el tratamiento 2, conformado por una mezcla de pulpa de café y viruta de bolaina blanca; seguido del tratamiento 1, conformado sólo por viruta de bolaina blanca; por último, el tratamiento 3, conformado sólo por pulpa de café. Durante la etapa de incubación de sustratos, no se presenciaron contaminantes.

En la Figura 14 se observa las nueve unidades experimentales sembradas con semillas secundarias de *P. ostreatus*.



**Figura 14: Las nueve unidades experimentales sembradas con *P. ostreatus***

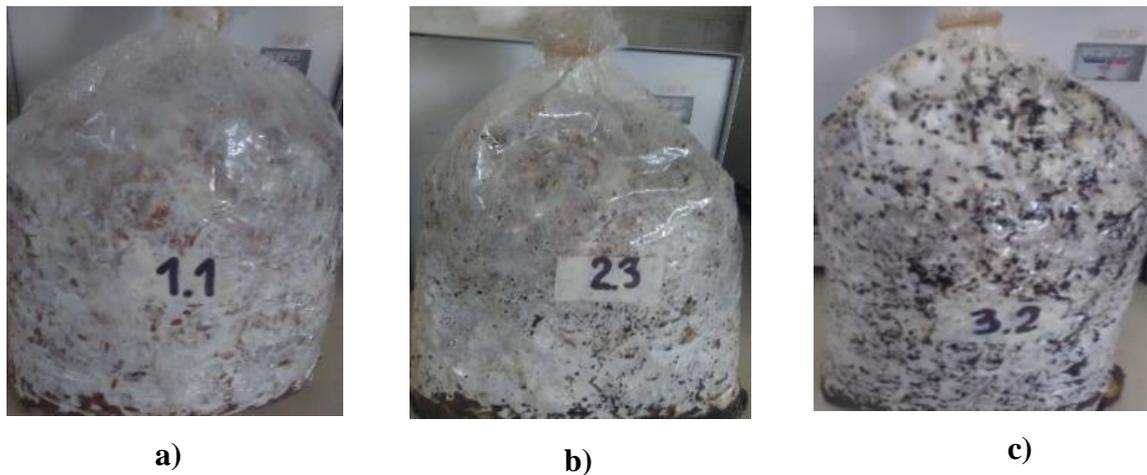
En la Figura 15 se observa la invasión del micelio de *P. ostreatus* en los tratamientos correspondientes a siete días después de la siembra.



**Figura 15: Crecimiento micelial en los tres tratamientos al cabo de siete días – Etapa incubación**

- a) Tratamiento 1: 100% viruta bolaina blanca
- b) Tratamiento 2: 50% pulpa de café y 50% viruta de bolaina blanca
- c) Tratamiento 3: 100% pulpa de café

En la Figura 16 se observa la invasión del micelio de *P. ostreatus* en los tratamientos correspondientes a 20 días después de la siembra.



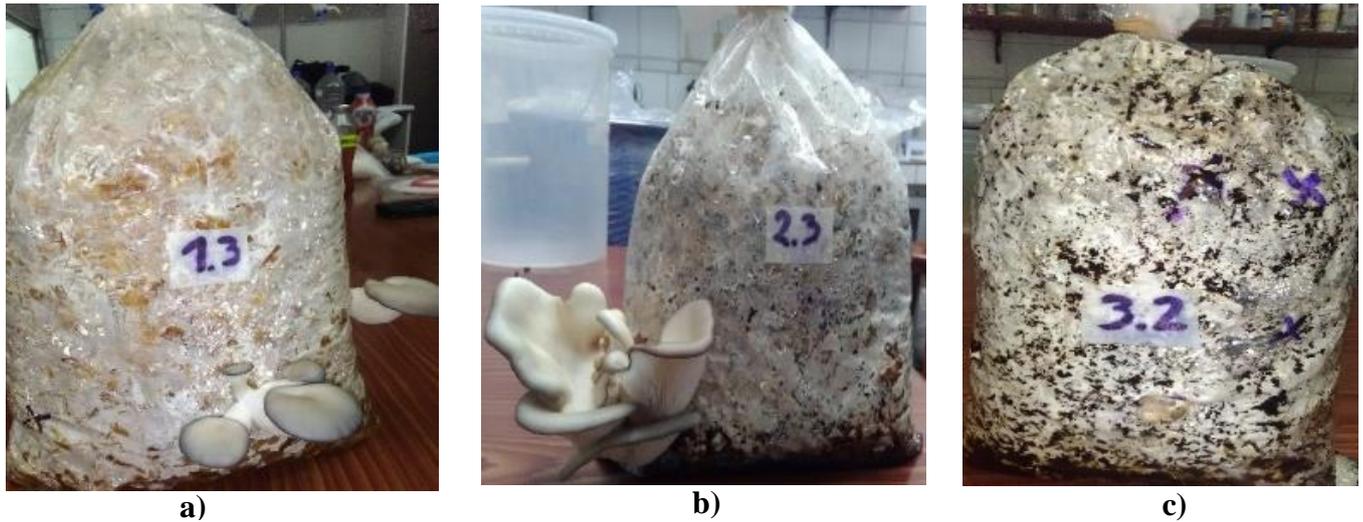
**Figura 16: Crecimiento micelial en los tres tratamientos al cabo de veinte días – Etapa incubación**

- a) **Tratamiento 1: 100% viruta bolaina blanca**
- b) **Tratamiento 2: 50% pulpa de café y 50% viruta de bolaina blanca**
- c) **Tratamiento 3: 100% pulpa de café**

#### **4.2.4 FRUCTIFICACIÓN**

Una vez que el crecimiento micelial haya logrado colonizar todo el sustrato, es decir, las bolsas se encuentren totalmente blancas, la etapa de incubación ha terminado y se inicia la etapa de fructificación. En esta etapa, se formarán los cuerpos fructíferos de *P. ostreatus*, por lo que los requerimientos ambientales son distintos. Las condiciones que se brindaron para esta etapa fueron las siguientes: temperatura entre 18.5 y 23°C; a las bolsas se le hicieron agujeros, riegos diarios, ventilaciones y 12 horas de luz.

En la Figura 17 se observa los primeros cuerpos fructíferos floreciendo siete días después del inicio de la fructificación.



**Figura 17: Crecimiento de cuerpos fructíferos en los tres tratamientos al cabo de siete días- Etapa de fructificación**

- a) Tratamiento 1: 100% viruta bolaina blanca
- b) Tratamiento 2: 50% pulpa de café y 50% viruta de bolaina blanca
- c) Tratamiento 3: 100% pulpa de café

### 4.3 ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN

#### 4.3.1 EFICIENCIA BIOLÓGICA

En la Tabla 9 se puede observar las eficiencias biológicas promedio según cada tratamiento. El máximo valor promedio de eficiencia biológica se obtuvo con el tratamiento 2, tratamiento que consiste en una mezcla 50:50 de pulpa de café y viruta de bolaina blanca alcanzando un valor de 96.5%; un valor intermedio, 37.2%, se obtuvo en el tratamiento 1, el cual consiste sólo viruta de bolaina blanca; finalmente, el menor valor se obtuvo en el tratamiento 3, el cual está conformado sólo por pulpa de café alcanzando el valor de 15.7%.

La eficiencia biológica alcanzada por el tratamiento 1 es menor a la citada por Albán (2018) quien reportó 44.97% en el mismo sustrato. La mayor eficiencia biológica alcanzada en esta investigación se dio en el tratamiento 2 la cual es más alta a la citada

por Muñoz (2017), quien reportó 95.4% utilizando la misma cepa sobre panca de maíz y a la citada por Zárate (2015), quien reportó una eficiencia biológica promedio de 85.41 % utilizando panca de maíz y paja de arroz como sustratos sembrando una cepa proveniente del Módulo de investigación de hongos comestibles de la facultad de Agronomía de la UNALM. La eficiencia biológica alcanzada por el tratamiento 3 fue la más baja y dista de valores entre 67.1 y 225.2, los acostumbrados para *Pleurotus spp.* sembrados en pulpa de café.

**Tabla 9: Eficiencia biológica promedio**

<b>Tratamiento</b>	<b>Eficiencia biológica promedio</b>
<b>T1: 100% Viruta de bolaina blanca</b>	37.2%
<b>T2: 50% Viruta de bolaina blanca + 50% pulpa de café</b>	96.5%
<b>T3: 100% Pulpa de café</b>	15.7%

En la Figura 18 se compara la eficiencia biológica de los tres tratamientos estudiados.

Eficiencias biológicas con valores menores a 40%, valor mínimo recomendado para ser considerada una producción rentable según Díaz & Carvajal (2014) y Ramón & Ramón (2012), tales como los tratamientos 1 y 3 con 37.2% y 15.7%, respectivamente, los cuales contienen un solo sustrato coincide con lo señalado por Fernández (2004) quien indicaba que agregar otros sustratos o suplementos mejora la producción de cuerpos fructíferos.

Bermúdez *et al.* (2007) señaló la importancia de la cantidad de nitrógeno en la producción de biomasa; Gavidia & León (2016) menciona que suplementar con materiales con alta concentración de proteínas, tales como salvado de trigo, arroz, maíz, etc., aumentan notablemente la eficiencia biológica; por otro lado, Ruilova &

Hernández (2014) indican que la harina de soya, salvado de arroz, trigo, harina de alfalfa o urea enriquece el sustrato y eleva la productividad.

El obtener valores pequeños de eficiencia biológica se “soluciona” mediante el tratamiento previo que se le realiza al sustrato, tales como: el compostaje; haciendo diferentes mezclas; y adicionando aditivos y suplementos (Calzado, 2010). Vásquez (1995) recomienda realizar una fermentación previa a la pulpa de café, liberándola así de azúcares reductores y reduciendo la presencia de moho y bacterias, organismos competidores de *P. ostreatus*. También recomienda un proceso de pasteurización, donde la pulpa quedaría liberada de compuestos solubles en agua, los cuales suelen inhibir la actividad enzimática del hongo.

