



# **UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"**



**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E  
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN  
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**TESIS PARA OPTAR  
TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

## **PRODUCCION DEL HONGO COMESTIBLE *Pleurotus ostreatus* EN PULPA DE CAFÉ**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. JIMMY JHON ROJAS VALLEJOS**

**ASESORADO POR:**

**DRA. BLANCA MARGARITA ROMERO GUZMÁN**

**LAMBAYEQUE – PERÚ  
Agosto - 2016**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
"PEDRO RUIZ GALLO"**



**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E  
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN  
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**TESIS PARA OPTAR  
EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**PRODUCCION DEL HONGO  
COMESTIBLE *Pleurotus ostreatus* EN  
PULPA DE CAFÉ**

**APROBADO POR:**

---

**M.Sc. Juan Carlos Díaz Visitación**  
Presidente

---

**M.Sc. Juan Francisco Robles Ruiz**  
Secretario

---

**Ing. Héctor Lorenzo Villa Cajavilca**  
Vocal

---

**Dra. Blanca Margarita Romero Guzmán**  
Asesor

**LAMBAYEQUE – PERÚ  
Agosto - 2016**

## DEDICATORIA

*A mis padres, por todo el esfuerzo que hicieron para brindarme los recursos necesarios para estudiar, pero sobre todo por su amor, sus consejos, valores enseñados y su ayuda en los momentos difíciles.*

*A mi esposa y mi hija, por ser mi gran motivo de superación, ya que libran mi mente de todas las adversidades que se presentan y me impulsan cada día a superarme.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios, por darme la vida, ser siempre mi guía y brindarme la sabiduría suficiente para culminar mi carrera universitaria con éxito. Gracias a Él porque siempre me escucha y me da fuerzas para salir adelante.*

*A mi familia, maestros y todos aquellos que me brindaron su apoyo y consejos para poder superarme y lograr culminar mi carrera universitaria.*

## CONTENIDO DE LA TESIS

RESUMEN .....	1
INTRODUCCION .....	3
I. FUNDAMENTO TEORICO.....	5
1.1. LA PULPA DE CAFÉ PRODUCTO DEL BENEFICIO HÚMEDO .....	5
1.2. ASPECTOS GENERALES DE LA PULPA DE CAFÉ .....	6
1.2.1.Composición de la pulpa de café.....	7
1.2.2.Usos más comunes de la pulpa de café .....	11
1.3. ASPECTOS GENERALES SOBRE HONGOS COMESTIBLES .....	12
1.3.1.El Reino Fungi- Los Hongos.....	12
1.3.2.Los Basidiomicetos - Hongos comestibles .....	13
1.3.3.Hongos del género <i>Pleurotus</i> .....	20
II. TECNOLOGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	25
2.1. CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE SUSTRATO.....	25
2.2. PROCESO DE PRODUCCION DE LAS SETAS .....	28
2.2.1.Aislamiento y mantenimiento de cepas .....	28
2.2.2.Preparación de la semilla .....	30
2.2.3.Tratamiento del sustrato.....	32
2.2.4.Siembra de las semilla .....	35
2.2.5.Incubación.....	35
2.2.6.Fructificación .....	36
2.2.7.Cosecha .....	37
2.2.8.Eficiencia Biológica y rendimiento .....	38
2.2.9.Parámetros de calidad y empaque .....	39
CONCLUSIONES.....	40
RECOMENDACIONES .....	41
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	42
ANEXO 1.....	45
ANEXO 2.....	46

## TABLAS

Tabla 1: Composición química de la pulpa del café fresca.....	8
Tabla 2: Contenido de otros compuestos en la pulpa de café .....	8
Tabla 3: Constituyentes de paredes celulares y polisacáridos .....	9
Tabla 4: Clasificación del reino Fungi .....	12
Tabla 5: Género y especies de hongos más conocidas en el mundo.....	17
Tabla 6: Número de especies de hongos silvestres comestibles y medicinales	18
Tabla 7: Composición bromatológica del carpóforo de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	22
Tabla 8: Rendimientos de <i>Pleurotus ostreatus</i> sobre pulpa de café arábica .....	38

## FIGURAS

Figura 1. Partes del fruto. -----	7
Figura 2. Cafeína (1,3,7 trimetilxantina) -----	9
Figura 3. Ácido Clorogénico -----	10
Figura 4. Estructura típica de un hongo basidiomiceto. -----	15
Figura 5. Ciclo biológico de un basidiomiceto-----	16
Figura 6. Comparación del índice nutricional -----	19
Figura 7. Setas de <i>Pleurotus ostreatus</i> -----	21
Figura 8. Diagrama de flujo para la producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> . -----	45
Figura 9. Aislamiento y crecimiento micelial de las cepas de <i>P. Ostreatus</i> . ----	46
Figura 10. Lavado y esterilización de los granos de trigo. -----	46
Figura 11. Inoculación y desarrollo micelial en granos de trigo.-----	46
Figura 12. Preparación de pulpa de café tras una fermentación aeróbica.-----	47
Figura 13. Siembra del hongo e incubación -----	47
Figura 14. Crecimiento micelial en pulpa y aparición de primeros primordios --	47
Figura 15. Fructificación de <i>Pleurotus ostreatus</i> -----	48
Figura 16. Cosecha de setas, control de calidad y empaque -----	48

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación identificado con el tema: “Producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en pulpa de café” se brinda información sobre este desecho orgánico conocido como pulpa de café, que se genera en las plantas de despulpado de las fincas cafetaleras donde es desperdiciado en gran cantidad arrojándolo a quebradas, ríos o directamente al suelo, y como una medida de solución a este problema presentamos la alternativa de utilizarlo como sustrato para la producción de hongos comestibles de la especie *Pleurotus ostreatus* aplicando una tecnología eficiente y sencilla, obteniendo muy buenos resultados con rendimientos alrededor de 50 por ciento.

## ABSTRACT

*In the present research identified with the subject: "Production of edible mushroom *Pleurotus ostreatus* in coffee pulp" it provides information on this organic waste known as coffee pulp, which is generated in the depulping plants of coffee farms where it is wasted in large amount throwing them to streams, rivers or directly to the soil, and as a measure of solution to this problem we present the alternative of using as substratum for the production of eatable fungi of the species *Pleurotus ostreatus* applying an efficient and simple technology, obtaining very good results with yields around 50 percent.*



## INTRODUCCION

En el Perú se genera más de 450 mil toneladas anuales de pulpa de café como desecho orgánico. A pesar de su alto contenido de carbohidratos y proteínas, la presencia de cafeína, taninos y polifenoles presenta un problema para su uso como materia prima. Los productores cafetaleros de nuestro país sólo utilizan una pequeña parte de la pulpa que generan para la producción de abonos, pero gran cantidad de este residuo no se aprovecha, acumulándose en los centros de beneficio de café o siendo vertidos a las fuentes de agua.

En nuestras zonas cafetaleras no se ha difundido la alternativa de uso de pulpa de café como sustrato para producción de hongos comestibles. En particular el hongo *Pleurotus ostreatus* ha demostrado tener la capacidad de degradar la pulpa de café, permitiendo el aprovechamiento de estos desechos agroindustriales obteniendo productos beneficiosos para el hombre.

Cruz *et al.* (2010), aseguran que la producción de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* es una opción para la diversificación de producción ya que se utilizan los recursos de la comunidad, hay un bajo costo de producción, los resultados son a corto plazo y su producción es sencilla; además la especie tiene alto contenido en proteína y rico sabor.

Al respecto cabe citar a Bermúdez *et al.* (2001), quienes sostienen que el cultivo de setas comestibles *Pleurotus ostreatus* en pulpa de café provoca su biodegradación, en su investigación observaron la disminución en el contenido de fibra bruta, cafeína, taninos y fenoles.

García *et al.* (2006), encuentran que las cepas de *Pleurotus ostreatus* cultivadas en pulpa de café dan alta eficiencia biológica llegando hasta 204.36% y un rendimiento de producción de más del 58%.

La presente tesis se presenta con la formulación del problema ¿Cómo se produce el hongo *Pleurotus ostreatus* empleando como sustrato la pulpa de café?

Siendo los objetivos:

#### General

- Estudiar la Producción de *Pleurotus ostreatus* aprovechando la pulpa de café como sustrato.

#### Específicos

- Conocer las características de la pulpa de café y su aprovechamiento como sustrato.
- Conocer las distintas etapas de producción del hongo *Pleurotus ostreatus*, así como sus propiedades y beneficios.
- Dar un valor agregado a la pulpa de café que es considerado una fuente importante de contaminación de suelos y fuentes de agua.

Con el presente trabajo se contribuirá a presentar una alternativa de manejo y aprovechamiento de la pulpa en forma paralela a la producción de café que resulte atractiva y beneficiosa tanto para los caficultores peruanos así como a instituciones o empresarios capaces de gestionar la biotecnología tipo seta, la inversión de capital de otros sectores de la economía, y el mercado en un contexto nacional o mundial. De esta manera se pretende también contribuir a mejorar la calidad de vida de las familias cafetaleras peruanas obteniendo un producto de alta calidad nutritiva que ellas mismas pueden consumir y en gran escala se puede comercializar; además algo muy importante es que también se contribuirá con el cuidado del medio ambiente.

## I. FUNDAMENTO TEORICO

### 1.1. LA PULPA DE CAFÉ PRODUCTO DEL BENEFICIO HÚMEDO

La caficultura en nuestro país es una de las principales actividades agrícolas, a la que se dedican cerca de 220,000 familias peruanas. Según la SUNAT, en el 2015 se exportaron más de 177,000 toneladas de café

En el Perú, así como en la mayoría de los países productores de café, el beneficiado húmedo se realiza en la finca del productor que en su mayoría es pequeño, esto favorece de alguna manera implementar un aprovechamiento más integral de desechos. A diferencia de los países, en los cuales se da un beneficiado centralizado generándose grandes volúmenes de pulpa, que ocasionan serios problemas a los beneficiadores.

La pulpa de café se obtiene durante el beneficiado húmedo del café al separarse por medio de la despulpadora, la corteza o mesocarpio del grano. Representa el 40% del peso total (base húmeda) del fruto. (Cleves, 1995)

Durante el beneficio húmedo de café genera tres contaminantes: aguas de despulpe, aguas de lavado o aguas mieles y la pulpa. Cuando la pulpa se extrae del beneficio posee del 75-85% de humedad, esto expresa la dificultad de su manejo y su disposición constituye un problema de contaminación que en la mayoría de los países productores de café no se ha resuelto de manera satisfactoria ya que la mayoría busca desechar la pulpa de forma rápida y fácil arrojándola a ríos y quebradas que, en muchos casos, son fuente de abastecimiento de agua potable o de uso domestico o agrícola representando un grave peligro para la salud humana y para el medio ambiente. (García, 2009)

La pulpa de café depositada en las corrientes de agua genera un aumento considerable de la demanda bioquímica de oxígeno (DQO), aumento de la carga de sólidos totales, incremento de la temperatura del agua, generación de olores extraños y pérdida de su calidad visual. Se trata de una forma de contaminación severa del agua que se da en las épocas de cosecha y que imposibilita su aprovechamiento para acueductos, afecta la fauna acuática y limita los usos recreativos (Vázquez, 2000, citado en García, 2009)

Actualmente en el Perú se están implementando programas para la producción orgánica y sostenible del café, donde se hacen esfuerzos para incidir a través de la concientización y educación a los productores para que utilice de forma adecuada y económica la pulpa según sus necesidades.

