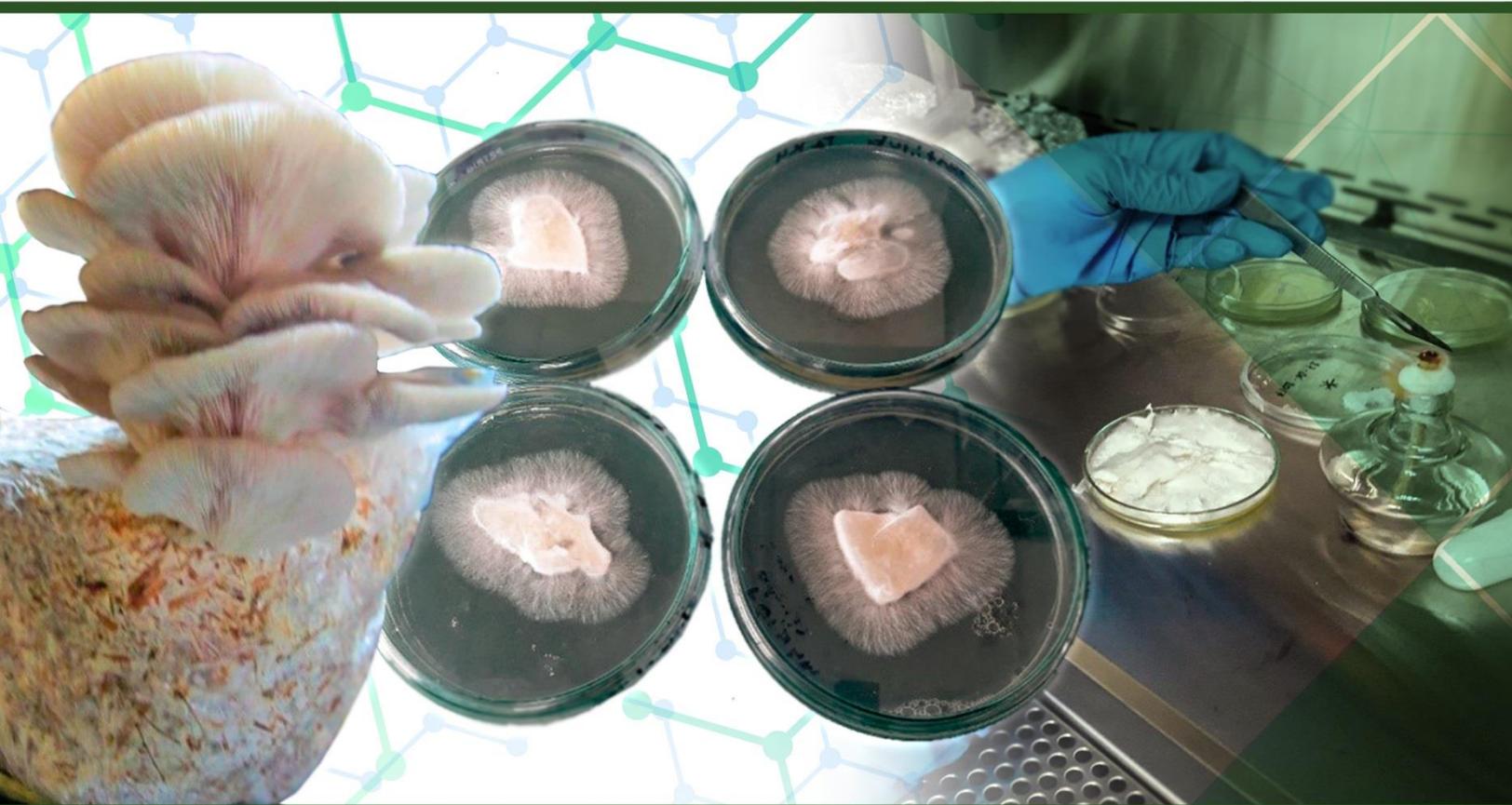


# HONGOS COMESTIBLES Y MEDICINALES



María Bernarda Ruilova Cueva  
Francisco Agustín Galarza Bravo  
Marcos David Oviedo Rodríguez  
Betty Narcisa Mazacón Roca

María Bernarda Ruilova Cueva  
Francisco Agustín Galarza Bravo  
Marcos David Oviedo Rodríguez  
Betty Narcisa Mazacón Roca

Hongos Comestibles y Medicinales



***Autores:***

María Bernarda Ruilova Cueva  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Universidad Técnica de Babahoyo  
mruilova@utb.edu.ec

Marcos David Oviedo Rodríguez  
Facultad de Administración, Finanzas e  
Informática  
Universidad Técnica de Babahoyo  
moviedo@utb.edu.ec

Francisco Agustín Galarza Bravo  
Facultad de Ciencias Jurídicas, Sociales y de  
la Educación  
Universidad Técnica de Babahoyo  
fgalarza@utb.edu.ec

Betty Narcisa Mazacón Roca  
Facultad de Ciencias de la Salud  
Universidad Técnica de Babahoyo  
bmazacon@utb.edu.ec

Primera Edición, septiembre 2020

*Hongos Comestibles y Medicinales*

**ISBN:** 978-9942-8866-3-7 (eBook)

Editado por:

Universidad Técnica de Babahoyo

Avenida Universitaria Km 2.5 Vía a Montalvo

Teléfono: 052 570 368

© Reservados todos los derechos 2020

Babahoyo, Ecuador

[www.utb.edu.ec](http://www.utb.edu.ec)

E-mail: [editorial@utb.edu.ec](mailto:editorial@utb.edu.ec)

Este texto ha sido sometido a un proceso de evaluación por pares externos.