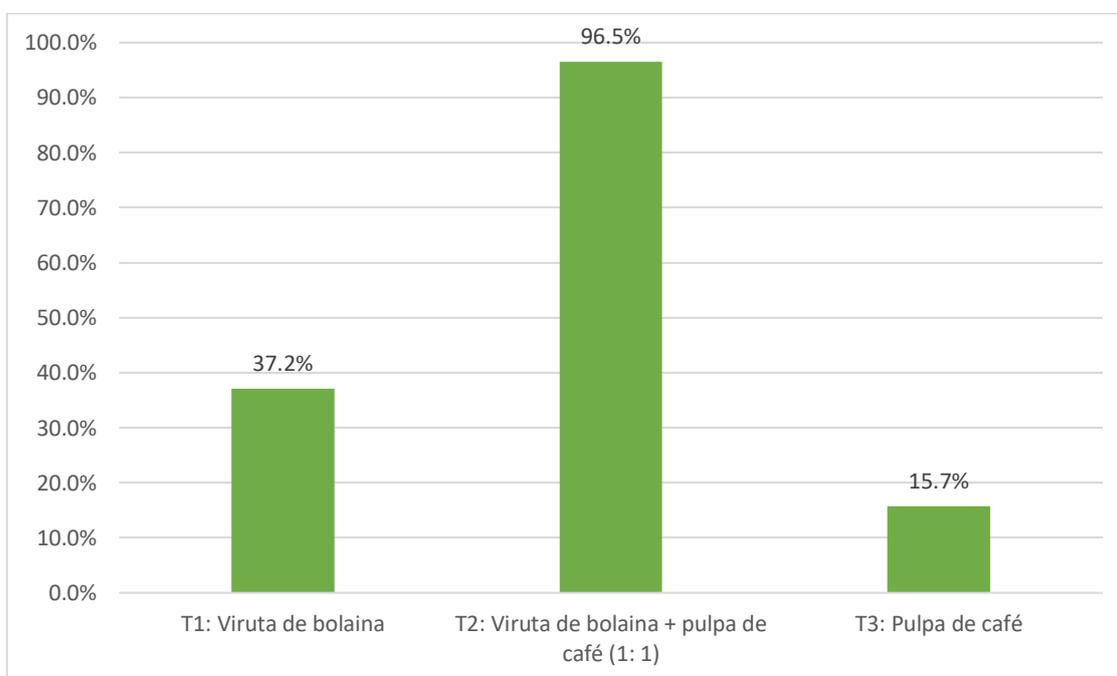
Para Ardón (2007) la clave de una exitosa cosecha de *P. ostreatus* se basa en la preparación del sustrato y proporcionar las condiciones ambientales mínimas necesarias según cada etapa correspondiente para el correcto desarrollo. Por otro lado, Sánchez & Royse (2001) recomienda que, en sustratos tipo aserrines, es decir, pobres de nitrógeno, suplementar al sustrato con salvados de cereales o sulfato de manganeso, fuentes de nitrógeno orgánico e inorgánico, respectivamente (Sánchez & Royse, 2001); de esta manera, se logra que la producción del hongo no decaiga una vez que se acabe el nitrógeno presente en el sustrato (Hernández & López, 2008)

La diferencia porcentual de eficiencias biológicas de los tratamientos 1 y 3 puede relacionarse a que la viruta de bolaina blanca es un sustrato rico en carbono, el cual se encuentra en su forma lignocelulósica, mucho más aprovechable para *Pleurotus ostreatus* que cuando se encuentra conformando los azúcares de la pulpa de café, por lo que es lógico que se presente mayor producción en el tratamiento 1, conformado en su totalidad por bolaina blanca; lo mencionado coincide con lo señalado por Gavidia & León (2016).

Fernández (2004) señala que la presencia de un cosustrato aumenta la productividad considerablemente. En ese sentido, es lógico que en el tratamiento 2, conformado por la

pulpa de café y viruta de bolaina, se haya logrado una eficiencia biológica de 96.5 %, pues en conjunto los dos materiales alcanzan mayores niveles de C/N, una mejor aireación de la mezcla y un adecuado pH; variables claves en el sustrato que limitan la invasión de *P. ostreatus*.

El análisis de varianza y la prueba Tukey indican a 95% de probabilidad que si hay diferencias significativas entre la eficiencia biológica promedio del tratamiento 2 y las eficiencias biológicas promedios del tratamiento 1 y el tratamiento 3. Asimismo, entre las eficiencias biológicas promedios del tratamiento 1 y 3 no existen diferencias significativas.



**Figura 18: Comparación de las eficiencias biológicas promedio**

#### 4.3.2 TASA DE PRODUCCIÓN

En la Tabla 10 se puede observar las tasas de producción según cada tratamiento. Teniendo en cuenta que se registraron tres oleadas en un periodo de producción total de 120 días, se tiene que: el máximo valor promedio de tasa de producción se obtuvo con el tratamiento 2, tratamiento que consiste en una mezcla 50:50 de pulpa de café y viruta

de bolaina blanca alcanzando un valor de 0.75; un valor intermedio, 0.47, se obtuvo en el tratamiento 1, el cual consiste sólo de viruta de bolaina blanca; finalmente, el menor valor se obtuvo en el tratamiento 3, el cual está conformado sólo por pulpa de café alcanzando el valor de 0.13.

La tasa de producción alcanzada por el tratamiento 1 es menor a la citada por Romero *et al.* (2010) quien señala valores entre 0.67 y 1.13 en *Pleurotus spp.* sembrados en viruta de pino. La mayor tasa de producción alcanzada en esta investigación se dio en el tratamiento 2 la cual es muy similar a la citada por García *et al.* (2011), quien reportó una tasa de producción de 0.7 sobre una mezcla de pulpa de café con viruta de pino. La tasa de producción alcanzada por el tratamiento 3 fue la más baja y dista de valores reportados por García *et al.* (2011), 2.7, y Bermúdez *et al.* (2007), 2.7 – 4.5. Los tres valores reportados en esta investigación son menores a lo determinado por Muñoz (2017), quien reportó valores entre 0.7-1.74 y Zárate (2015), quien reportó valores entre 1.28 y 2.08, ambas investigaciones utilizaron panca de maíz y paja de arroz como sustratos con cepas provenientes del Módulo de investigación de hongos comestibles de la facultad de Agronomía de la UNALM.

**Tabla 10: Tasa de producción promedio**

<b>Tratamiento</b>	<b>Tasa de producción promedio</b>
<b>T1: 100% Viruta de bolaina blanca</b>	0.47
<b>T2: 50% Viruta de bolaina blanca + 50% pulpa de café</b>	0.75
<b>T3: 100% Pulpa de café</b>	0.13

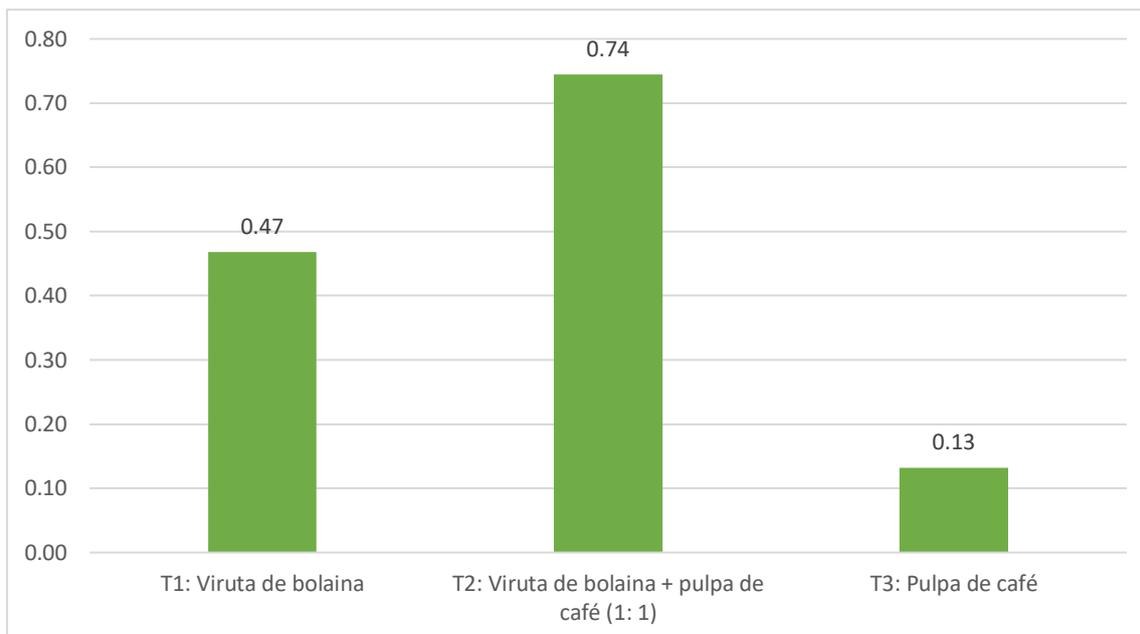
En la Figura 19 se compara la tasa de producción de los tres tratamientos estudiados. Es de esperarse que a mayores valores de C/N correspondan a mayores tasas de producción, puesto que existe una relación directa entre el ratio C/N del sustrato y la invasión del micelio, ya que brindan la energía necesaria para la formación de nuevas células y componentes celulares, según Hernández & López (2008).

Asimismo, hay que tener en cuenta que valores bajos de tasa de producción, como los obtenidos en esta investigación pueden deberse a que no se adicionó “agentes de adsorción, nutrientes y sales” tal como lo señalan Hernández & López (2008) y Gavidia & León (2016) o disoluciones del tipo ergosterol y/o aminoácidos (Magdaleno, 2013) que son aceleradores del crecimiento micelial, haciendo la producción económicamente mucho más rentable. Otra característica del sustrato que afecta negativamente la tasa de producción, según Hernández & López (2008) es el exceso de compactación puesto que no permite la entrada adecuada de oxígeno, limitando el desarrollo del micelio. Bajo este escenario, es el tratamiento 1 y 2 los que tuvieron mejor oxigenación por la naturaleza de sus sustratos que no permitían una excesiva compactación, todo lo contrario, sucedía en el tratamiento 3.

Las tasas de producción obtenida coinciden con la forma que relaciona Rodas (2009) la eficiencia biológica y la tasa de producción: que a mayor eficiencia biológica menor es el periodo productivo.

Sin embargo, hay que tener presente que largos periodos productivos posibilitan el desarrollo de plagas (Ardón, 2007)

El análisis de varianza y la prueba Tukey indican a 95% de probabilidad que si hay diferencias significativas entre la tasa de producción promedio del tratamiento 3 y las tasas de producción promedios del tratamiento 1 y tratamiento 2. Asimismo, entre las tasas de producción promedios del tratamiento 1 y 2 no existen diferencias significativas.



**Figura 19: Comparación de las tasas de producción promedio**

#### **4.3.3 TASA DE BIODEGRADACION DEL SUSTRATO**

En la Tabla 11 se puede observar la tasa de biodegradación del sustrato promedio según cada tratamiento. El máximo valor promedio de biodegradación del sustrato se obtuvo con el tratamiento 2, tratamiento que consiste en una mezcla 50:50 de pulpa de café y viruta de bolaina blanca alcanzando un valor de 31.8%; un valor intermedio, 22.9%, se obtuvo en el tratamiento 1, el cual consiste sólo de viruta de bolaina blanca; finalmente, el menor valor se obtuvo en el tratamiento 3, el cual está conformado sólo por pulpa de café alcanzando el valor de 14.0%.