## **1.2. ASPECTOS GENERALES DE LA PULPA DE CAFÉ**

Los granos de café o semillas están contenidos en el fruto del arbusto, los cuales en estado de madurez toman un color rojizo y se les denomina "cereza". Cada una de ellas consiste en una piel exterior que envuelve una pulpa dulce. El fruto del cafeto está compuesto, de afuera hacia dentro, por:

- ✓ cubierta exterior llamada pulpa.
- ✓ Una sustancia gelatinosa azucarada que recibe el nombre de mucílago.
- ✓ Una cubierta dura que se denomina pergamino o cáscara.
- ✓ Y finalmente el grano o almendra que es la parte del fruto que, una vez tostada y molida, se utiliza para la producción de la bebida del café.

El grano de café, llamado comúnmente café oro, es la parte aprovechable del fruto maduro que representa el 20% del volumen total, de tal manera que el 80% restante forma parte de los residuos, donde la pulpa de café corresponde con un 38.8 – 40% del fruto. (García, 2009)

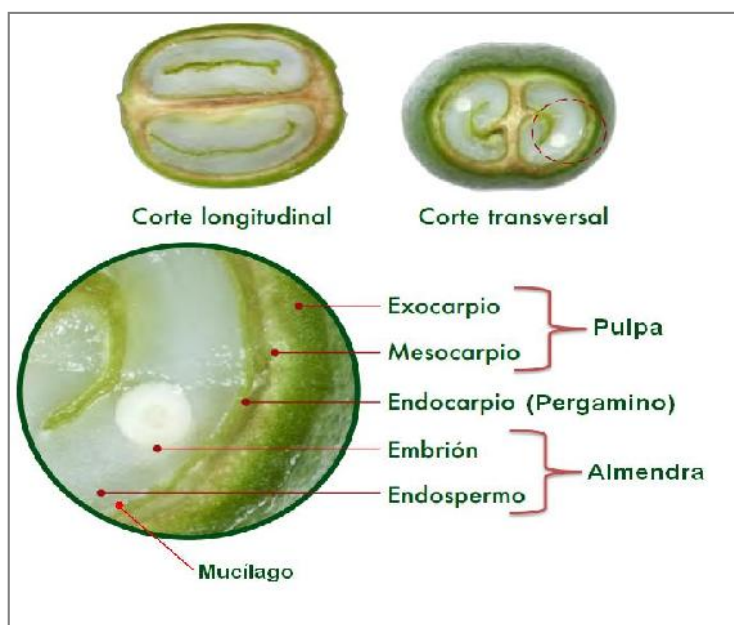


Figura 1. Partes del fruto, adaptada de Federecafé (2013)

La pulpa está formada por el pericarpio, el cual a su vez está formado por el exocarpio y el mesocarpio (Figura 1). A medida que el fruto alcanza su madurez, el pericarpio sufre una serie de transformaciones químicas (aumento de contenido de agua, azúcares y taninos) y estructurales (tamaño, forma, engrosamiento y lignificación de las paredes celulares). El exocarpio es una estructura con estomas, formado de una sola capa discontinua de células deformes, de paredes gruesas y cutinizadas. En el mesocarpio las capas más externas están formadas por células grandes, poligonales y de paredes lignificadas y gruesas con vestigios de protoplastos en su interior. El endocarpio formará finalmente el pergamino de la almendra (Federecafe, 2013)

### 1.2.1. Composición de la pulpa de café

Según Prado (2011), la pulpa de café es rica en nutrimentos, pero también contiene compuestos como la cafeína, los taninos y los polifenoles, lo que impide su uso intensivo en la alimentación animal por sus características antinutricionales y antifisiológicas.

Su composición varía dependiendo de muchos factores, sin embargo, a manera de ilustración se presenta en la Tabla N° 1 un análisis aproximado:

**Tabla 1**

Composición química de la pulpa del café fresca

Componente	Contenido (%)
<b>Humedad</b>	<b>76.7</b>
<b>Materia seca</b>	<b>23.3</b>
Extracto etéreo	0.48
Fibra cruda	3.4
Proteína cruda N x 6.25	2.1
Cenizas	1.5
Extracto libre de Nitrógeno	15.8

Fuente: Bressani *et al.* (1978)

Otros compuestos orgánicos que se encuentran en la composición de la pulpa de café se muestran en la Tabla N° 2. Estos compuestos están involucrados en la formulación de la dieta para animales e industrialización, ya que se le atribuyen efectos tóxicos.

**Tabla 2**

Contenido de otros compuestos en la pulpa de café

Componente	Contenido (%) base seca
Taninos	1.80 – 8.56
Sustancias pécticas totales	6.5
Azúcares Reductores	12.4
Azúcares No Reductores	2.0
Cafeína	1.3
Ácido Clorogénico	2.6
Ácido Cafeico Total	1.6

Fuente: Bressani *et al.* (1978)

Bressani et al. (1978), refieren que la pulpa de café, por el elevado contenido celular (63%), posee niveles relativamente altos de nutrientes (Tabla N° 3). Los niveles de celulosa, hemicelulosa y lignina indican que este producto es superior a otros materiales utilizados en raciones para animales.

**Tabla 3**

Constituyentes de paredes celulares y polisacáridos estructurales en la pulpa de café

Componente	contenido (%) - base seca
Contenido Celular	63.2
Fibra Detergente Neutra	36.8
Fibra Detergente Ácida	34.5
Hemicelulosa	2.30
Celulosa	17.7
Lignina	17.5
Proteína Lignificada	3.0
Proteína Cruda	10.1
Cenizas Insolubles	0.4

Fuente: Bressani et al. (1978)

Antes de ser usada la pulpa de café como sustrato debe ser tratada para extraerle compuestos tóxicos como la cafeína. Este alcaloide, posee una constitución común de purina:  $C_5H_4N_4O_2$  (Figura 2). Se deriva de la purina denominada xantina, o sea, es un alcaloide del tipo purina metilada, cuya denominación química es 1, 3, 7 trimetilxantina. (Von Borstel, 1983, citado en Campos, 1986).

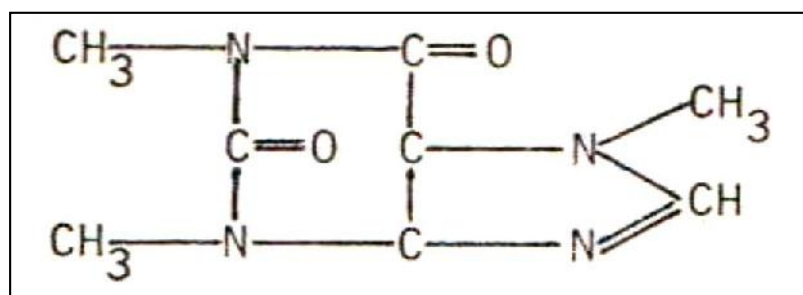


Figura 2. Cafeína (1,3,7 trimetilxantina), tomada de Campos (1986)

La cafeína es moderadamente soluble en agua, aun así, también es hidrofóbica, aunque pasa fácilmente a través de las membranas biológicas, probablemente la mayor parte por difusión pasiva. (Von Borstel, 1983, citado en Campos, 1986).

Otros compuestos tóxicos existentes en la pulpa de café son los fenoles libres y los monómeros, ácidos clorogénicos, caféico y tánico y los polímeros, es decir taninos hidrolizables y los condensados. Uno de los principales componentes de estos compuestos fenólicos es, denominados polifenoles es el ácido clorogénico (Figura 3) que está formado por una radical de ácido caféico y uno de ácido quínico (Morales, 1976, citado en Campos, 1986).

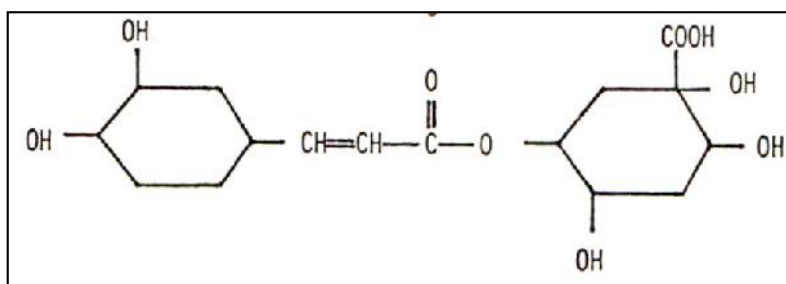


Figura 3. Ácido Clorogénico, tomado de Campos (1986)

Con respecto a los polifenoles, el ácido clorogénico concretamente tiene una actividad antigénica y alérgica. La característica más importante de los taninos es probablemente su capacidad de ligar proteína, haciéndolas inaccesibles al organismo; también pueden actuar como inhibidores enzimáticos (Bressani et al., 1978)

Estos compuestos tóxicos no solo afectan el desarrollo normal del micelio y del cuerpo fructífero, sino que influyen en una posible utilización de la mezcla de pulpa de café – micelio, como alimento animal, después de la producción de hongos comestibles.



## **1.2.2. Usos más comunes de la pulpa de café**

### **1.2.2.1. Pulpa de café como abono orgánico:**

En el Perú la pulpa de café se usa generalmente para elaboración compost, para lo cual necesita operaciones de volteo periódicos cada 15 días y así lograr su transformación en aproximadamente 3 meses que es cuando el material huele a tierra fértil y tiene color negro. Otra alternativa es producir el humus de lombriz pero se necesita combinarse con otros sustratos y controlar factores como temperatura, humedad y pH.

### **1.2.2.2. Pulpa de café para ensilaje:**

De acuerdo con Rathinavelu y Graziosi (2005), la pulpa del café es realmente una sustancia muy versátil, pero el hecho de que contenga cafeína lo hacía inutilizable como pienso animal; pero un leve drenaje de la pulpa, inoculación con aditivos comerciales de ensilaje y envase en forros de plástico dentro de contenedores de reciclaje, o en contenedores de carga flexible de una tonelada, puede conseguirse en 3 o 4 meses un pienso excelente, adecuado para forraje de ganado, esta operación es factible a gran escala.

### **1.2.2.3. Pulpa como para producir Setas:**

La pulpa de café puede ser manejada en menor escala con facilidad, como tarea de la familia. La pulpa fermentada y secada parcialmente puede ser usada como sustrato para el cultivo de setas exóticas. Se puede cultivar en unas cuantas semanas los hongos Shiitake, Linchi y otras setas que habitualmente tardan muchos meses en crecer en leños de roble. Más rápida aún es la producción de *Pleurotus ostreatus* o setas ostra que habitualmente crecen en árboles podridos en los matorrales (Rathinavelu y Graziosi, 2005).

### 1.3. ASPECTOS GENERALES SOBRE HONGOS COMESTIBLES

#### 1.3.1. El Reino Fungi- Los Hongos

El estudio de los hongos recibe el nombre de Micología. Se calcula que actualmente existen más de 1,5 millones de especies, de los cuales tan sólo encontramos descritas 28,700 especies de macrohongos, 24,000 especies de mohos, tizones y royas, y 13,500 especies de líquenes. No se encuentra información del resto de hongos y se cree que muchas habitan en la selva tropical.

Silva *et al.* (2010), sostienen que generalmente los hongos están ubicados en tres principales órdenes, según las diferencias en sus estructuras reproductivas: Zygomycota, Ascomycota y Basidiomycota. Estos dos últimos son considerados hongos superiores, mientras que el primero agrupa a los hongos inferiores.

**Tabla 4**

Clasificación del reino Fungi

	Subdivisión	Estructura reproductiva	Especies
Hongos superiores	Ascomycota	Ascoesporas, Ascosporas	Desde levaduras a hongos de sombrero grandes, trufas
	*Basidiomycota	Basidioesporas, basidio	Hongos superiores, setas y hongos en forma de repisa como: champiñón, Shiitake, <i>Pleurotus</i>
Hongos inferiores	Zigomicota	Zigoesporas	Mohos del pan, fruta, etc., hongos micorrizicos y descomponedores de suelo
	Chitridiomicota	Oosporas y zoosporas	Hongos primitivos, chitridios (mohos acuáticos)
	Deuteromicota	Reproducción asexual	Oídios, conidios

\*Los hongos de interés en el presente trabajo son de la subdivisión basidiomicota que agrupa a la mayor parte de los hongos comestibles, incluido el *Pleurotus ostreatus*.

Fuente: Adaptado de Silva *et al.* (2010)

Los hongos están involucrados en numerosos fenómenos biológicos y químicos vinculados a los procesos industriales de fermentación (*Saccharomyces cerevisiae*), producción comercial de medicamentos (*Penicillium*), alimentación humana (*Shiitake*, *Pleurotus spp.*, *champiñón*), controladores biológicos de plagas (*Beauveria bassiana*) y los sistemas de producción agroforestal.

### **1.3.2. Los Basidiomicetos - Hongos comestibles**

Como ya se había mencionado anteriormente, enfocaremos nuestra investigación a los hongos basidiomicetos ya que el *Pleurotus ostreatus* forma parte de esta clasificación.

Los basidiomicetos forman un grupo de hongos muy grande y diverso que se caracteriza porque produce esporas sexuales en cuerpos fructíferos llamados basidiocarpos, también conocidos como basiomatas, basidiomas, seta o carpóforos, los cuales portan estructuras especializadas conocidas como basidios (Ardón, 2007).

Los hongos lignocelulolíticos que generan la llamada "pudrición blanca" se usan en el proceso de bioconversión. Los hongos basidiomicetos pertenecen a este grupo ya que son capaces de degradar la lignina, la celulosa y la hemicelulosa de la madera (Montoya y col., 2010). Los hongos comestibles generan fermentación sólida en el sustrato, mejorando su digestibilidad, aumento en el contenido de proteínas, vitaminas y minerales. Estos hallazgos sugieren su utilización como materia prima para obtención de hongos comestibles o elaboración de piensos para animales.

#### **1.3.2.1. Partes de un hongo basidiomiceto**

Silva (2010), describe las partes típicas de un hongo basidiomiceto, no presentes siempre en todas las especies como se indica a continuación:

- a) Volva: Envoltura primitiva del cuerpo fructífero, que se rompe al crecer éste y queda formando una estructura semejante a una copa que envuelve la base. Su forma puede ser clave para clasificar especies dentro del género. La forma de la volva puede ser abierta, circuncisa, saciforme, friable, membranosa, etc.
- b) Pie, pedicelo o estípite: Amasijo de hifas que sirve de soporte al sombrerillo. Son numerosas las diferentes formas que puede adquirir el pie: delgado, atenuado, cilíndrico, grueso, en forma de mazo, sinuoso, radicante, bulboso, hinchado, etc. Su color y tamaño también sirven como criterio diferenciador junto con el aspecto de su superficie, el que puede ser liso, estriado, punteado, leonado, venoso, escamoso, escrobiculado, reticulado, etc., y si se parte o no fácilmente, si está hueco o macizo, etc.
- c) Anillo: Estructura, también residual, de la primitiva envoltura del cuerpo fructífero. La cortina está formada por una masa de fibrillas muy finas que dan lugar a una especie de velo que recubre y protege al himenio.
- d) Sombrerillo o píleo: Parte más vistosa de la seta que puede adquirir varias formas, aunque la más común es acampanada. El sombrero puede tomar diferentes aspectos, formas y colores. Algunas de las formas son: convexa, deprimida, cónica, mamelonada, cilíndrica, infundibiliforme, hemisférica, extendida, embudada, etc. Cuando se estudia el sombrero es importante tener en cuenta, además, la cutícula, el margen o borde y la carne. La carne va a proporcionar a los especímenes aspectos carnosos y frágil. En la parte inferior del sombrerillo se sitúa el tejido fértil o himenio, a partir del cual se formarán los basidios. En la mayoría de las especies el himenio adquiere la forma de laminillas, pero también puede ser tubular o dentado.

En la figura 4 se muestran las principales partes de un hongo basidiomiceto.

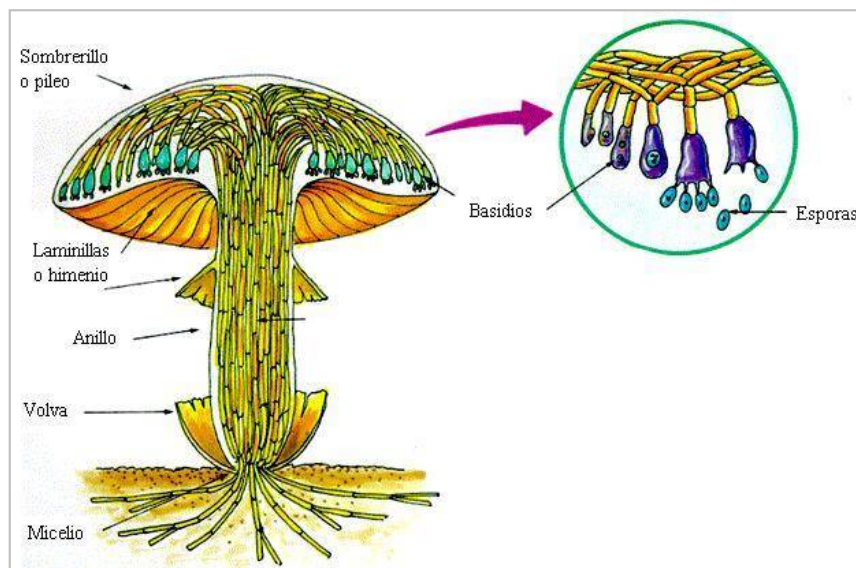


Figura 4. Estructura típica de un hongo basidiomiceto.  
Extraída de <http://kerchak.com/hongos/>

#### 1.3.2.2. Ciclo de vida de un hongo comestible

Sierra *et al.* (2002), mencionan que la reproducción de los hongos se realiza de forma natural mediante esporas que son quienes tienen la información genética del hongo. Existen esporas que portan información genética positiva (+) y esporas que portan información genética negativa (-). Las esporas en las setas se encuentran dentro de unas células llamadas “basidios”. Todas las setas producen al llegar su madurez millones de esporas.

Cuando una espora positiva y espora negativa diseminadas en la naturaleza encuentran las condiciones de humedad, temperatura y sustrato favorables, estas pueden germinar y desarrollan a partir de ellas unos filamentos llamados “hifas”. El conjunto de estas hifas constituye el “micelio primario” de cada espora. Los micelios primarios resultantes (m+) y (m-) tienen la peculiaridad de no producir aparatos reproductores (setas) y por lo tanto son estériles. Pero si por casualidad en un mismo sustrato germinan dos esporas

de la misma especie y de signo contrario, sus respectivos micelios primarios se unen “sexualmente” (se fusionan los citoplasmas de las células pero no sus núcleos), formando células dicarióticas (+,-) el resultado es un “micelio secundario”. Si este micelio secundario consigue extenderse ampliamente en el sustrato y las condiciones climatológicas siguen siendo favorables, se desarrollará finalmente el aparato reproductor de la especie al cual conocemos vulgarmente con el nombre de “seta”. (Sierra *et al.*, 2002)

En el himenio de las setas se originan de nuevo los basidios y en estas células se formarán de nuevo las esporas. Al llegar la seta a su madurez las esporas caerán de los basidios o saldrán de las ascas para, potencialmente, comenzar un nuevo ciclo vital del hongo (Figura 5).

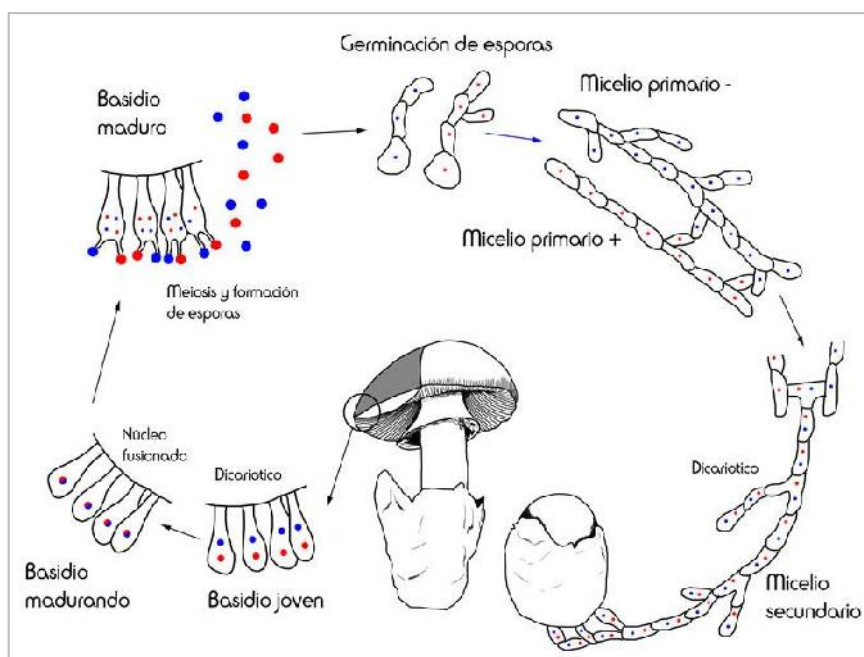


Figura 5. Ciclo biológico de un basidiomiceto, tomada de:  
<http://cestadesetas.com/setas/iniciacion-a-la-micologia/>

### 1.3.2.3. Algunas especies de Hongos comestibles.

Boa (2004), describe en la Tabla N° 5 a los principales géneros de hongos silvestres comestibles, donde hay algunas especies que son ampliamente

consumidos y exportados a menudo, como *Boletus* y *Cantharellus* ; y los que tienen especies que se consumen ampliamente, por lo general en pequeñas cantidades.