La biodegradación del sustrato alcanzada por el tratamiento 1 es menor a la citada por Albán (2018) quien reportó 33.97% en el mismo sustrato. La biodegradación del sustrato más alta alcanzada en esta investigación se dio en el tratamiento 2 y la más baja en el tratamiento 3, ambos valores son menores a los citados por Zárate (2015) quien reportó rangos de 33.94 y 51.77 utilizando panca de maíz y paja de arroz como sustratos sembrando una cepa proveniente del Módulo de investigación de hongos comestibles de la facultad de Agronomía de la UNALM.

**Tabla 11: Tasa de biodegradación del sustrato promedio**

<b>Tratamiento</b>	<b>Tasa de biodegradación del sustrato promedio</b>
<b>T1: 100% Viruta de bolaina blanca</b>	22.9%
<b>T2: 50%Viruta de bolaina blanca+ 50%pulpa de café</b>	31.8%
<b>T3: 100%Pulpa de café</b>	14.0%

En la Figura 20 se compara la biodegradación de sustrato de los tres tratamientos estudiados.

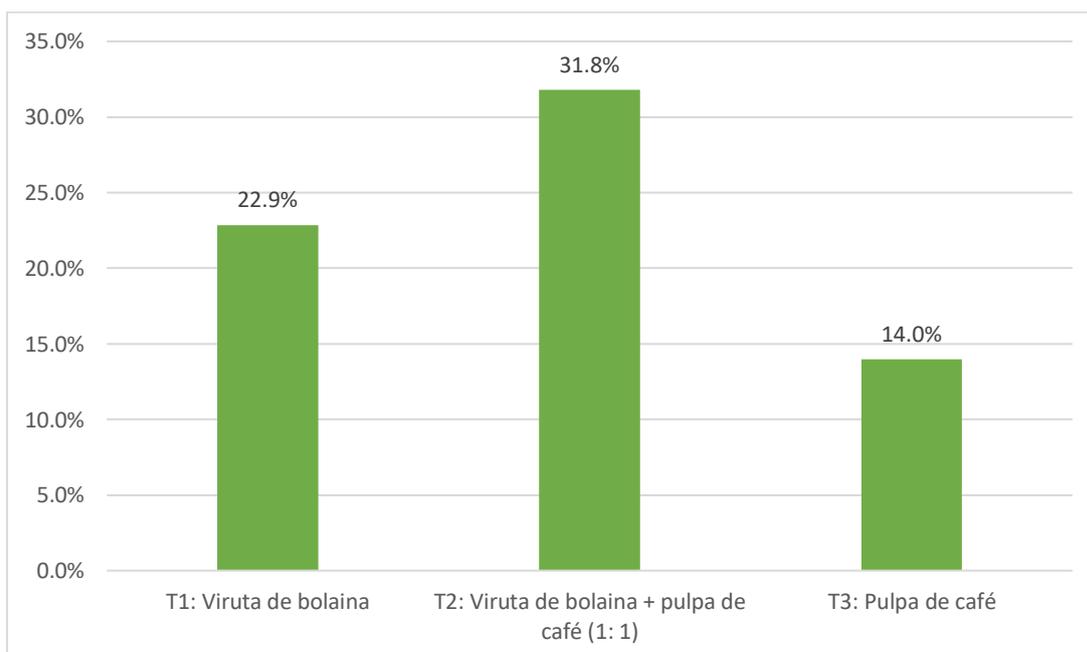
Según Albán (2018) este indicador muestra que tan disponibles se encuentran los nutrientes presentes en el sustrato para su absorción por *P. ostreatus*; en sustratos con alto contenido de lignina y celulosa se relaciona directamente el consumo de éstos por parte de *P. ostreatus* con mayores valores de biodegradación de sustrato, lo que a su vez podría resultar en una relación positiva entre la E.B y la tasa de biodegradación del sustrato. La biodegradación del sustrato también puede ser muy útil una vez que los sustratos culminaron sus ciclos reproductivos y desean ser utilizados como mejorador de suelos o abono orgánico, puesto que mayores valores de biodegradación de sustrato indican que las plantas podrán absorber más fácilmente los nutrientes aún remanentes (Zárate, 2015)

*P. ostreatus* es capaz de degradar moléculas como la lignina y compuestos aromáticos, gracias a la presencia de un sistema extracelular de enzimas oxidativas como celulasas, xilanasas, lacasa, Lignino peroxidasa, Manganeso peroxidasa y peroxidasa versátil (Paredes *et al.* 2017 y Trejo *et al.* 2017) Según Vaca *et al.* (2014) en hongos de pudrición blanca como *P. ostreatus* se produce más y diferentes isoformas de lacasas, las cuales son glicoproteínas oxidorreductasas constituidas por átomos de cobre y que suelen preferir medios con pH ácido, además de ser termotolerantes (Paredes *et al.*

2017) Las lacasas catalizan la reducción del oxígeno a agua y a la oxidación de fenoles, aminas, ligninas y otros compuestos inorgánicos (García *et al* 2017).

*P. ostreatus* es la especie que degrada más eficientemente la lignina, pues contiene un alto potencial redox. Por otro lado, dado que su sistema oxidativo no es específico, utilizando el catabolismo, también puede degradar sustancias xenobióticas, tales como: hidrocarburos aromáticos policíclicos, azo-colorantes, pesticidas y productos farmacéuticos (Sánchez & Royse, 2001). Ardón (2007) indica que se han reportado disminución de hasta un 80% de la concentración de lignina en el sustrato, siendo aprox. 2.40 g de hongo fresco por cada gramo de sustrato que ha sufrido bioconversión. Las tasas de biodegradación reportadas coinciden con lo indicado por Ardón (2007), quien relaciona una mayor tasa de bioconversión a una mayor tasa de biodegradación. Además, la tasa de biodegradación es un indicador asociado al potencial productivo de la cepa.

El análisis de varianza y la prueba Tukey indican a 95% de probabilidad que si hay diferencias significativas entre la tasa de biodegradación del sustrato promedio del tratamiento 1 y la tasa de biodegradación del sustrato promedio del tratamiento 2 y tratamiento 3. Asimismo, entre la tasa de biodegradación del sustrato promedio del tratamiento 1 y 3 también existen diferencias significativas.



**Figura 20: Comparación de las tasas de biodegradación del sustrato promedio**

#### **4.3.4 TEMPERATURA AMBIENTAL**

La etapa I, preparación del inóculo; la etapa II, preparación del sustrato; y en la etapa III, siembra e incubación se realizaron en una incubadora a 30°C. En la etapa IV, correspondiente a la fructificación, la temperatura ambiental se registró usando un termohigrómetro digital. El valor máximo fue de 23 °C y el mínimo 18.5 °C, con un promedio de 20.8 °C. Estos valores van dentro de los recomendados para *P. ostreatus*.

#### **4.3.5 HUMEDAD DEL SUSTRATO**

Fue de 70% y se determinó colocando una pequeña cantidad de sustrato en la mano, presionándolo sin dejar caer ni una gota de agua y dejando sólo la mano húmeda.

#### **4.3.6 HUMEDAD RELATIVA**

La temperatura ambiental se registró usando un termohigrómetro digital. En la etapa IV, correspondiente a la fructificación, los valores de la humedad relativa fue un máximo de 85% y un mínimo de 75%, con un promedio de 70%. Para mantener la humedad relativa dentro de esos rangos se hacían riegos diarios sobre las nueve unidades experimentales.

#### **4.3.7 ILUMINACIÓN**

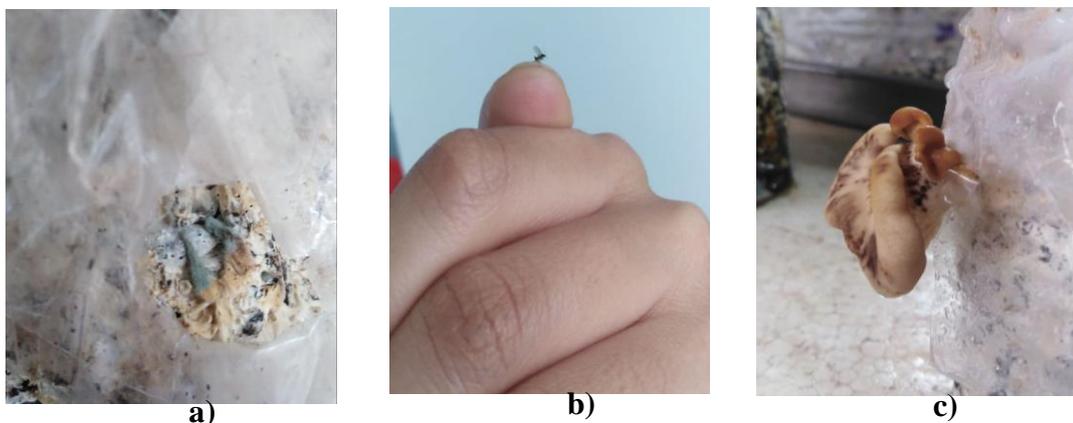
La sala de fructificación alcanzó un máximo de 603.2 lux y un mínimo de 445.4 lux, dando un promedio de 524.3 lux durante 12 horas al día.

#### **4.3.8 VENTILACIÓN**

La entrada de aire a la sala de fructificación fue por medio de ventilación natural.

#### 4.3.9 CONTAMINACIÓN, PLAGAS Y ENFERMEDADES

No se presenció ni contaminación, ni enfermedades en ninguno de los tratamientos. Sin embargo, a la mitad de todo el periodo productivo, durante la etapa de fructificación, se detectó la presencia de “moscas de los hongos”, moscas del género *Lycoriella spp*, en las bolsas correspondientes al tratamiento 3, ver Figura 21; lo que pudo haber afectado el desarrollo de los primordios (Romero *et al.* 2010).



**Figura 21: Presencia de la “mosca de los hongos” y *Trichoderma spp***

- a) *Trichoderma spp* en un primordio
- b) Mosca del género *Lycoriella spp*
- c) Cuerpo fructífero infectado por mosca *Lycoriella spp*

Según Gavidia & León (2016) tal situación podía hacerse más visible en el tratamiento que no contenía presencia de lignina, pues este componente es resistente a la degradación a enfermedades y hongos patógenos.