**Tabla 5**

Géneros y especies de hongos más conocidas en el mundo

Género	Uso de campo y notas generales
Agaricus	Especies de <i>Agaricus</i> son recogidas regularmente de la naturaleza, pero solamente las formas cultivadas se exportan. <i>A. bisporus</i> (champiñón) el hongo comestible sobre todo comúnmente cultivada.
Amanita	Especie <i>A. caesarea</i> es muy valorada en países como México, Turquía y Nepal. Pocas especies se comercializan a través de fronteras nacionales. Hay un número notable de las especies venenosas como la <i>A. phalloides</i> .
Boleto	<i>B. edulis</i> es la especie más conocida, recogidos y vendidos con regularidad y mayores exportaciones desde fuera y dentro de Europa. Hay algunas especies venenosas, pero pocos incidentes.
Cantharellus	Contienen especies extendidas como la <i>C. cibarius</i> . Se venden en los mercados de muchos países, a veces en mezclas funcionales de diferentes especies.
Lactarius	Muchas especies diferentes se recogen y se comen con regularidad. Especies clave tales como <i>L. deliciosus</i> son muy estimado y hay un comercial de gran valor en Europa.
Lentinula	<i>Lentinula edodes</i> conocido como <i>shiitake</i> se cultiva en muchos países y es una importante especie comercial
Morchella	Se exporta en varios países. Las especies no siempre se consumen en los países en los que se recojan. Especies clave <i>M. esculenta</i> .
Pleurotus	Especies clave es <i>P. ostreatus</i> en términos de cantidades comido, predominantemente de cultivo. Otras especies dice que es más sabroso.
Polyporus	Muchas especies se utilizan regularmente y se comen, pero de una importancia relativamente menor.
Suillus	Especies clave es <i>S. luteus</i> , es más ampliamente registrado aunque su uso como un alimento es limitado.
Tuber (trufas)	Contiene especies de valor extremadamente alto y muy apreciado en la cocina gourmet. Los "falsos" trufas comprenden otros géneros, por ejemplo: <i>Tirmania</i> , <i>Rhizopogon</i> , <i>Terfezia</i> .

Fuente: Boa (2004)

Según Boa (2004), indica que en el Perú no está muy difundida la práctica de cultivo de setas, pero entrega una lista de especies más conocidas cuyo cultivo es practicado a baja escala en el Perú: *Auricularia delicata*, *Boletus edulis*, *Favolus alveolarius y brasiliensis*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*, *Pluteus cervinus*, *Polyporus arcularius y sanguineus*. Actualmente toma importancia el cultivo de *Suillus luteus y Agaricus bisporus*.

Además recopiló información de las variedades y las subespecies de hongos en 110 países que lo se resume en la Tabla N° 6, donde la categoría alimento y comestible se excluyen mutuamente indicando que no todos los hongos comestibles se usan en la alimentación.

**Tabla 6**

Número de especies de hongos silvestres comestibles y medicinales

Categoría	Nº de especies	Porcentaje total (%)
Solo comestibles	1009	43
Comestibles y medicinales	88	4
Solo alimento	820	35
Alimento y medicinal	249	11
Solo medicinal	133	6
Otros usos (fuera de los anteriores)	29	1

Fuente: Boa (2004)

#### 1.3.2.4. Propiedades e importancia de los hongos comestibles

El cultivo de Hongos o setas se llama micocultura y puede mejorar las condiciones de vida de la población en materia económica, ambiental, nutricional y medicinal. Sin embargo, es fundamental señalar que algunas setas son venenosas y pueden ser incluso mortales, por lo tanto, la necesidad de tomar precauciones adicionales a la hora de identificar las especies que pueden ser consumidos como alimento.



Marshall (2009), da a conocer que las setas son una buena fuente de vitamina B, C y D, como niacina, riboflavina, tiamina y ácido fólico, y diversos minerales como potasio, fósforo, calcio, magnesio, hierro y cobre. También proporcionan hidratos de carbono, pero son bajos en grasa y fibra, y no contienen almidón. Además, los hongos comestibles son una excelente fuente de proteínas de alta calidad (al parecer entre 19 por ciento y 35 por ciento). Además de todos los aminoácidos esenciales, algunos hongos tienen beneficios medicinales de algunos polisacáridos, los cuales son conocidos por estimular el sistema inmunológico.

Las setas comestibles a menudo son consideradas un sustituto de la carne y su valor nutritivo se compara favorablemente con la de la mayoría de las hortalizas. El consumo de setas puede hacer una valiosa adición al desequilibrio de la dieta de las personas de los países en desarrollo como el nuestro ya que pueden ser complementos deliciosos en las comidas por sus propiedades organolépticas.

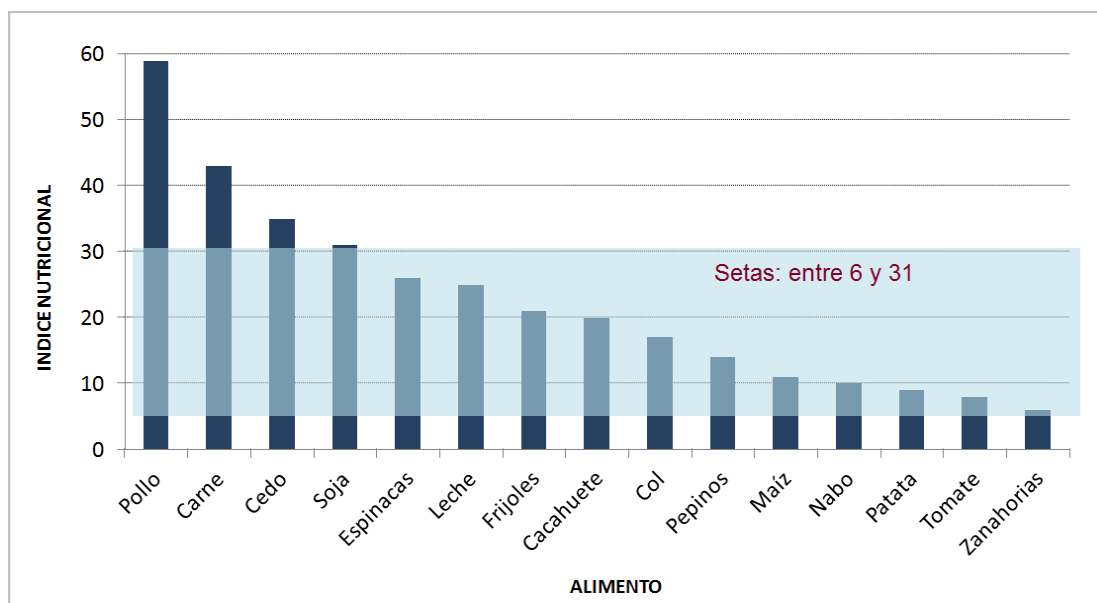


Figura 6. Comparación del índice nutricional (aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales) de los distintos alimentos en comparación con las setas, adaptado de FAO, investigación de Boa (2004)

### 1.3.3. Hongos del género *Pleurotus*

Los hongos del género *Pleurotus* son hongo saprofita y algunas veces parásito que crece principalmente sobre sustratos lignocelulósicos vivos o muertos, pobres en nutrientes y con bajos niveles de minerales y vitaminas (Cruz, 2010).

El cultivo artesanal e industrial de diversas especies del género *Pleurotus* está adquiriendo una gran importancia. Se conocen al menos 30 especies, siendo la más conocida *Pleurotus ostreatus*. También hay otras especies de interés comercial como son: *P. eryngii*, *P. pulmonarius*, *P. sajor-cajou* y *P. cornucopioides*. Otras que producen en menor escala son: *P. djamor*, *P. smithii*, *P. levis* y *P. citrinopileatus*

Comúnmente *Pleurotus ostreatus* es conocido como Hongo ostra, aunque también suele llamársele: Champiñón ostra, Gírgola, Orellana, Seta de chopo o simplemente Seta. *Pleurotus* viene del griego “pleuro” que significa formado lateralmente o en posición lateral, refiriéndose a la posición del estípite respecto al pileo; *ostreatus* en latín quiere decir en forma de ostra y en este caso se refiere a la apariencia y al color del cuerpo fructífero (Ardón, 2007).

Este hongo se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:

- Reino: Fungi
- Filo: Basidiomycota
- Clase: Homobasidiomycetes
- Orden: Agaricales
- Familia: Pleurotaceae
- Género: *Pleurotus*
- Especie: *P. ostreatus*

### 1.3.3.1. Características morfológicas

Cruz (2010), describe al sombrerillo como redondeado, con la superficie lisa, abombada y convexa cuando es joven, aplanándose luego poco a poco; el borde está algo enrollado al principio. Indica que el diámetro puede oscilar entre 5 y 15 cm, dependiendo de la edad del hongo, aunque algunos autores indican que pueden llegar hasta 25 cm de diámetro. El color es variable, desde gris claro o gris pizarra hasta pardo, tomando una coloración más amarillenta conforme su desarrollo, la carnosidad generalmente blanca. En la parte inferior del sombrerillo, hay unas laminillas dispuestas radialmente, que van desde el pie o tallo hasta el borde. Son anchas, espaciadas unas de otras, blancas o cremas, a veces bifurcadas, en ellas se producen las esporas destinadas a la reproducción de la especie.

Ardón (2007), menciona que los carpóforos de *Pleurotus ostreatus*, no presentan anillo ni volva. El estípite o pie es corto y grueso, de 0.5 a 3.0 centímetros de longitud, 0.5 a 2.0 centímetros de espesor, excéntrico o lateral con pubescencia densa de color blanco en la base.

Los carpóforos típicos de *Pleurotus ostreatus* se observan en la figura 7.



Figura 7. Setas de *Pleurotus ostreatus*, adaptado de Cruz (2010)

### 1.3.3.2. Composición nutricional

Ardón (2007), recopila información de muchas investigaciones y concluye que las setas contienen todos los **aminoácidos** esenciales que comprenden del 25 al 40 por ciento del total. Las setas de este hongo contienen lisina, leucina, valina y triptófano, con 72.09, 71.57, 51.28 y 19.61 miligramos por gramo de proteína cruda (N×4.38), respectivamente. Contiene **vitaminas** como tiamina (B1), riboflavina (B2), ácido ascórbico, ácido nicotínico, ácido pantoténico; ácido fólico, tocoferol, piridoxina, cobalamina; **provitaminas** como la ergosterina, carotenos; **minerales** como calcio, fósforo, potasio y hierro. En cuanto al contenido de **lípidos** están varían de 3 a 5 por ciento en base seca, predominando un mayor contenido en el píleo. Del total de lípidos, el 70-80% corresponde al ácido linoleico. Los principales **fosfolípidos** de *P. ostreatus* son fosfatidilcolina y fosfatidiletanolamina. Su bajo contenido en grasas y carbohidratos, hacen al *Pleurotus Ostreatus* valioso en la alimentación y contra padecimientos cardiovasculares e hipertensión.

Al respecto Ardón (2007), elabora un resumen de la información recopilada de varios investigadores y la plasma en la Tabla N° 7.

**Tabla 7**

Composición bromatológica del carpóforo de *Pleurotus ostreatus*

Componente	Cardona, 2001	Cisterna, 2002	Rodríguez et al., 2005	Promedio
Agua	87-93%	88-91%	90%	89.83%
Proteína	24.64-30.40	14.40-19.90	15.70-30.0	22.51
Grasas	3.1-9.25	0.8-2.0	1.5-5.0	3.61
Carbohidratos	26.33-30.46	51.6-62	50-57	46.00
Minerales	7.66-8.79	0.83-13.3	7.90-8.0	7.75
Fibra	32.14-36.81	13.70-15.60	8.5-14	20.13
Calorías	345	300	150-350	298.33

*Referencia:* A excepción de las calorías que están expresadas en kilocalorías por cien gramos de peso seco del hongo, los restantes componentes corresponden a gramos por cien gramos de hongo seco, tomada de Ardón (2007).