Al final del ciclo productivo, se podría apreciar la presencia de hongos filamentosos *Trichoderma spp*, común en *Pleurotus spp* ya en esta etapa. (Romero *et al.* 2010)

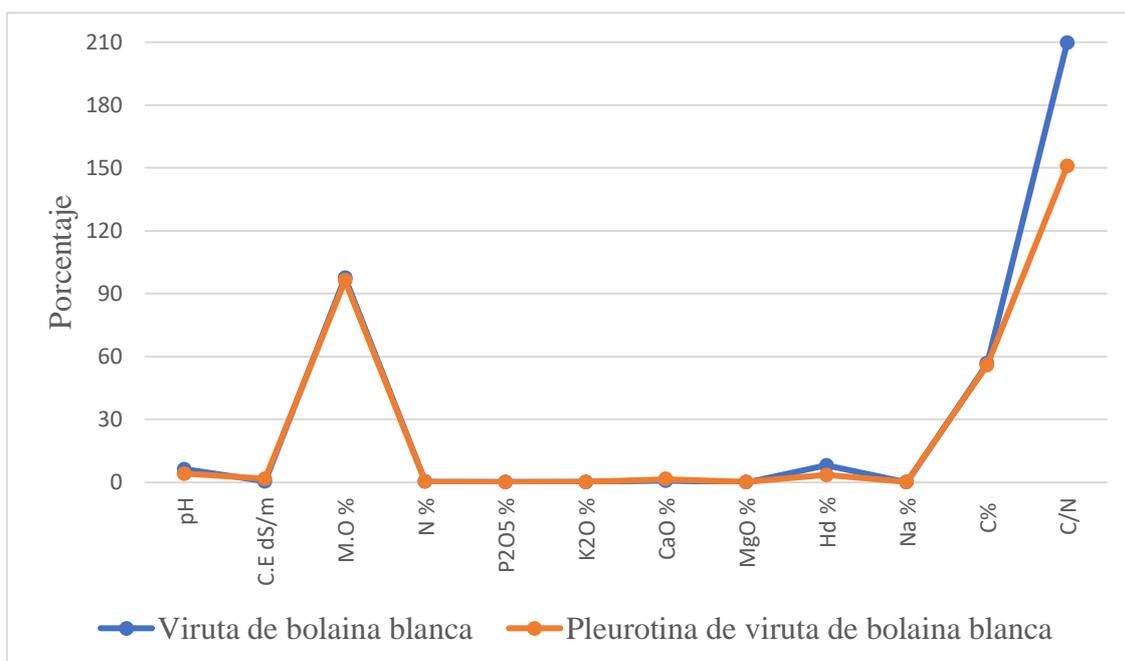
#### 4.4 EVALUACIÓN DE LA PLEUROTINA

Luego de la cosecha de setas de *P. ostreatus*, el sustrato remanente, llamado pleurotina, presenta diferencias en la composición fisicoquímica con respecto a su estado inicial como sustrato.

En la Tabla 12 y la Figura 22 se comparan las variables fisicoquímicas de la viruta de bolaina blanca y la pleurotina de viruta de bolaina blanca, donde se puede notar lo siguiente: Disminución del pH, materia orgánica, carbono, fósforo, potasio, Humedad y ratio C/N; y aumento de la C.E, nitrógeno, calcio, magnesio y sodio.

**Tabla 12. Composición fisicoquímica de la viruta de bolaina blanca y la pleurotina de viruta de bolaina blanca en base seca**

<b>Variable</b>	<b>Viruta de bolaina blanca</b>	<b>Pleurotina de viruta de bolaina blanca</b>
<b>pH</b>	6.22	4.07
<b>C.E dS/m</b>	0.46	1.66
<b>M.O %</b>	97.64	96.28
<b>N %</b>	0.27	0.37
<b>P2O5 %</b>	0.1	0.08
<b>K2O %</b>	0.24	0.16
<b>CaO %</b>	0.82	1.48
<b>MgO %</b>	0.06	0.09
<b>Humedad %</b>	8.08	3.52
<b>Na %</b>	0.03	0.22
<b>C%</b>	56.64	55.85
<b>C/N</b>	209.76	150.94

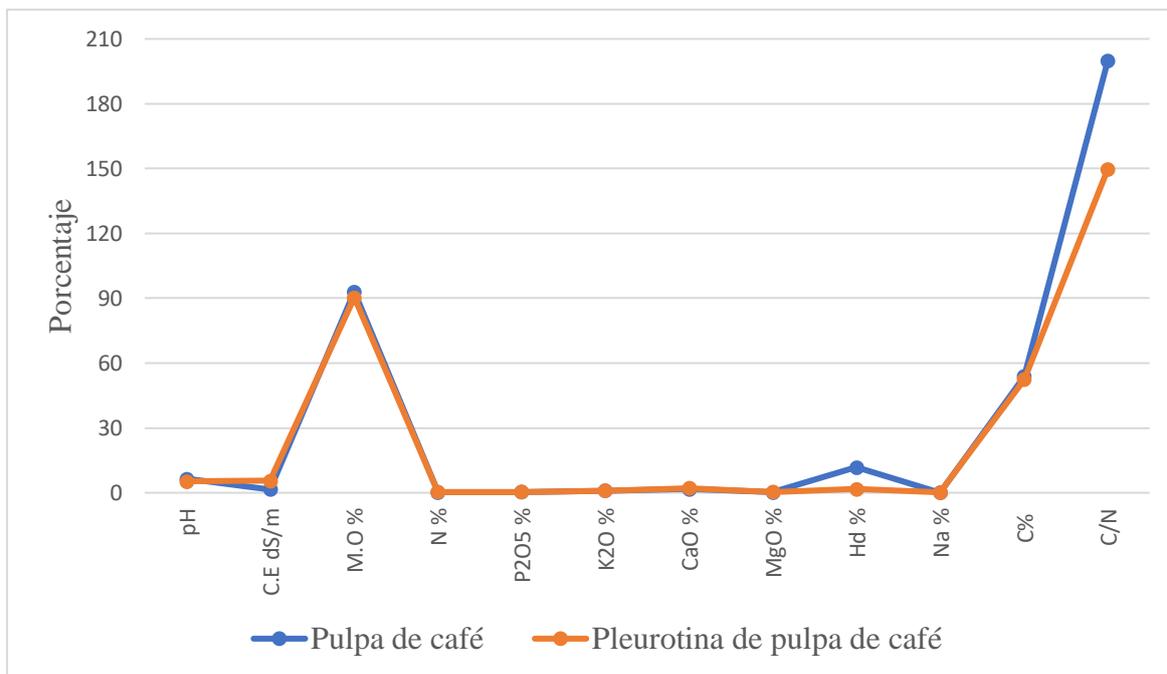


**Figura 22: Comparación entre la viruta de bolaina blanca y su pleurotina**

En la Tabla 13 y la Figura 23 se comparan las variables fisicoquímicas de la pulpa de café y la pleurotina de pulpa de café, donde se puede notar lo siguiente: Disminución del pH, materia orgánica, carbono, potasio, humedad y ratio C/N; y aumento de la C.E, nitrógeno, calcio, magnesio y sodio.

**Tabla 13: Composición fisicoquímica de la pulpa de café y la pleurotina de la pulpa de café en base seca**

Variable	Pulpa de café	Pleurotina de pulpa de café
<b>pH</b>	6.39	5.23
<b>C.E dS/m</b>	1.63	5.56
<b>M.O %</b>	92.98	90.35
<b>N %</b>	0.27	0.35
<b>P2O5 %</b>	0.46	0.46
<b>K2O %</b>	1.05	1.01
<b>CaO %</b>	1.65	2.21
<b>MgO %</b>	0.29	0.38
<b>Humedad %</b>	11.82	1.65
<b>Na %</b>	0.04	0.21
<b>C%</b>	53.93	52.41
<b>C/N</b>	199.75	149.73



**Figura 23: Comparación entre la pulpa de café y su pleurotina**

La disminución de la concentración de algunas variables fisicoquímicas está relacionada directamente con las demandas nutricionales de *P. ostreatus* en las diferentes etapas de su producción. El ligero aumento de la concentración de algunas variables fisicoquímicas está relacionado a que las semillas de *P. ostreatus* sembradas a los sustratos contiene entre 1% y 2% p/p de yeso y carbonato de calcio; con respecto al aumento de %N, se debería a que aún había micelio, el cual contiene proteína y quitina – ambas contienen nitrógeno- sobre las pleurotinas cuando éstas fueron enviadas a analizar.

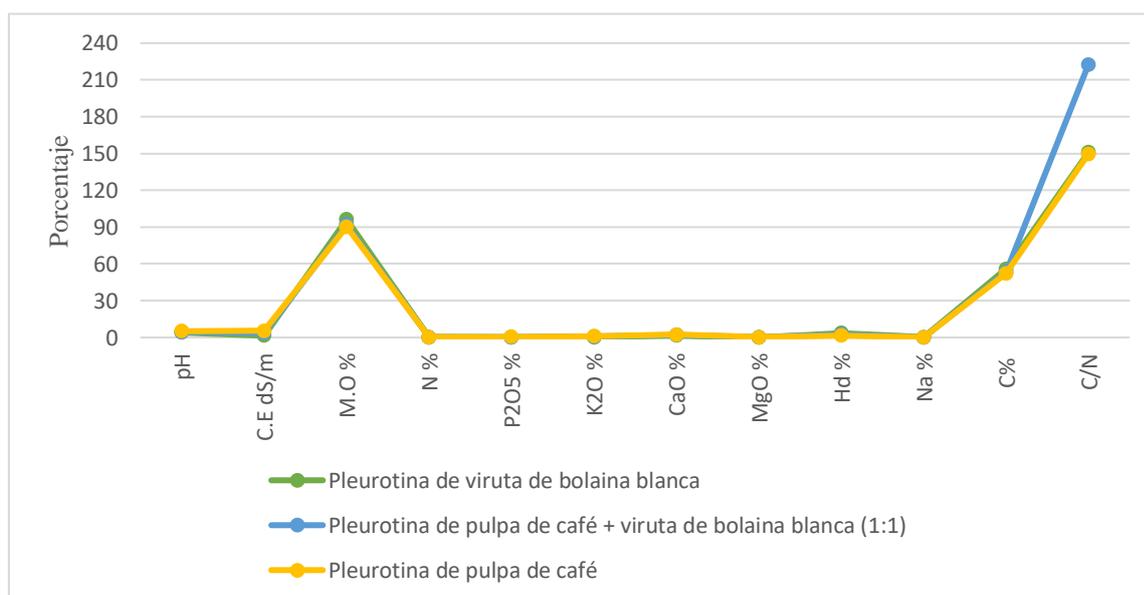
En la Tabla 14 y la Figura 24 se muestran la composición fisicoquímica de las pleurotinas de viruta de bolaina blanca, pulpa de café y viruta de bolaina blanca y pulpa de café.

Según Sánchez & Mata (2012) la disminución de C/N en la pleurotina se relaciona con mayores valores de eficiencia biológica, lo cual coincide con los resultados realizados a la pleurotina de cada tratamiento, donde además se muestra que inicialmente, el

tratamiento 2 tuvo mucho más altos ratios C/N que el tratamiento 1 y el tratamiento 3, ya que una vez luego del proceso productivo registra un C/N de 222.62, a pesar de ser el tratamiento donde se ha dado los niveles más altos de degradación.