### 1.3.3.3. Propiedades medicinales

Leben (2004), indica que *Pleurotus ostreatus* contiene cantidades importantes de polisacáridos de estructura molecular compleja, a los cuales se les ha encontrado una importante capacidad antitumoral ya que son capaces de retardar y disminuir el tamaño de algunos tipos de tumores. También poseen sustancias con propiedades antioxidantes, por lo que pueden constituir una fuente potencial de bio-antioxidantes. Por otro lado, en los cuerpos fructíferos del *Pleurotus ostreatus*, se ha encontrado en forma natural una sustancia llamada Lovastatin o Lovastatina que baja el colesterol y los triglicéridos. La disminución del contenido de colesterol en el plasma sanguíneo por si solo tiende a hacer que la presión arterial disminuya, se sabe también que una dieta rica en potasio puede ayudar a disminuir la hipertensión arterial

### 1.3.3.4. Otras propiedades de *Pleurotus ostreatus*

Además de las propiedades medicinales y el valor nutritivo de *Pleurotus* spp., al igual que otras especies relacionadas es un potente biodegradador y detoxificador; convierte los residuos orgánicos poco digeribles y no comestibles en alimentos para animales y humanos de buena calidad y palatabilidad, y se considera que su eficiencia en la producción de proteína por unidad de área y por unidad de tiempo es mayor que las fuentes de proteína animal (Sánchez y Royse, 2002).

Gran parte de la pulpa de café puede dejar de convertirse en un contaminante en las zonas cafetaleras, aunque la pulpa de café fresca contiene polifenoles, lignina, potasio, cafeína y taninos que limitan su uso como alimento animal, después de su empleo en la producción de *P. ostreatus* se hace más digestible y aumenta su potencial como fuente de alimento para animales y de materia orgánica para acondicionar suelos.

### 1.3.3.5. Sistemas de producción

La habilidad del *Pleurotus ostreatus* para crecer en una amplia variedad de sustratos lignocelulósicos residuales y en un amplio rango de temperaturas, hacen que su cultivo sea el más sencillo de todos los hongos cultivados comercialmente (Sánchez y Royse, 2002). Sin embargo, tales medios deben contener las sustancias nutritivas necesarias y sobre todo, reunir condiciones de asepsia que en otros casos resulta laborioso y costoso, tal como ocurre en la preparación del sustrato para el cultivo del champiñón.

El cultivo de *Pleurotus ostreatus* puede llevarse a cabo ya sea a escala artesanal o industrial. La diferencia entre uno y otro estriba en el nivel de producción, el capital invertido, la complejidad de la organización de la empresa y sobre todo la productividad del sistema de producción.

Para el caso del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en condiciones artesanales, el ingenio del cultivador será necesario para emprender el proyecto, acondicionar instalaciones y resolver las situaciones del cultivo. La experiencia será la base del mejoramiento del proceso de producción, esa es la aventura y la motivación que conlleva a la superación. (López, 1995, citado en Ardón, 2007).

Ardón (2007), menciona que el cultivo de hongos de manera artesanal, a bajo costo (por sus características de austeridad) por lo general ejerce poco control sobre las condiciones del ambiente (temperatura, humedad, ventilación, iluminación, etc.). Entre más factores del medio se puedan controlar, más costos se tendrán que incorporar a la inversión para el cultivo. Los cultivos son más estables y más productivos cuando el lugar de cultivo posee aire acondicionado. Sin embargo, las condiciones de cultivo caseras son baratas, dependientes de las condiciones del ambiente natural y son productivas a bajo nivel, suficiente para autoconsumo y comercialización del excedente.

## II. TECNOLOGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE HONGO OSTRA

### *Pleurotus ostreatus*

#### 2.1. CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE SUSTRATO

La selección del material lignocelulósico a utilizar para el cultivo del hongo ostra debe hacerse en función al lugar geográfico en el que se pretende producir, la disponibilidad del mismo, los costos de su transportación y el tratamiento para obtener medios selectivos que permitan el crecimiento rápido y seguro del hongo. Un sustrato selectivo es aquel que satisface las demandas nutricionales de un tipo de hongo específico y no satisface las de otros. Para el caso de *Pleurotus ostreatus*, la paja de gramíneas y la pulpa de café constituyen ejemplos de lo anterior (Ardón, 2007). El desarrollo de *Pleurotus ostreatus* es afectado por varios factores. A continuación se comentan los más importantes:

##### a) La humedad en el sustrato

Sánchez y Royse (2002), indica que el contenido de humedad influye directamente sobre el desarrollo del hongo ostra porque afecta la disponibilidad de nutrientes. Así, los contenidos de humedad inferiores al 50% no serán propicios y una humedad superior al 80% tendrá un efecto negativo en el crecimiento por la escasez de oxígeno. Cada sustrato tiene una capacidad de retención de agua diferente, pero lo ideal en el cultivo es que posean alta capacidad de almacenamiento y retención de humedad.

##### a) El pH

El pH del sustrato donde crece un hongo tiene una influencia directa sobre éste, porque influye directamente sobre las proteínas de la membrana. Para el crecimiento de *Pleurotus* se han citado rangos de crecimiento entre 4 y 7

de pH. Con un óptimo entre 5 y 6. Así, Zadrazil (citado en Sánchez y Royse, 2002) asegura que los sustratos ácidos (pH 4) inhiben el desarrollo de *P. ostreatus*.

#### **b) La temperatura**

Sánchez y Royse (2002), asegura que la temperatura afecta el metabolismo de las células. Influye tanto en la capacidad enzimática del organismo, como en la fluidez de los lípidos de la membrana celular. Es posible que un hongo tenga una temperatura óptima de germinación y que ésta sea diferente de su temperatura óptima de crecimiento micelial o de su temperatura óptima de fructificación. Zadrazil (citado en Sánchez y Royse, 2002) reportó que *P. ostreatus* crece en un rango entre 0 y 32° C con temperaturas óptimas de 26-28° C.

#### **c) Carbono**

El carbono es necesario para los hongos porque es la fuente directa de energía para su metabolismo; así mismo, es necesario para la formación de las diferentes partes y estructuras celulares. Dada la importancia que tiene para la vida de la célula, este elemento es el que requiere en mayores cantidades. El carbono puede ser utilizado por el hongo a partir de diferentes fuentes como polímeros, carbohidratos, lípidos, etc. (Zadrazil, 1974, citado en Sánchez y Royse, 2002)

#### **d) Nitrógeno**

Sánchez y Royse (2002), aseguran que los sustratos sobre los que suelen fructificar las especies de *Pleurotus* pueden contener valores bajos de nitrógeno por lo que se ha llegado a pensar que este género es capaz de fijar nitrógeno atmosférico. Sin que esto haya sido demostrado, sí es notorio que



la concentración en nitrógeno en el cuerpo fructífero en algunos casos es mayor que la del sustrato sobre el cual crece.

#### **e) Relación C/N**

Rodríguez y Jaramillo (2005), aseguran que durante el cultivo de las especies de *Pleurotus*, los complejos lignocelulósicos, son descompuestos por el micelio del hongo. En este proceso el CO<sub>2</sub> libre es expulsado y la relación C/N disminuye. Sánchez y Royse (2002), indica que la relación C/N óptima del sustrato depende de la fase en la que se encuentra el hongo, altas relaciones C/N favorecen el crecimiento micelial y bajas relaciones favorecen el desarrollo de cuerpos fructíferos. La relación óptima debe ser 30:46.

#### **f) La humedad del aire**

Sánchez y Royse (2002), sostienen que la humedad del aire es un factor de suma importancia para la adecuada fructificación de *Pleurotus ostreatus*. Dado que los cuerpos fructíferos están formados por un alto contenido de agua y su estructura hifal no les permite retener la humedad en condiciones adversas, un balance adecuado entre la humedad ambiental y el contenido de humedad del hongo es necesario. Block (citado en Sánchez y Royse, 2002) indica que la humedad óptima para la fructificación de *P. ostreatus* es de 85%.

#### **g) Aireación y luz**

El oxígeno es un elemento de importancia para el crecimiento de los basidiomicetos. Se ha notado que la concentración alta en CO<sub>2</sub> estimula la germinación de las esporas y el crecimiento micelial pero inhibe la fructificación de *Pleurotus ostreatus*. Por otro lado la oscuridad es necesaria para su crecimiento micelial, pero no puede fructificar en oscuridad continua.

Para poder hacerlo requiere ser expuesto a longitudes de onda inferiores a 600 nm, sin embargo la sensibilidad tanto de la cantidad como de la calidad de la luz depende de la cepa (Sánchez y Royse, 2002).

## **2.2. PROCESO DE PRODUCCION DE LAS SETAS**

### **2.2.1. Aislamiento y mantenimiento de cepas**

Etapa importante del proceso, Lo ideal es contar con un laboratorio equipado, aislado de los insectos, que sea posible desinfectar y de acceso restringido. En muchos casos laboratorios o instituciones productoras de cepas y semilla satisfacen las necesidades de los pequeños cultivadores de setas. Esto es recomendable, porque los proveedores, en la medida de que se han especializado en producir semilla certificada, garantizan el suministro de inóculo que reúne los parámetros de calidad requeridos. Usualmente los productores a gran escala producen su propia semilla, pero en el caso de quienes operan a niveles productivos de baja escala, la preparación de la semilla puede hacerse en su propia casa (Ardón, 2007).

#### **2.2.1.1. Medios de cultivo**

Los medios de cultivo son generalmente vendidos en diferentes presentaciones, sin embargo es posible prepararlos (Gaitán et al., 2006)

##### **a) Agar con dextrosa y papa**

Procedimiento: Pelar y poner a hervir la papa en 500 ml de agua destilada o purificada durante 10-15 min. El extracto se filtra y se adiciona más agua hasta ajustar 1000 ml para reponer lo que se evaporó. Se agrega los otros ingredientes y se calienta a fuego lento moviendo constantemente durante 1-2 min hasta que queden totalmente disueltos.

### **b) Agar con extracto de trigo, paja y malta**

Procedimiento: Hervir el trigo en un litro de agua, dejando consumir el líquido hasta aproximadamente 500 ml, esto mismo se hace con la paja. Se filtran ambos extractos y se mezclan en un recipiente, se agrega los demás ingredientes y se le adiciona agua hasta ajustar un litro, esta suspensión se calienta hasta disolver todos los ingredientes.

Una vez que cualquiera de los medios anteriores es diluido, el matraz se tapa con papel aluminio y se esteriliza a 15 lb de presión por 15 min en ollas de presión o autoclaves. En condiciones de asepsia (en cámara de flujo laminar o con ayuda de mecheros), el medio de cultivo tibio se vierte en cajas de Petri estériles de vidrio o desechables y se deja solidificar.

### **2.2.1.2. Obtención de cepas**

Al micelio de un hongo (forma algodonosa) que se desarrolla sobre un medio de cultivo nutritivo se le llama cepa. Su aislamiento se puede realizar por medio de tejido (fragmento del hongo) o por medio de esporas (Gaitán *et al.*, 2006).