**Tabla 14: Composición fisicoquímica de la pleurotina de los tratamientos**

Variable	Pleurotina de viruta de bolaina blanca	Pleurotina de pulpa de café + viruta de bolaina blanca (1:1)	Pleurotina de pulpa de café
pH	4.07	4.38	5.23
C.E dS/m	1.66	3.52	5.56
M.O %	96.28	92.11	90.35
N %	0.37	0.24	0.35
P2O5 %	0.08	0.23	0.46
K2O %	0.16	0.66	1.01
CaO %	1.48	2	2.21
MgO %	0.09	0.28	0.38
Hd %	3.52	2.5	1.65
Na %	0.22	0.22	0.21
C%	55.85	53.43	52.41
C/N	150.94	222.62	149.73



**Figura 24: Composición fisicoquímica de la pleurotina**

Teniendo en cuenta que los tratamientos estudiados en la presente investigación son orgánicos en su totalidad y, por ende, sus pleurotinas por los valores de materia orgánica y pH pueden tener un gran potencial como abono orgánico o mejorador de suelo según Rivera *et al* (2013) y Guarín & Ramírez (2004).

Además de los aportes nutricionales que pueden brindar la pleurotina como abono, según Guarín & Ramírez (2004), tienen un plus adicional, ya que aún contiene micelio de *P. ostreatus* actúa como controlador biológico de nemátodos microscópicos, ayudando a disminuir el uso de nematicidas contribuyendo a una agricultura más verde.

## 4.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

### 4.5.1 EFICIENCIA BIOLÓGICA

Haciendo uso del Software Minitab, a los valores de eficiencia biológica obtenidos se le realizó el Análisis de Varianza (ANOVA) y luego la prueba de comparación de medias de Tukey. En la Tabla 15 y Tabla 16 se muestran los resultados.

**Tabla 15: Análisis de Varianza – Eficiencia biológica**

<b>Fuentes de Variabilidad</b>	<b>SC</b>	<b>G.L</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	1.05	2	0.53	61.22	0.0001
Tratamientos	1.05	2	0.53	61.22	0.0001
Error	0.05	6	0.01		
Total	1.1	8			

**Tabla 16: Prueba de Tukey – Eficiencia biológica**

Tratamientos	Medias	C.V	n	
T3	0.16	0.16	3	A
T1	0.37	0.22	3	A
T2	0.97	0.54	3	B

El Análisis de Varianza demuestra que si hay diferencias significativas entre los tres tratamientos estudiados.

La prueba Tukey a 95% de probabilidad demuestra que hay evidencia estadística para indicar que si hay diferencias significativas entre la eficiencia biológica promedio del tratamiento 2 y las eficiencias biológicas promedios del tratamiento 1; también indica que si hay diferencias significativas entre la eficiencia biológica promedio del tratamiento 2 y las eficiencias biológicas promedios del tratamiento 3. Asimismo, entre las eficiencias biológicas promedios del tratamiento 1 y 3 no existen diferencias significativas.

#### 4.5.2 TASA DE PRODUCCIÓN

Haciendo uso del Software Minitab, a los valores de la tasa de producción obtenidos se le realizó el Análisis de Varianza (ANOVA) y luego la prueba de comparación de medias de Tukey. En la Tabla 17 y Tabla 18 se muestran los resultados.

**Tabla 17: Análisis de Varianza – Tasa de producción**

Fuentes de Variabilidad	SC	G.L	CM	F	p-valor
Modelo	0.56	2	0.28	20.33	0.0021
Tratamientos	0.56	2	0.28	20.33	0.0021
Error	0.08	6	0.01		
Total	0.65	8			

**Tabla 18: Prueba de Tukey – Tasa de producción**

Tratamientos	Medias	C.V	n		
T3	0.13	0.16	3	A	
T1	0.47	0.22	3		B
T2	0.74	0.54	3		B

El Análisis de Varianza demuestra que si hay diferencias significativas entre los tres tratamientos estudiados.

La prueba Tukey a 95% de probabilidad demuestra que hay evidencia estadística para indicar que si hay diferencias significativas entre la tasa de producción promedio del tratamiento 3 y las tasas de producción promedios del tratamiento 1; también indica que si hay diferencias significativas entre la tasa de producción promedio del tratamiento 3 y las tasas de producción promedios del tratamiento 2. Asimismo, entre las tasas de producción promedios del tratamiento 1 y 2 no existen diferencias significativas.

#### **4.5.3 TASA DE BIODEGRADACIÓN DEL SUSTRATO**

Haciendo uso del Software Minitab, a los valores de la tasa de biodegradación obtenidos se le realizó el Análisis de Varianza (ANOVA) y luego la prueba de comparación de medias de Tukey. En la Tabla 19 y Tabla 20 se muestran los resultados.

**Tabla 19: Análisis de Varianza – Tasa de biodegradación del sustrato**

Fuentes de Variabilidad	SC	G.L	CM	F	P-valor
Modelo	0.05	2	0.02	22.83	0.0016
Tratamientos	0.05	2	0.02	22.83	0.0016
Error	0.01	6	0.001		
Total	0.05	8			

**Tabla 20: Prueba de Tukey – Tasa de biodegradación del sustrato**

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>C.V</b>	<b>n</b>		
T3	0.14	0.02	3	A	
T1	0.23	0.08	3		B
T2	0.32	0.27	3		C

El Análisis de Varianza demuestra que si hay diferencias significativas entre los tres tratamientos estudiados.

La prueba Tukey a 95% de probabilidad demuestra que hay evidencia estadística para indicar que si hay diferencias significativas entre la tasa de biodegradación del sustrato promedio del tratamiento 1 y la tasa de biodegradación del sustrato promedio del tratamiento 2; también indica y que si hay diferencias significativas entre la tasa de biodegradación del sustrato promedio del tratamiento 1 y la tasa de biodegradación del sustrato promedio del tratamiento 3. Asimismo, entre la tasa de biodegradación del sustrato promedio del tratamiento 1 y 3 también existen diferencias significativas.

## V. CONCLUSIONES

- Cultivar *Pleurotus ostreatus* a partir de pulpa de café *Coffea arábica* es técnicamente posible, debido a que se obtuvo producción en todos los tratamientos estudiados en esta investigación.
- Según los tres indicadores de producción de *P. ostreatus* evaluados el mejor sustrato es el tratamiento 2 (T2): 50% viruta de bolaina blanca con 50% pulpa de café alcanzando la mayor eficiencia biológica (96.5%), la mayor tasa de producción en 140 días (0.74) y la mayor tasa de biodegradación del sustrato (31.8%).
- Es posible que el no adicionar suplementos orgánicos y/o inorgánicos a los tratamientos haya afectado en los tres indicadores de producción estudiados.
- Siguiendo los valores referidos a % materia orgánica y pH según la Norma colombiana, Norma Chilena y Norma Española las pleurotinas derivadas de esta investigación pueden ser usadas como mejoradores de suelos.

## VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios teniendo a la pulpa de café como sustrato de *Pleurotus ostreatus* con diferentes procesos de esterilización y con diferentes cepas.
- Producir el hongo comestible *P. ostreatus* en el mismo lugar de donde provienen los sustratos, a partir de una cepa nativa.
- Ser cuidadosos de las variables ambientales para el cultivo de *P. ostreatus*, tales como: Variaciones de temperatura, Humedad relativa, Ventilación, horas e intensidad de iluminación.
- La calidad y estado del sustrato, así como la preparación merecen una especial atención, más aún si se trata de un sustrato no muy estudiado o que por su naturaleza es de difícil manejo. Sustratos con un alto contenido de azúcares reductores resultan ser más atractivos a insectos, lo cual puede resultar en la propagación de otros organismos no deseados afectando el normal desarrollo y producción de *P. ostreatus*.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Acarley, F.E. (2018). Evaluación de la producción de metano a partir de las aguas mieles del Beneficio Húmedo del café mediante digestión anaerobia (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperada de:  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3629>
- Albán, L. (2018). Cultivo de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en tres tipos de residuos de la madera de bolaina blanca (*Guazuma crinita*) (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina) Recuperada de:  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3183>
- Ardón, C.E. (2007). La producción de los hongos comestibles (Tesis de Maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala) Recuperada de:  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/07/07\\_1932.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/07/07_1932.pdf)
- Arguedas, P. (2014). Definición del proceso de elaboración de una bebida fermentada a partir de pulpa del café (broza). Revista Tecnología En Marcha: 38-49. Doi: <https://doi.org/10.18845/tm.v0i0.1654>
- Armas, E.A.; Cornejo, N.C.; Murcia, K.M. (2008). Propuesta para el aprovechamiento de los subproductos del beneficiado del café como una alternativa para la diversificación de la actividad cafetalera y aporte de valor a la cadena productiva (Tesis de Doctorado, Universidad de El Salvador) Recuperada de:  
<http://ri.ues.edu.sv/1822/>
- Becerra, A.C. (2016). Estudio Técnico-Económico de un sistema agroforestal mejorado de cacao (*Theobroma cacao*) y bolaina (*Guazuma crinita*) en Tingo María. (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina) Recuperada de:  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2630>
- Benavides, O. (2013). Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos para el cultivo de orellanas (*Pleurotus ostreatus*). (Tesis de maestría, Universidad de Nariño) Recuperada de:  
<http://sired.udenar.edu.co/2527/>

- Bermúdez R.C.; García N.; Serrano M.; Rodríguez M.; Mustelier I. (2014). Conversión de residuales agroindustriales en productos de valor agregado por fermentación en estado sólido. *Tecnología Química*, 34(3):263-274. Recuperada de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852014000300005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852014000300005)
- Cabrera, I.J. (2014). Comportamiento silvicultural de bolaína blanca (*Guazuma crinita* C. Martius) a diferentes densidades a partir del segundo año de plantación. (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva) Recuperada de: <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/611>
- Calderón, J.A. (2009). Determinación de la mejor etapa de aplicación de la fertilización nitrogenada en el sustrato caña de maíz (*Zea mays* L.) para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) Kumm (Cepa ECS-152) (Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala) Recuperada de: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/8798/>
- Calzado, E. 2010. Producción y determinación de la eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus*, evaluado en cuatro sustratos diferentes (tallo de palma, olote, paja de trigo y paja de sorgo). (Tesis de grado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro) Recuperada de: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/4432>
- Cámara Peruana de Café y Cacao. (2017). Estudio de Mercado del café peruano. Posición internacional y el segmento de café sostenibles. Lima, Perú: Aleph Soluciones Gráficas.
- Calle, H. (1977). Subproductos del café. Colombia. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10778/806>
- Canchis, C.M & López, M.I. (2016). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de producción de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) fresco para comercialización en Lima metropolitana. (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina) Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2571>
- Castañeda, V.; Leal, H. (2007). Factores que influyen en la producción de sustratos selectivos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. El cultivo de setas *Pleurotus spp* en México. Editorial Ecosur.

- IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Resultados Definitivos. Instituto Nacional de Estadística e Informática – Ministerio de Agricultura y Riego. Recuperado de: <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/censos/>
- De la Cruz, N.; Cerón, A.F.; Garcés, L.F. (2015). Análisis y Modelamiento de la granulometría en la cáscara del café (*Coffea arabica* L.) variedad Castillo. Revista P +L,10(2):80-91. Recuperado de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1909-04552015000200008](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1909-04552015000200008)
- Dias, A.T. (2011). Pulpa de café: *Coffea arabica* L: como fuente alternativa de antioxidantes (Tesis de grado, Universidad Técnica Particular de Loja) Recuperada de: <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/707>
- Díaz, C. & Carvajal, E. (2014). Eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* cultivado en fibra de palma de aceite. Revista Alimentech ciencia y tecnología alimentaria 12(1):63-70. Recuperado de: <https://pdfs.semanticscholar.org/e790/85477f95ebf047f4bd631fb1a8499463d090.pdf>
- Diaz, O.A. (2017). Aplicación de aditivos minerales para la reducción de pérdidas de nitrógeno por volatilización durante el compostaje de pulpa de café (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina) Recuperada de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2881>
- Fernández, F. (2004). Guía Práctica de Producción de Setas (*Pleurotus* spp.). Guadalajara, México. Editorial Fungitec Asesorías
- Gaitan, R.; Salmones, D.; Pérez, R.; Mata, G. (2006). Manual práctico del cultivo de setas: Aislamiento, siembra y producción. México: Editorial Instituto de Ecología, A.C.
- García, N.; Bermúdez, R.C.; Serrano, M. (2011). Formulaciones de sustratos en la producción de setas comestibles *Pleurotus*. Revista Tecnología Química 31 (3): 15-22. Recuperado de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852011000300002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852011000300002)
- García, N.; Bermúdez, R.C.; Téllez, I.; Chávez, M; Perraud, I. (2017). Enzimas lacasa en inóculos de *Pleurotus* spp. Revista Tecnología Química, 37(1): 33-39.

Recuperado de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852017000100004&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852017000100004&lng=es&tlng=es).

- Garzón, J.P.; Cuervo, J.L. (2008). Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. Revista NOVA - Publicación Científica en Ciencias Biomédicas 6(10):101-236. Doi: 10.22490/24629448.403
- Gavidia, B.A & León, Y.M. (2016). Evaluación preliminar de la producción de *Pleurotus pulmonarius* en vainas de frijol (*Phaseolus vulgaris*), vainas de alverja (*Pisum sativa*) y tamo de retamo espinoso (*Ulex europaeus*) como sustratos orgánicos (Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas) Recuperada de:  
<http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/2933>
- Guarín, J.O. & Ramírez, A.A. (2004). Estudio de factibilidad técnico-financiero de un cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*. (Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana) Recuperada de:  
<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/7146>
- Hernández, R.; López, C.; Suárez, C.; Borrero, M. (2008). Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. Revista Universitas Scientiarum 13(2): 128-137. Recuperado de:  
[https://www.javeriana.edu.co/universitas\\_scientiarum/](https://www.javeriana.edu.co/universitas_scientiarum/)
- Holgado, M.E. (2018). Evaluación de la producción de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex Fr) Kumm (Basidiomycete) en residuos lignocelulósicos como alternativa agroecológica en la comunidad de Huayllay-Ccorca, Cusco (Tesis de Maestría, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa) Recuperada de:  
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5892>
- Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. (2009) Evaluación económica de parcelas de regeneración natural y plantaciones de bolaina blanca, *Guazuma crinita*, en el departamento de Ucayali. Recuperado de:  
[http://repositorio.iiap.org.pe/bitstream/IIAP/225/1/Alvarez\\_documentotecnico\\_2009\\_11.pdf](http://repositorio.iiap.org.pe/bitstream/IIAP/225/1/Alvarez_documentotecnico_2009_11.pdf)
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2010). Guía técnica para el beneficiado de café protegido bajo una indicación geográfica o

denominación de origen. Programa cooperativo regional para el desarrollo tecnológico y modernización de la caficultura. Guatemala. Recuperado de:

<https://bootcoffee.com/wp-content/uploads/2014/10/Guia-Tecnica-de-Beneficiado.pdf>

- Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos Decreto Legislativo 1278.Art. 5. Diario El Peruano, Perú 22 dic. 2016.
- López, C.; Hernández, R.; Suarez, C; Borrero, M. (2008). Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundimarca. Revista Universitas Scientiarum 13(2): 128-137 Disponible: <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/1417>
- Luna, J.A.; Córdoba, L.S; Gil, K.I.; Romero, I.M. (2013). Efecto de residuos agroforestales parcialmente biodegradados por *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) sobre el desarrollo de plántulas de tomate. Revista Acta Biológica Colombiana 18 (2): 365-374. Recuperada de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-548X2013000200013&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2013000200013&lng=en&nrm=iso)
- Magdaleno, C. (2013). Efecto de dos sustratos en la productividad y calidad nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) Kumm (Tesis de grado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro) Recuperada de: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/6476>
- Martínez, J. (2012). Cultivo de *Pleurotus ostreatus* en el valle del fuerte, Sinaloa: una alternativa de aprovechamiento de esquilmos agrícolas (Tesis de doctorado, Universidad Autónoma Indígena de México) Recuperada de: <http://uaim.edu.mx/cgip/PDF/TESIS-JESUS-MARTINEZ-CANEDO.pdf>
- Martínez, P.N.; Garzón, J.E.; Hernao, W.; Guarnizo, A. (2008). Evaluación de la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado sobre los residuos derivados de la producción comercial del culmo de la *Guadua angustifolia kunth*. Revista Tumbaga 1(3): 43-53. Recuperada de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3993632>
- Márquez, O.R. (2015). Aplicación de carbonato de calcio al suelo, en plantaciones de *Guazuma crinita* (Bolaina blanca) en la cuenca del río Sungaro – Puerto Inca (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva) Recuperada de:

<http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/652>

- Mego, M. (2010). Propuesta de manejo de desechos municipales en la localidad de Jepelacio (Tesis de grado, Universidad Nacional de San Martín) Recuperada de: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/1371>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2016). Estrategia de Mediano Plazo del Ministerio de Agricultura y Riego para el Desarrollo del Sector Cafetalero en el Perú 2016-2018. Perú.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2018). Plan Nacional de Acción del café peruano 2018-2030.
- Muñoz, E.N. (2017). Comparativo de dos sustratos y cuatro paquetes tecnológicos utilizados en la producción comercial de *Pleurotus ostreatus* (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina) Recuperada de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2830>
- Nahuamel, E. (2013). Competitividad de la cadena productiva de café orgánico en la provincia de La Convención, región Cusco (Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina) Recuperada de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1098>
- Pandey, A; Soccol, C; Nigam, P; Brand, D; Mohan, R; Roussos, S. 2000. Biotechnological potential of coffee Pulp and coffee husk for bioprocesses. Revista Biochemical Engineering Journal (6):153-162. Doi: [https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(00\)00084-X](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(00)00084-X)
- Paredes, A.N.; Villegas, E.; Díaz, R.; Díaz, G. (2017). Aplicaciones de las enzimas lacasas de *Pleurotus ostreatus*. Revista Mexican Journal of Biotechnology 2(1): 135-144. Doi: <https://doi.org/10.29267/mxjb.2017.2.1.135>
- Pérez, M. (2002). Selección de cepas de *Pleurotus ostreatus* (Jacq:Fr.) P. Kumm. y *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Singer, a partir del crecimiento micelial en viruta de pino y obtención de nuevas cepas por entrecruzamiento: comparación de la producción de carpóforos (Tesis de Maestría, Universidad Veracruzana) Recuperada de: [https://nanopdf.com/download/perez-m-t-r-2002-universidad-veracruzana\\_pdf](https://nanopdf.com/download/perez-m-t-r-2002-universidad-veracruzana_pdf)
- Pineda, J.A.; Ramos, L.B; Soto, C.P. (2014). Producción de *Pleurotus ostreatus* por fermentación en estado sólidos: una revisión. Revista ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar 48(2): 13-23. Recuperado de:

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223131465002>

- Piña, A.B; Nieto, D.A; Robles, F. (2016). Utilización de residuos agrícolas y agroindustriales en el cultivo y producción del hongo comestible seta (*Pleurotus* spp.). Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 32: 141-151. Doi: <http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2016.32.05.10>
- Ramón, P.A & Ramón, D.A. (2012). Análisis de la capacidad degradativa de residuos lignocelulósicos utilizando el hongo *Pleurotus ostreatus* var. Florida (Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana) Recuperada de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2811/6/UPS-CT002462.pdf>
- Revilla, J.M. (2015). Viabilidad económica de plantaciones demostrativas de bolaina blanca (*Guazuma crinita*) en la cuenca del río Aguaytia Ucayali – Perú (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina) Recuperada de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2119>
- Rivera, R.L.; Martínez, C.A; Morales, S. (2013). Evaluación de residuos agrícolas como sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus*. Revista Luna Azul (37):89-100. Recuperada de: <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n37/n37a08.pdf>
- Rodas, H.A. (2009). Evaluación de la eficiencia biológica de la granza de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y el pasto araguá (*Hyparrhenia rufa*) al ser utilizados como sustratos, en una planta productora artesanal de *Pleurotus ostreatus* ECS 110, en el Municipio de San Pedro Pinula, Jalapa (Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala) Recuperada de: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/cgi/search/simple>
- Rodríguez, R. (1996). Caracterización de cepas del hongo comestible *Pleurotus spp* en medios de cultivo y su evaluación en sustratos lignocelulósicos forrajeros para la producción de carpóforos (Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León ) Recuperada de: <http://eprints.uanl.mx/6210/>
- Rodríguez, N; Jaramillo, C. 2005. Cultivo de hongos medicinales en residuos agrícolas de la zona cafetera. Colombia. Cenicafé. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10778/583>
- Rodríguez, N. & Zambrano, D.A. (2010). Los subproductos del café: Fuente de energía renovable. Revista Avances Técnicos Cenicafé (393): 1-8. Recuperado de:

<https://www.virtualpro.co/biblioteca/los-subproductos-del-cafe-fuente-de-energia-renovable>