#### **a) Aislamiento por medio de tejido**

El aislamiento por medio de tejido es una de las formas más simples de obtener un cultivo micelial. Un tejido cultivado es esencialmente un clon del hongo. Un clon se define como un duplicado idéntico de un organismo. (Sánchez y Royse, 2002)

Gaitán *et al.* (2006), indican que para el aislamiento necesitamos un ambiente de absoluta asepsia, incluyendo los materiales previamente esterilizados, se coloca el hongo, el cual deberá estar en buen estado y libre de tierra y/o insectos. El hongo se corta longitudinalmente con una navaja;

con la ayuda de unas pinzas estériles y frías, se toman fragmentos del micelio o carne del hongo y se colocan en cajas de Petri con medio de cultivo. Las cajas con los aislamientos se incuban entre 25-28°C, de preferencia en la oscuridad o penumbra; 2 ó 3 días después, se observará crecimiento micelial en forma algodonosa sobre la superficie del medio. El color será blanco o blanco amarillento, lo que indicará que el aislamiento se realizó correctamente. Se deben seleccionar los cultivos con mejor apariencia y transferirse a nuevas cajas con medio de cultivo.

#### **b) Aislamiento por medio de esporas**

Para llevar a cabo este aislamiento, se deberá contar con una esporada del hongo. La esporada se obtiene colocando el sombrero del hongo con las láminas hacia abajo sobre papel estéril. Después de 5 horas se retira el hongo del papel, quedando éste impreso con las esporas en forma de una huella radial; con una navaja o tijeras estériles se corta un pequeño fragmento y se sumerge en 100 ml de agua destilada estéril fría. Se toman 0.5 ml de la dilución y se colocan en cajas de Petri con medio de cultivo. Las cajas se incuban en las mismas condiciones mencionadas para el aislamiento por tejido hasta 8 días, (Gaitán *et al.*, 2006).

Sánchez y Royse (2002), mencionan que los cultivos que se originan de esporas son desconfiables e impredecibles ya que las esporas cuando germinan resultan en muchas combinaciones genéticas diferentes. Estas combinaciones son deseables cuando se trata de desarrollar una nueva cepa, pero indeseables cuando se trata de mantener una cepa específica.

#### **2.2.2. Preparación de la semilla**

Sánchez y Royse (2002), aseguran que los recipientes utilizados para la preparación de la semilla pueden variar. Se usan frascos de vidrio y bolsas de

polipropileno o polipapel. La capacidad del frasco puede variar de ½, 1, 2, 4 y hasta 10 litros y para bolsas de 300 g a 1 kilogramo.

En cuanto a la elección de los granos o semillas, Gaitán *et al.* (2006), indica que para la producción de inóculo dependerá de su disponibilidad, bajo costo y calidad, recomendando emplear semillas de trigo, sorgo, centeno, cebada, avena, mijo y arroz.

La semilla previamente se limpia, lava e hidrata por inmersión en agua de 8-12 hrs. Transcurrido el tiempo de hidratación, los granos se enjuagan y se escurre el exceso de agua con la ayuda de un cernidor, pasando un lienzo seco sobre la semilla hasta que al momento de tomar una porción con la mano ésta no quede húmeda. La cantidad de agua que absorbe la semilla es de aproximadamente 25-30 % (Gaitán *et al.*, 2006). Una vez que los granos tienen la humedad adecuada, Sánchez y Royse (2002), recomiendan colocar las semillas en botellas o bolsas a ¾ de su capacidad y una vez que los frascos o bolsas están llenas se cierran y llevan a esterilizar en una autoclave u olla de presión. Ardón (2007), indica que la esterilización debe hacerse a 121° C con 15 libras/pulg<sup>2</sup> (psi). El tiempo de esterilización dependerá del tamaño del recipiente dentro de la olla. Para frascos de 0.5 -1 litro 15 minutos de esterilización a 15 psi son suficientes. Los recipientes mayores (5-10 litros) pueden requerir hasta 2 horas de esterilización. Luego los recipientes se enfrían en un área aislada y limpia, de preferencia en una superficie desinfectada. Las muestras así preparadas, servirán para hacer el inóculo primario y el secundario.

**El inóculo primario** se elabora a partir del micelio desarrollado en medio de cultivo. Gaitán *et al.* (2006), explica que el micelio se corta con una navaja o bisturí flameado o desinfectado con alcohol, en fragmentos de aproximadamente 1 cm y con una aguja de disección se toma uno de éstos y se coloca sobre la semilla, si el recipiente es una bolsa se le deja un poco de aire y se le hace un pequeño nudo en la parte superior y si es un frasco se cubre la boca con papel

de aluminio y se asegura con un nudo. Sánchez y Royse (2002), recomiendan incubar a temperatura ambiente sin moverlos por cierto periodo de tiempo, los granos sin agitar pueden ser totalmente colonizados por el micelio en 2-4 semanas después de la inoculación y a partir de entonces estarán listos, ya sea para ser inoculados en un secundario o para ser sembrados en el sustrato definitivo.

**El inóculo secundario** es la propagación del micelio en semillas a partir del inóculo primario, es decir, es la multiplicación del micelio para disponer de una mayor cantidad para su siembra en el sustrato elegido para la producción de hongos. El crecimiento micelial será definitivamente más rápido en grano secundario que en el primario, porque el micelio se habrá adaptado al medio después de haber crecido sobre el primario que se usó como inóculo. Gaitán *et al.* (2006), indica que el proceso se realiza vaciando un poco de inóculo primario a los nuevos recipientes con semilla estéril, se agita homogéneamente y se incuban en las mismas condiciones mencionadas para el inóculo primario. Si el inóculo no se emplea inmediatamente puede ser almacenado de preferencia en oscuridad y refrigeración a 5°C hasta por tres meses, aunque lo recomendable es utilizarlo a la semana de estar en refrigeración.

### 2.2.3. Tratamiento del sustrato

La pulpa de café fresca es un sustrato al que es recomendable aplicarle una fermentación aerobia, para proporcionarle una microflora capaz de proteger al micelio del hongo seta de otros microorganismos competidores (Gaitán *et al.*, 2006). Al respecto Sánchez y Royse (2002), mencionan que el proceso de fermentación reduce sensiblemente el volumen de la pulpa de café y la transforma en un material física y químicamente homogéneo, con muy buena estructura y consistencia. A través de la actividad microbiana, además, la

relación carbono/nitrógeno se convierte en adecuada para el desarrollo de *Pleurotus* spp. y la probabilidad de contaminaciones queda reducida.

La pasteurización es necesaria para combatir hongos dañinos como *Trichoderma* spp., *Mucor* spp. Y *Penicillium* spp.: insectos como los dípteros; ácaros y nematodos (Campos, 1986). Pero también sirve para extraer compuestos tóxicos como la cafeína y polifenoles presentes en la pulpa de café; generalmente los porcentajes de estos compuestos son altos, aunque puede variar.

#### **2.2.3.1. Etapas**

##### **a) Lavado:**

Consiste en drenar la pulpa de café fresca por un tiempo de 4 a 8 horas para su posterior fermentación.

##### **b) Fermentación:**

Se apila la pulpa de café en montones piramidales de 1 a 1.2 metros de altura, cubriéndola con un plástico para favorecer la fermentación y evitar la deshidratación. El contenido de humedad de la pulpa debe ser del 60 - 80% (Un contenido mayor al 80% produce compactación y consecuentemente fermentación anaerobia, un contenido menor al 60% conduce a una interrupción del proceso fermentativo en sus primeras etapas). Con la humedad optima el montón alcanza temperaturas entre 50-60°C a los dos días de comenzar el proceso. (Sánchez y Royse, 2002)

La pulpa de café debe removerse al segundo o tercer día, dependiendo de las condiciones ambientales, para favorecer una fermentación aerobia; la fermentación anaerobia debe evitarse, ya que es menos eficiente que la aerobia y los microorganismos anaerobios consumen mayores cantidades de azúcares y como resultado dan cantidades altas de metabolitos secundarios, los cuales pueden ser tóxicos para *Pleurotus ostreatus*. Durante la

fermentación, el pH evoluciona desde un valor inicial de 6.0 hacia unas cifras finales ligeramente alcalinas (7.5). La fermentación dura aproximadamente 5 días, tiempo que se considera adecuada para que el sustrato adquiera estructura y consistente adecuada para el crecimiento del hongo (Sánchez y Royse, 2002)

Álvarez y Reyes (2012), recomiendan que cuando no se use la pulpa inmediatamente, ésta puede ser **deshidratada** al sol después de sacarla del pulpero (hasta un 8 por ciento de humedad), hasta que se observe un secado uniforme de toda la pulpa. Se puede almacenar en bolsas de nylon hasta por un año. Cuando se va a utilizar solo se tiene que hidratar nuevamente. La **Hidratación** consiste en que aumente la cantidad de humedad (de 75 a 80 %), la cual es necesaria para el desarrollo del micelio del hongo. Esto se obtiene sumergiendo al sustrato en agua durante 12 horas. Para hidratar pulpa de café seca, se sumerge en agua durante 2 a 3 hrs.

#### c) Pasteurización

Es la técnica común de tratamiento del sustrato para el cultivo de *Pleurotus*, y su propósito es preparar a dicho sustrato para un eficaz desarrollo del hongo. Gaitán *et al.* (2006), menciona que el método se puede aplicar de dos formas distintas:

- a) Pasteurización por inmersión en agua caliente. El sustrato se sumerge en agua caliente (75-80°C) durante 45 – 60 min.
- b) Pasteurización con vapor. Se recomienda que la temperatura alcance entre 70-80°C y que el sustrato se mantenga de 2 a 4 hrs. en esa condición.

Campos (1986), recomienda prensar la pulpa de café con la ayuda de una prensa de tornillo sin fin; practicar 5 lavadas con agua a 80 °C y luego se prensará una segunda vez. Así se podrá extraer hasta 92% de cafeína y 55.83% de polifenoles.



Después de la pasteurización, la pulpa se escurre de 30 a 40 minutos, quedando con un porcentaje de humedad del 70 – 75%. Una vez llevada a cabo una buena pasteurización del sustrato, éste estará listo para ser sembrado con la semilla o inóculo previamente preparado.

#### **2.2.4. Siembra de la semilla**

El material más utilizado como contenedor son las bolsas plásticas de polietileno nuevas y transparentes. Se emplea una técnica manual que resulta ser sencilla de aplicar, además permite observar el crecimiento del micelio y detectar de manera oportuna aquellos que presentan contaminantes. Las dimensiones de las bolsas pueden variar pero se recomienda usar de 35x60 cm o de 60x90 cm, con una resistencia de hasta 15 Kg.

Para la siembra del hongo se requiere un área cerrada, limpia, provista de una mesa o superficie con cubierta de fácil lavado, desinfectada con una solución de alcohol comercial de 96° diluido en agua (70:30). En esta mesa se deposita la pulpa previamente pasteurizada y escurrida. La siembra se inicia cuando el sustrato se enfría a la temperatura no mayor de 30°C. En las bolsas se procede a intercalar manualmente capas alternas de sustrato y semilla, tratando de que la mezcla sea uniforme y evitando dejar áreas sin cubrir de semilla, hasta llenar un 85 o 90% de la bolsa (Gaitán *et al.*, 2006). El sustrato se debe sembrar con el 3 % de semilla de *P. ostreatus*, Se recomienda de 150 a 250 g de semilla para sembrar 5 Kg (peso húmedo) de pulpa de café.