- Romero, O.; Huerta, M.; Damián, M.A.; Macías, A.; Tapia, A.M.; Parraguirre, J.F.C.; Juárez, 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. Revista Agronomía Costarricense 34 (1): 53-63. Recuperada de:  
[https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0377-94242010000100005](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242010000100005)
- Romero, O.; Valencia, M.A.; Rivera, J.A; Tello, I.; Villarreal, O.A; Damián, M.A. (2018) Capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* utilizando alfalfa deshidratada como suplemento en diferentes sustratos agrícolas. Revista Agricultura, sociedad y desarrollo, 15(2): 145-160. Recuperado de:  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-54722018000200145&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722018000200145&lng=es&tlng=es)
- Roussos, S.; Aquíhuatl, M.; Trejo, M; Gaime, I.; Favela, E.; Ramakrishna, M; Raimbault, M.; Viniegra, G. (1995). Biotechnological management of coffee pulp — isolation, screening, characterization, selection of caffeine-degrading fungi and natural microflora present in coffee pulp and husk. Revista Appl Microbiol Biotechnol (42):756-762. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF00171958>
- Ruilova, M.B.; Hernández, A. (2014). Evaluación de residuos agrícolas para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*. Revista ICIDCA. Sobre los Derivados de la caña de azúcar. 48 (1):54-59. Recuperado de:  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223131337008>
- Sánchez, J. (1994). Producción de hongo comestible. México. Editorial Ecosur.
- Sánchez, G. (2008). Determinación de la Eficiencia Biológica del hongo *Pleurotus ostreatus* en cinco sustratos para su comercialización (Tesis de grado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro) Recuperada de:  
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/228>
- Sánchez, J.; Mata, G. (2012). Hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica. Ceparios de hongos en México. Editorial de El Colegio de la Frontera Sur.
- Sánchez, J.; Royse, D. (2001). La Biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. Chiapas, México. Noriega Editores.

- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) Anuario Forestal y de Fauna Silvestre 2017.
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) Anuario Forestal y de Fauna Silvestre 2016.
- Sinclair, K.; Durevall, D.; Julca, A. (2007). Traducción de la tesis: To Make a Living out of Coffee Conventional versus Sustainable Coffee. (Tesis de Maestría, Goteborg University) Recuperada de:  
<http://www.lamolina.edu.pe/proyectos/cafe/pdfs/ganandoselavidaconelkf.pdf>
- Suarez, J.M. (2012). Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio del café, en el municipio de Betania Antioquia: usos y aplicaciones (Tesis de grado, Corporación Universitaria Lasallista) Recuperada de:  
<http://hdl.handle.net/10567/627>
- Sueros, C.M. (2017). Análisis comparativo de las propiedades mecánicas de la madera de raleo de *Guazuma crinita* (Bolaina blanca) de tres edades (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina) Recuperada de:  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2776>
- Tesfaw, A.; Tadesse, A.; Kiros, G. (2015). Optimization of oyster (*Pleurotus ostreatus*) mushroom cultivation using locally available substrates and materials in Debre Berhan, Ethiopia. Revista Applied Biology and Biotechnology 3 (01): 15-20. Doi: 10.7324/JABB.2015.3103
- Trejo, T.; Zepeda, A; Franco, J.; Soto, S; Ojeda, D.; Ayala, M. (2017). Uso de extracto enzimático de *Pleurotus ostreatus* sobre los parámetros productivos de cabras. Revista Abanico Veterinario 7(2): 14-21.  
Doi: <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2017.72.1>
- Vaca, M.; Izurieta, B; Espin, N. (2014). Obtención de extractos enzimáticos con actividad celulolítica y ligninolítica a partir del hongo *Pleurotus ostreatus* 404 y 2171 en rastrojo de maíz. Revista Politécnica Nacional, 33 (1) Recuperado de:  
[https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista\\_politecnica2/article/view/121](https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/121)
- Varnero, M.; Quiroz, M.; Álvarez, C. (2010). Utilización de Residuos Forestales Lignocelulósicos para Producción del Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*) Revista Información Tecnológica 21(2): 13-20 Doi: 10.1612/inf.tecnol.4154it.09

- Vazquez, L. (1995). Cultivo de tres cepas comerciales del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex Fr) sobre los subproductos del Beneficiado de café (pulpa, capulín y pergamino) (Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de México) Recuperada de:  
<http://132.248.9.195/ptd2014/anteriores/microformas/0225531/Index.html>
- Vega, C. (2016). Comparación de la producción de metabolitos secundarios bioactivos con dos fuentes de carbono en la fermentación líquida de una especie de *Pleurotus* y su uso potencial en un alimento de tipo funcional (Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia) Recuperada de:  
<http://bdigital.unal.edu.co/54194/1/52888760.2016.pdf>
- Vinces, R.; Poggi, J. (2014) Revista de Ingeniería de la USIL Saber y Hacer 1(2):88-123 Recuperado de: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>
- Zárate, J.R. (2015). Producción y desarrollo de cuatro aislamientos de *Pleurotus ostreatus*, cultivados en restos de cosecha (Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina) Recuperada de:  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/919>

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1: Participación de los principales países productores de café en el mundo

AÑO COSECHA	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17
Brasil	31.7%	37.7%	34.4%	38.3%	34.2%	37.0%	36.0%	35.2%	33.3%	36.3%
Vietnam	13.3%	13.8%	13.9%	14.3%	17.9%	15.6%	18.1%	17.8%	19.0%	16.8%
Colombia	10.2%	6.5%	6.3%	6.1%	5.2%	6.6%	8.0%	9.0%	9.3%	9.6%
Indonesia	6.3%	7.2%	8.9%	6.5%	7.2%	7.7%	7.4%	7.7%	8.1%	6.6%
India	4.9%	3.7%	5.4%	5.4%	4.6%	4.2%	4.3%	4.5%	4.4%	4.4%
Honduras	3.0%	2.6%	2.8%	3.1%	4.0%	3.1%	3.0%	3.5%	3.8%	3.9%
Uganda	3.6%	3.3%	3.8%	3.6%	3.5%	3.5%	3.3%	3.7%	3.8%	3.5%
Etiopía	2.5%	2.9%	2.6%	2.9%	3.6%	3.0%	2.9%	1.9%	2.2%	2.5%
Perú	2.8%	2.5%	2.3%	2.3%	2.1%	2.6%	2.4%	2.5%	2.4%	2.5%
Guatemala	3.3%	2.8%	3.0%	2.8%	2.6%	2.5%	2.1%	2.2%	2.3%	2.3%
Otros	18.4%	17.2%	16.5%	14.6%	15.1%	14.1%	12.5%	12.0%	11.5%	11.6%

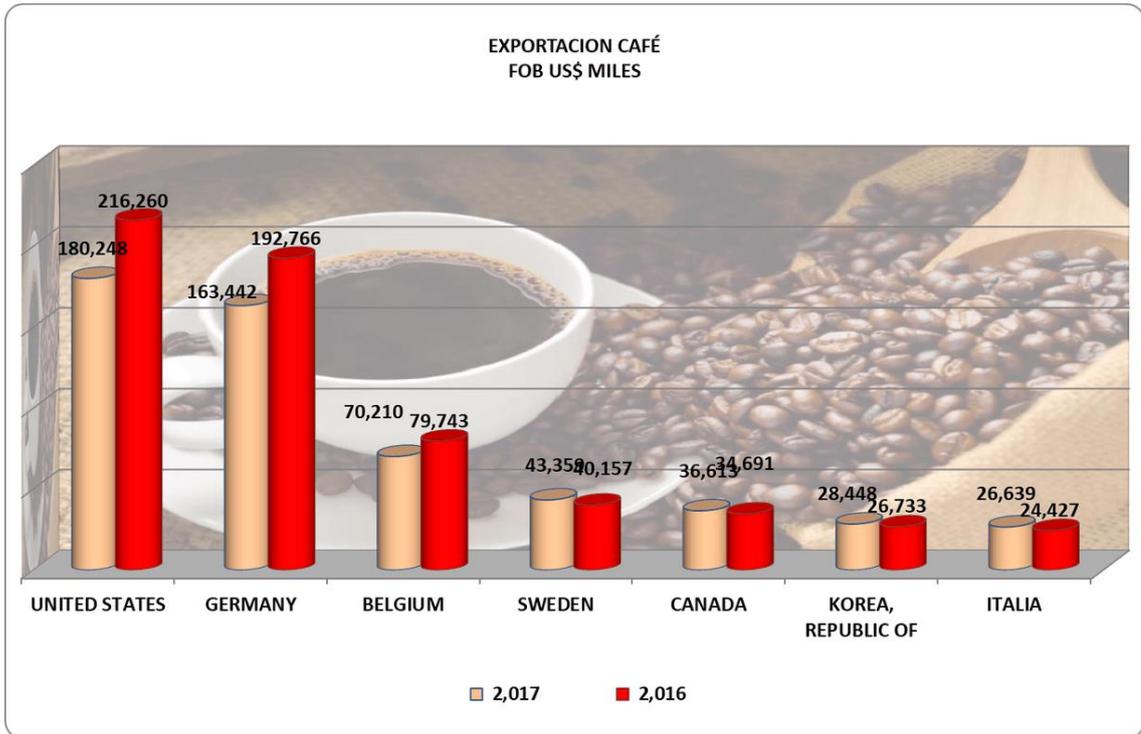
FUENTE: Cámara Peruana de Café y Cacao. 2017.

**ANEXO 2: Principales países exportadores mundiales  
de café (en miles de sacos 60 kg)**

<b>Exportadores Ranking</b>	<b>2007</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>Participación %</b>	<b>Variación 2007 - 2016</b>
<b>Mundo</b>	98307	113691	110105	116815	115236	121319	100.0%	23.4%
<b>Brasil</b>	24803	25062	28319	33108	33417	30398	25.1%	22.6%
<b>Vietnam</b>	20504	28289	20900	27196	20991	26513	21.9%	29.3%
<b>Colombia</b>	10534	6592	9047	10299	11852	12216	10.1%	16.0%
<b>Indonesia</b>	5341	7450	8869	6379	8327	6873	5.7%	28.7%
<b>Honduras</b>	3446	5293	4400	4032	4754	5165	4.3%	49.9%
<b>India</b>	2443	3612	3794	3267	3490	4173	3.4%	70.8%
<b>Perú</b>	2894	4438	3977	3033	2917	3989	3.3%	37.9%
<b>Uganda</b>	2611	2817	3837	3525	3651	3510	2.9%	34.4%
<b>Alemania</b>	2760	3503	3016	3034	2951	3385	2.8%	22.7%
<b>Etiopía</b>	2603	3390	2884	3270	3305	3255	2.7%	25.1%
<b>Bélgica</b>	1585	3179	2001	2659	3147	3112	2.6%	96.4%
<b>Guatemala</b>	3845	3778	3610	3061	3056	3030	2.5%	-21.2%
<b>Nicaragua</b>	1210	1987	1620	1875	1729	1935	1.6%	59.9%
<b>Côte d'Ivoire</b>	2000	1366	1390	1145	1087	1859	1.5%	-7.1%
<b>China</b>	306	984	1215	1120	1027	1378	1.1%	349.6%

**FUENTE:** Cámara Peruana de Café y Cacao. 2017.

### ANEXO 3: Exportación de grano de café peruano de los años 2016 y 2017



FUENTE: SUNAT. 2018.