#### **2.2.5. Incubación**

Las bolsas se colocan sobre estantes metálicos en un cuarto limpio, de preferencia oscuro y de fácil limpieza, con paredes de preferencia lavables, con temperatura ambiental entre 25 a 28°C y humedad relativa entre 75 y 80%. Se

pueden utilizar varios sistemas para colocar las muestras en producción, como bolsas en estantes, bolsas colgantes o el uso de estacas, entre otros.

Al día siguiente de la siembra, a las muestras se les hacen pequeñas perforaciones con un objeto punzocortante limpio, para favorecer la oxigenación del hongo. Dentro de los siguientes tres días, las bolsas se revisan diariamente con la finalidad de detectar la recuperación del micelio, lo cual se observará como una masa blanquecina creciendo alrededor del grano. Las bolsas deberán mantenerse en el área de incubación hasta que el micelio cubra todo el sustrato, lo que sucederá en aproximadamente 2 ó 3 semanas. Durante este tiempo se deben de hacer revisiones periódicas de las muestras, para detectar cualquier posible contaminación por bacterias, otros hongos, mosquitas, catarinas u otros insectos (Gaitán *et al.*, 2006).

#### **2.2.6. Fructificación**

Rodríguez y Jaramillo (2005), sostienen que la etapa de fructificación puede llevarse a cabo en el mismo cuarto donde se realizó la incubación, cuando el micelio haya invadido todo el sustrato, siempre y cuando se disponga en éste de los elementos necesarios para suministrar las condiciones de ventilación, temperatura, humedad y luz que requieren los primordios para su desarrollo.

Se recomienda que las bolsas permanezcan cerradas hasta que un 5% de estas comiencen con la aparición de los primordios, entonces es el momento de quitar todas las bolsas al cultivo y horas después comenzar con los riegos para regular la humedad.

Ardón (2007), menciona que para inducir la formación de primordios se requiere una temperatura de 18-26° C, humedad relativa de 85-95% y ventilación continua para que la circulación de aire fresco favorezca el descenso de la temperatura y la concentración de CO<sub>2</sub> ambiental. Recomienda también que la iluminación deba modificarse de oscuridad a 8-12 horas de iluminación por día y

así dos o tres días después de la inducción, se forman pequeñas protuberancias aglomeradas llamadas primordios.

### 2.2.7. Cosecha

De acuerdo con Ardón (2007), los primordios requieren en promedio una semana para llegar a ser hongos adultos, posteriormente habrá un tiempo de receso de una a dos semanas para que se produzca la siguiente cosecha.

La cosecha se realiza cuando los hongos están perfectamente formados dando un aspecto de orejas y/o sombreros con diámetros que varían de 3 hasta 10 cm. Así la cosecha se debe de realizar en el momento preciso para evitar que los hongos se deshidraten rápidamente o se pudran y pierdan las características deseadas.

El color de los hongos 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. Para la cosecha se recomienda usar una navaja limpia y cortar el pie del hongo lo más cerca posible de la superficie del sustrato y evitar dañar tanto al sustrato como al hongo. (Gaitán *et al.*, 2006).

Rodríguez y Jaramillo (2005), brindan información de estudios realizados por CENICAFE, donde mencionan que la cosecha de *Pleurotus spp.* dura aproximadamente 45 días para *P. pulmonarius* repartidas en dos cosechas separadas 14 días, y para *P. ostreatus* y *P. Sajor-Caju* es de 50-60 días repartidas en 3 cosechas cada 10 días. Las cosechas más importantes son las dos primeras, ya que es donde se producen la mayor cantidad de fructificaciones (alrededor del 80 por ciento).

### 2.2.8. Eficiencia Biológica y rendimiento

La producción de los hongos se valora en kilogramos por sustrato, mediante la fórmula de dividir el peso fresco de los hongos cosechados entre el peso seco de la pulpa, lo que se le llama Eficiencia Biológica (EB) y se expresa en porcentaje. En la producción de *Pleurotus ostreatus* una eficiencia adecuada debe de ser de alrededor o más del 100 % siguiendo el método generalmente usado en las evaluaciones de cultivo de los hongos. García (2008), indica que la eficiencia biológica debe alcanzar valores como mínimo del 40%, lo cual determina que sea factible económicamente el proceso.

**El Rendimiento** se obtiene de dividir el peso fresco de los hongos cosechados entre el peso **húmedo** de la pulpa. Según establece esta tecnología, una producción aceptable obtiene rendimiento superior al 10 %. **La Tasa de producción** se define como la relación entre **EB y el** tiempo de producción requerido desde la siembra hasta el último corte, expresado en porcentaje

En la Tabla N° 8 se puede observar algunas investigaciones realizadas por diferentes autores, donde el Rendimiento de producción de *Pleurotus ostreatus* es mayor al 10% y la Eficiencia Biológica es mayor a 100% en todos los casos, estos son indicadores de que la producción es factible económicamente.

**Tabla 8**

Rendimientos de *Pleurotus ostreatus* sobre pulpa de café arábica

Días de producción	Rendimientos %	Eficiencia Biológica %	Tasa de producción %	Investigador
60	58,7±9,7	204,4±33,9	3,41±0,60	García, N. (2006)
50-55	51.3	205.2	3.73	García, N., et al. (2008)
50	42	168.5	2.7	García, N., et al. (2011)
65-70	31	109.3	1.54	Romero et al.(2013)

Se reflejan valores promedios de tres réplicas ± desviación estándar

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.9. Parámetros de calidad y empaque

Ardón (2007), asegura que la calidad de los carpóforos de *Pleurotus ostreatus*, radica básicamente en hacer la cosecha a tiempo y mantener control en la iluminación y ventilación para evitar estípites largos. Señala que los indicadores para juzgar la calidad de los carpóforos son: Estípite corto, pileo convexo con margen liso (10 cm de diámetro aproximadamente), himenio con lamillas absolutamente blancas, consistencia dura y seco al tacto, sin restos de sustrato, daños mecánicos o provocados por insectos. Los carpóforos con características de calidad disminuida; presentan aspecto blando, traslúcidos y amarillentos. En cuanto al tamaño tanto grandes como pequeños son igualmente aceptables.

Gaitán *et al.* (2006), sostienen que una vez cosechados los hongos se pueden consumir, comercializar en fresco o almacenar, pero si el objetivo es la comercialización en fresco, ésta debe realizarse inmediatamente después de la cosecha, poniendo especial atención en el empaque: elegir un método que evite el maltrato ya que este disminuye la calidad y con ello el costo.

Rodríguez y Jaramillo (2005), recomiendan que para prolongar la vida de los hongos para su comercialización pueden refrigerarse entre 1 y 4°C usando bandejas de icopor cubiertas con plástico cristaflex, conservándose hasta 10 días. Si deseamos conservarlo por más tiempo pueden secarse al sol durante 2 o 3 días o usando aire caliente a una temperatura de 38-43 °C, la humedad final no debe ser menor del 4%. Por último otro método de conservación es poner los hongos en conserva (salmuera, vinagre, etc.).

## CONCLUSIONES

1. La pulpa de café cuenta en su composición con elementos esenciales para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* como son lignina, hemicelulosa y celulosa que la hacen adecuada para usarla como sustrato previo tratamiento.
2. Las etapas de producción del Hongo *P. Ostreatus* son: Obtención de cepas y producción de semilla, tratamiento del sustrato, inoculación de la semilla, incubación, fructificación, cosecha y control de calidad. El producto que se obtiene del proceso es un excelente alimento para las personas tanto por sus propiedades nutricionales como medicinales.
3. El Aprovechamiento de la pulpa de café como sustrato para la producción de hongos comestibles permite disminuir la contaminación de las fuentes de agua y suelos en las zonas cafetaleras del Perú, mejorando además las condiciones de vida de sus pobladores.

## RECOMENDACIONES

1. En las zonas cafetaleras del Perú la pulpa de café fresca solo está disponible en promedio 5 meses al año, que va generalmente desde el mes de marzo hasta julio, época en la cual el café cosechado se beneficia (beneficio húmedo), Por lo que la pulpa debe ser sometida a un proceso de secado sin que pierda sus propiedades fisicoquímicas y así poderla utilizar durante todo el año para llevar a cabo el cultivo del hongo.
2. Cuando se utilice pulpa de café fresca, en el proceso de pasteurización en agua, no dejar que la temperatura suba a más de 80°C para evitar el deterioro de nutrientes y por un tiempo máximo de 60 minutos. Recuerde que la humedad de la pulpa para siembra debe ser de 70 a 75% recomendable.
3. Para la producción de Hongos comestibles a pequeña escala es necesario adquirir semillas, en las cuales el *P. ostreatus* ya está acondicionado y listo para ser inoculado a la pulpa de café previo tratamiento. En el Perú existen proveedores de cepas y semillas de hongos de diferentes especies.
4. Para evitar el ingreso de insectos voladores al área de producción se debe cubrir todas las posibles entradas de éstos; es recomendable colocar trampas con pegamento especial o miel de abeja para capturar los mosquitos o moscas que ingresan.
5. Se recomienda alrededor de 60 días de producción del hongo ya que si transcurre mucho más tiempo los carpóforos pueden presentar un sabor amargo leve al ser consumidos. Además debemos aprovechar la producción hasta la tercera cosecha, ya que aproximadamente el 80 % de la producción se puede obtener durante las dos primeras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, A., & Reyes, A. (2012). *CULTIVO DE HONGOS COMESTIBLES (Pleurotus spp.)*. Recuperado el 04 de marzo de 2015, de [http://autonomiaautogestion.unach.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=91&Itemid=146](http://autonomiaautogestion.unach.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=91&Itemid=146)
- Ardón, C. (2007). *La producción de hongos comestibles (Tesis de maestría)*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2014, de [http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/2043/07\\_1932](http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/2043/07_1932)
- Baek, S. (2005). *Cultivo del Hongo Ostra, Manual del cultivador de Hongos*, Capítulo I. Recuperado el 02 de Enero de 2016, de <http://www.hongoscomestibles-latinoamerica.com/P/P/oyster%20bien/capitulo%201%20pag%2001-04.pdf>
- Bermúdez, R., Pérez, R., García, R., Verdecia, M., & Marañom, A. (2001). *Biodegradación de la pulpa de café Coffea arabica L. y Coffea canephora var. Robusta por Pleurotus ostreatus var. Florida*. Universidad de Oriente, Cuba.
- Boa, E. (2004). *Los HSC una visión global de su uso e importancia para las personas (FAO)*. Recuperado el 14 de Mayo de 2015, de Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): <http://www.fao.org/docrep/007/y5489e/y5489e00.htm#TopOfPage>
- Bressani, R; Braham, J; Flores, A; Jarquín, R; Murillo, B; Molina, M; Brenes, R. (1978). *Pulpa de Café: Composición, nutrición y utilización*. Bogotá, Colombia: International Development Research.
- Campos, M. (1986). *Producción de hongos comestibles empleando pulpa de café (Tesis de pregrado)*. Recuperado el 05 de Noviembre de 2014, de [www.biodiversitylibrary.org/part/135600](http://www.biodiversitylibrary.org/part/135600)
- Cleves, R. (1995). *Tecnología en beneficiado de café*. San José, Costa Rica: Cleves.
- Cruz, D., López, E., & Pacual, L. (2010). *Guía técnica de producción de hongos comestibles de la especie Pleurotus ostreatus*. Recuperado el 02 de Enero de 2016, de [www.iao.florence.it/ojs/index.php/JAEID/article/download/16/16](http://www.iao.florence.it/ojs/index.php/JAEID/article/download/16/16)



- Federecafé. (2013). *Manual del cafetero colombiano* (Vol. Tomo 3). Bogotá, Colombia: CENICAFE.
- Gaitán, R., Salmones, D., Pérez, R., & Mata, G. (2006). *Manual práctico del cultivo de setas, Aislamiento, siembra y producción*. Instituto de Ecología, Veracruz, Mexico.
- García, N. (2008). *Producción de setas comestibles y enzimas lacasas por fermentación en estado sólido de la pulpa de café con Pleurotus spp.* (Tesis doctoral), Universidad de oriente, Cuba.
- García, N., Bermúdez, R., Gross, P., & Hernández, M. (2006). *Cultivo de cepas de Pleurotus sp. sobre pulpa de café*. Recuperado el 05 de Mayo de 2015, de [www.redalyc.org/toc.oa?id=883&numero=7134](http://www.redalyc.org/toc.oa?id=883&numero=7134)
- García, N., Bermúdez, R., Rodríguez, S., Aguilera, I., & Kourouma, A. (2010). *Potencial biotecnológico de la pulpa de café para producir enzimas ligninolíticas por fes*. Recuperado el 01 de junio de 2015, de [www.redalyc.org/articulo.oa?id=445543770012](http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445543770012)
- García, S. (2009). *Mitigación del impacto ambiental que generan los residuales sólidos del beneficio de café a partir de la producción de abono orgánico*. Recuperado el 01 de mayo de 2015, de [www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar09/HTML/articulo05.htm](http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar09/HTML/articulo05.htm)
- Grupo Micológico del Alto Aragón. (s.f.). *Iniciación a la micología*. Recuperado el 21 de febrero de 2016, de <http://cestadesetas.com/setas/iniciacion-a-la-micologia/>
- kerchak.com. (s.f.). *Hongos*. Recuperado el 20 de febrero de 2016, de <http://kerchak.com/hongos/>
- Leben, R. (2004). *Propiedades medicinales y nutrimentales de los hongos comestibles*. Recuperado el 05 de octubre de 2015, de <http://www.leben.com.mx/?p=38>
- Marshall, E. (2009). *Make money by growing mushrooms*. Recuperado el 14 de diciembre de 2015, de Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): <http://www.fao.org/3/a-i0522e.pdf>
- Martínez, D., Aguilar, A., Martínez, W., Bonilla, M., Morales, P., & Sobal, M. (200). *Commercial production and marketing of edible mushrooms*

- cultivated on coffee pulp in Mexico*. Recuperado el 30 de abril de 2015, de [www.hongoscomestibles-latinoamerica.com/P/P/19.pdf](http://www.hongoscomestibles-latinoamerica.com/P/P/19.pdf)
- Prado, L. (2011). *La pulpa de café, un residuo fuente de antioxidantes polifenólicos*. Recuperado el 14 de Mayo de 2014, de [www.posgradoeinvestigacion.uadec.mx/CienciaCierta/CC25/1pulpa.html](http://www.posgradoeinvestigacion.uadec.mx/CienciaCierta/CC25/1pulpa.html)
- Pucheta, M., Flores, A., Rodríguez, S., & De la Torre, M. (2006). *Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos*. Recuperado el 05 de junio de 2015, de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442006001200006](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006001200006)
- Rathinavelu, R., & Graziosi, G. (2005). *Posibles usos alternativos de los residuos y subproductos del café*. Recuperado el 15 de diciembre de 2015, de [www.ico.org/documents/ed1967c.pdf](http://www.ico.org/documents/ed1967c.pdf)
- Rodríguez, N., & Jaramillo, C. (2005). *Cultivo de hongos comestibles del género Pleurotus sobre residuos agrícolas de la zona cafetera*. Recuperado el 05 de junio de 2015, de CENICAFÉ: <http://www.cenicafe.org/es/publications/bot027.pdf>
- Romero, O., Hernández, I., Conrado, L., Márquez, M., & Amaro, J. (2013). *Evaluation of bagasse of coffee (Coffea arabica) as substrate in the production of Pleurotus ostreatus*. Recuperado el 15 de diciembre de 2015, de [www.redalyc.org/pdf/141/14127709008.pdf](http://www.redalyc.org/pdf/141/14127709008.pdf)
- Sánchez, J., & Royse, D. (2002). *La biología y el cultivo de Pleurotus spp.* Colegio de la Frontera Sur, Chiapas, México: Limusa.
- Sierra, J., López, T., & Eiroa, J. (2002). *Lo que usted debe saber de Setas cultivadas*. (S. M. "SAN JORGE", Ed.) Recuperado el 05 de mayo de 2015, de <http://www.saber.es/web/biblioteca/libros/setas-cultivadas/setas-cultivadas.pdf>
- Silva, R., Fritz, C., Cubillos, J., & Díaz, M. (2010). *Manual para la producción de hongos comestibles (shiitake)*. Recuperado el 20 de enero de 2015, de <http://www.volveralatierra.com.ar/fotos/downloads/2011/11/Manual-produccion-hongos-comestibles-shitake.pdf>
- SUNAT. (2016). *Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria*. Recuperado el 02 de enero de 2016, de <http://www.aduanet.gob.pe/aduanas/informae/aepartmen.htm>

## ANEXO 1

En la siguiente figura se presenta un resumen del proceso general de producción del hongo seta a partir de la cepa.

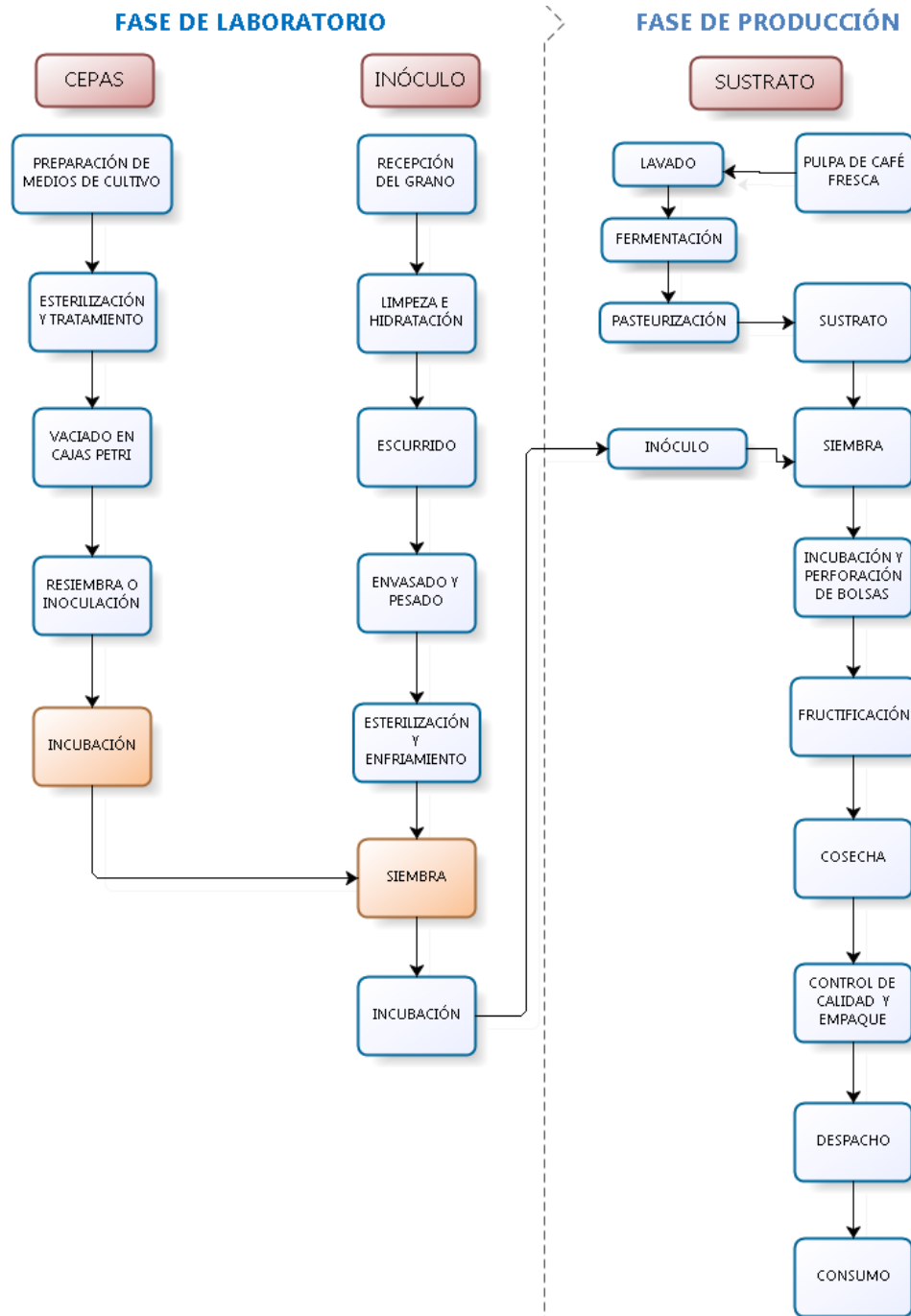


Figura 8. Diagrama de flujo para la producción de *Pleurotus ostreatus*.

## ANEXO 2

### Figuras del proceso de producción del Hongo *P. Ostreatus*

#### Anexo 2.1. Fase de laboratorio



Figura 9. Aislamiento por tejido y crecimiento micelial de las cepas de *P. Ostreatus*, adaptada de Martínez *et al.* (2000)



Figura 10. Lavado y esterilización de los granos de trigo, adaptada de [www.cannabiscafe.net](http://www.cannabiscafe.net)



Figura 11. Inoculación y desarrollo micelial del hongo en granos de trigo, adaptada de [www.gluckspilze.com](http://www.gluckspilze.com)

## Anexo 2.2. Fase de Producción



Figura 12. Preparación de pulpa de café tras una fermentación aeróbica, adaptada de Martínez *et al.* (2000)



Figura 13. Siembra del hongo e incubación, adaptada de [www.imbe.fr](http://www.imbe.fr)



Figura 14. Crecimiento micelial en pulpa y aparición de primeros primordios, adaptada de [www.imbe.fr](http://www.imbe.fr)





Figura 15. Fructificación de *Pleurotus ostreatus*, adaptada de [www.imbe.fr](http://www.imbe.fr)

### Anexo 2.3. Etapa final de la producción



Figura 16. Cosecha de setas, control de calidad y empaque, adaptada de <http://hongosenolote.blogspot.pe/>