**ANEXO 4: Demanda proyectada y calculada de *Pleurotus ostreatus***

<b>Concepto</b>	<b>Valor</b>
N° hogares en Lima Metropolitana	2384495
N° hogares de NSE A (5.2%)	123994
N° hogares de NSE B (18.5%)	441132
N° hogares de NSE A y B (23.7%)	565125
Porcentaje de amas de casa de NSE A y B que comprarían hongos ostra	15%
N° total de hogares que compran hongos frescos	84769
Índice de crecimiento de la población	1.30%

**FUENTE:** Canchis y López, 2016.

**ANEXO 5: Metodologías de Análisis químico utilizados en  
los análisis del Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes**

<b>Variable</b>	<b>Metodología utilizada</b>	<b>Métodos estándar</b>
pH	Potenciometría. Determinación en pasta saturada	AOAC USEPA ISO DIN
Conductividad eléctrica	Medición indirecta del contenido de sales solubles en el extracto acuoso obtenido de la pasta saturada	ISO
Materia orgánica/ Carbono	Determinación del carbono orgánico por el método de Walkley y Black o del Dicromato de potasio, mediante el cual se estima la materia orgánica así: %C x 1.724	APHA
Nitrógeno	Método de Kjeldahl	AOAC
Fósforo	Método del azul de molibdeno. Método alternativo: Amarillo del Vanadato Molibdato	USEPA
Potasio	Espectrofotometría de absorción atómica	ASTM EPA ISO APHA TMECC
Calcio	Espectrofotometría de absorción atómica	ASTM EPA ISO APHA TMECC
Magnesio	Espectrofotometría de absorción atómica	ASTM EPA ISO APHA TMECC
Humedad	Gravimetría, diferencia de peso	ASTM D 2974-87
Sodio	Espectrofotometría de absorción atómica. Materia seca: Diferencia de peso, gravimetría.	ASTM EPA ISO APHA TMECC

**ANEXO 6: Análisis de Varianzas y prueba de Tukey a los valores promedio de eficiencia biológica**

**Analysis of variance**

Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV
EB	9	0.95	0.94	18.61

**Analysis of variance table (Partial SS)**

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	1.05	2	0.53	61.22	0.0001
Tratamientos	1.05	2	0.53	61.22	0.0001
Error	0.05	6	0.01		
Total	1.10	8			

**Test: Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.23223**

Error: 0.0086 df: 6

Tratamientos	Means	n	S.E.
T3	0.16	3	0.05 A
T1	0.37	3	0.05 A
T2	0.97	3	0.05 B

Means with a common letter are not significantly different ( $p > 0.05$ )

**ANEXO 7: Análisis de Varianzas y prueba de Tukey a los  
valores promedio de Tasa de producción**

Analysis of variance						
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV		
Ip	9	0.87	0.83	26.27		

Analysis of variance table (Partial SS)						
S.V.	SS	df	MS	F	p-value	
Model	0.56	2	0.28	20.33	0.0021	
Tratamientos	0.56	2	0.28	20.33	0.0021	
Error	0.08	6	0.01			
Total	0.65	8				

Test: Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.29519  
 Error: 0.0139 df: 6

Tratamientos	Means	n	S.E.	
T3	0.13	3	0.07	A
T1	0.47	3	0.07	B
T2	0.74	3	0.07	B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

**ANEXO 8: Análisis de Varianzas y prueba de Tukey a los valores promedio de Tasa de biodegradación del sustrato**

Analysis of variance						
Variable	N	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	CV		
Bs	9	0.88	0.85	14.12		

Analysis of variance table (Partial SS)						
S.V.	SS	df	MS	F	p-value	
Model	0.05	2	0.02	22.83	0.0016	
Tratamiento	0.05	2	0.02	22.83	0.0016	
Error	0.01	6	1.0E-03			
Total	0.05	8				

Test: Tukey Alpha:=0.05 LSD:=0.08095  
 Error: 0.0010 df: 6

Tratamiento	Means	n	S.E.			
T3	0.14	3	0.02	A		
T1	0.23	3	0.02	B		
T2	0.32	3	0.02	C		

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

## ANEXO 9: Análisis de materia orgánica simple al Tratamiento 1



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE AGRONOMIA  
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



### INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : HILDA EVITA MENDOZA SOTO

PROCEDENCIA : PASCO/ OXAPAMPA

MUESTRA DE : VIRUTA

REFERENCIA : H.R. 66075

BOLETA : 2190

FECHA : 06/12/18

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dSim	M.O. %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %
1154	VO	6.22	0.46	97.64	0.27	0.10	0.24
1155	T1	4.07	1.66	96.28	0.37	0.08	0.18

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
1154	VO	0.82	0.06	8.08	0.03
1155	T1	1.48	0.09	3.52	0.22



*Sady Garcia Bendezú*  
 Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
 Telef.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622  
 e-mail: lab\_suelo@lamolina.edu.pe

## ANEXO 10: Análisis de materia orgánica simple al Tratamiento 2

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</b> FACULTAD DE AGRONOMIA LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES						
<b>INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA</b>							
SOLICITANTE	:	HILDA EVITA MENDOZA SOTO					
PROCEDENCIA	:	PASCO/ OXAPAMPA					
MUESTRA DE	:	MEZCLA DE VIRUTA CON PULPA DE CAFE					
REFERENCIA	:	H.R. 66077					
BOLETA	:	2190					
FECHA	:	06/12/18					
N° LAB	CLAVES	pH	C.E. d5/m	M.O. %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %
1158	T2	4.38	3.52	92.11	0.24	0.23	0.66
N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %		
1158	T2	2.00	0.28	2.50	0.22		
				<i>Sady Garcia Bendezu</i> Jefe de Laboratorio			
Av. La Molina s/n Campus UNALM Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe							

**ANEXO 11: Análisis de materia orgánica simple al Tratamiento 3**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE AGRONOMIA  
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



### INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : HILDA EVITA MENDOZA SOTO  
 PROCEDENCIA : PASCO/ OXAPAMPA  
 MUESTRA DE : PULPA DE CAFÉ  
 REFERENCIA : H.R. 66076  
 BOLETA : 2190  
 FECHA : 06/12/18

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %
1156	CO	6.39	1.83	92.96	0.27	0.46	1.05
1157	T3	5.23	5.56	90.35	0.35	0.46	1.01

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
1156	CO	1.65	0.29	11.82	0.04
1157	T3	2.21	0.38	1.65	0.21

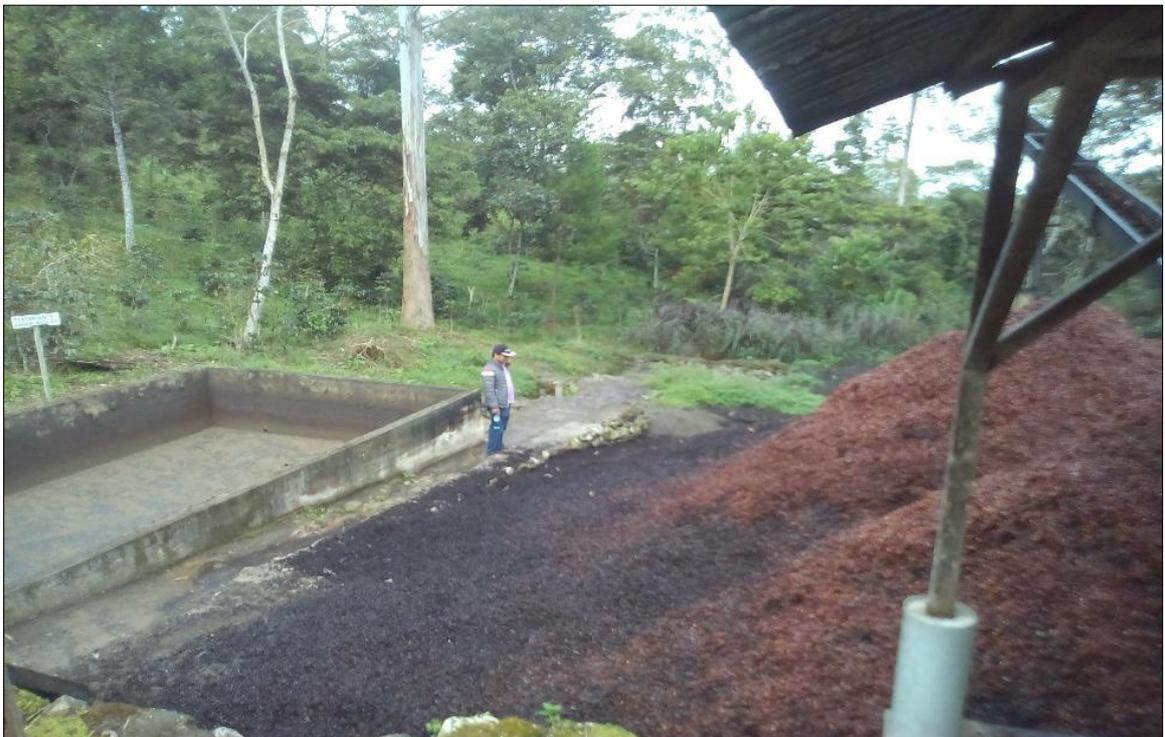


Sady García Bendezu  
 Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
 Telf.: 614-7900 Anexo 202 Teléfono Directo: 349-5622  
 e-mail: lab\_suelo@lamolina.edu.pe

**ANEXO 12: Registro fotográfico pulpa de café– Finca Santa Teresa Villa Rica**





**ANEXO 13: Costo de la producción de *Pleurotus ostreatus***

	<b>Materiales</b>	<b>Costo soles (S/.)</b>
Etapa I	Individuo <i>Pleurotus ostreatus</i>	20
	placas Petri	20
	Papa	0.5
	Agar agar	80
	Dextrosa	25
Etapa II	Granos de cereal	12
	Carbonato de calcio	6
	Yeso	15
Etapa III	Algodón	7
	Alcohol	7
	Ligas	10
Etapa IV	Cucharas	10
	Tabla metálica	60
	Plancha de tecnopor	15
	Fluorescente	15
	bolsas polietileno	70
	Horas hombre	2790
	Alquiler de equipos	2800
	<b>TOTAL</b>	<b>5962</b>

**FUENTE:** Elaboración propia.