Diseño y diagramación, montaje y producción editorial

Universidad Técnica de Babahoyo

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

*Queda prohibida toda la reproducción de la obra o partes de la misma por cualquier medio, sin la preceptiva autorización previa.*

## PREFACIO

El consumo de hongos como alimento se remonta a antiguas civilizaciones, pero no obstante ha alcanzado un crecimiento vertiginoso en las últimas décadas. La producción de hongos es una alternativa para generar empleo, sobre todo en el sector rural ya que además de utilizar los residuos agrícolas generados de las cosechas que al ser quemados o arrojados a los vertederos contaminan el ambiente, pueden ser aprovechados para su cultivo y convertirse en una nueva actividad agroindustrial para mitigar la pobreza contribuyendo a la seguridad alimentaria de las familias, que ha sido gravemente afectadas por la pandemia del Covid 19.

En este contexto el grupo de investigación, ha considerado acertado editar este libro que recoge experiencias sobre la producción de hongos por productores que se dedican a este tipo de cultivo y exponer las metodologías y resultados del “Proyecto de investigación sobre cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*”, que tuvo como objetivo evaluar la productividad en diferentes residuos agrícolas generados de las cosechas de: maíz, trigo, cebada, frijol, así como el bagazo de la caña de azúcar y cascarilla de arroz, recolectados en la provincia de Bolívar-Ecuador y la cáscara de gandul y el raquis de la palma aceitera recolectados de la provincia de Los Ríos. Su producción no requiere de grandes inversiones, tampoco de mucho espacio y puede cultivarse en pequeñas construcciones de cemento o en invernaderos.

Entre los hongos más cultivados se encuentran el champiñón (*Agaricus bisporus*), diferentes especies de *Pleurotus* y el *Lentinula edodes*, más conocido como *shiitake*. Los principales países productores son: China, Japón, Estados Unidos, Europa y México. Los hongos no sólo se producen para ser consumidos como alimento en diversas regiones del mundo por su alto valor nutricional, contenido de proteína de excelente calidad, aminoácidos esenciales, vitaminas, minerales y bajo contenido de grasa, sino también por sus importantes propiedades medicinales y funcionales, que han sido ampliamente investigadas y se extraen compuestos medicinales del *Shiitake* en países como el Japón, que son comercializados GENERANDO millones de dólares.

En Ecuador el que más se consume es el champiñón; en la provincia de Bolívar se produce en los bosques de pino la especie *Boletus edulis*, se distribuye deshidratado en el mercado local y se exporta a Suiza, Italia y Alemania. El hongo *Pleurotus ostreatus* se comercializa en pequeñas cantidades en estado fresco, posiblemente, quienes iniciaron este cultivo fueron los pequeños productores del Gran Sumaco en la Amazonía Ecuatoriana.

Es menester, no sólo hacer investigación, sino también la difusión del conocimiento a la colectividad; por lo que el presente libro sobre HONGOS COMESTIBLES Y MEDICINALES es sólo un pequeño aporte, un recuento de la tecnología del cultivo de hongos y sus beneficios.

## CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN .....	2
CAPÍTULO II .....	6
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	7
Generalidades de los hongos macromicetos.....	7
Setas ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ) .....	7
Características morfológicas del género <i>Pleurotus</i> . .....	8
Clasificación taxonómica del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> . .....	10
El ciclo de reproducción del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	10
Degradador de sustratos y biorremediador .....	11
Métodos de manejo postcosecha .....	12
Materiales utilizados para el cultivo del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	14
Factores de crecimiento.....	15
Composición del sustrato.....	15
Temperatura y humedad. ....	16
Tamaño de partícula del sustrato. ....	16
Concentración de oxígeno y dióxido de carbono .....	16
Luz y ventilación .....	17
El pH.....	17
Indicadores de producción.....	17
Valor nutricional de los hongos comestibles.....	18
Proteínas y Aminoácidos .....	19
Palma Africana.....	21
Producción de palma africana.....	21
Producción de raquis de palma .....	22
Gandul.....	24
Salvado de Soya .....	25
Obtención.....	26

Valor nutricional.....	26
Pajas de cebada y trigo.....	28
Rastrojo de Maíz.....	29
Residuos de lenteja.....	31
Bagazo de Caña.....	31
Cascarilla de Arroz.....	32
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>35</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>36</b>
Caracterización fisicoquímica de los residuos agrícolas.....	36
Materiales experimentales y aditivos.....	36
Sustratos.....	36
Aditivos.....	36
Equipos y materiales.....	36
Mediciones experimentales.....	36
En la materia prima.....	36
En la producción de hongos.....	37
Manejo del experimento.....	38
Recepción de la materia prima.....	38
Secado.....	39
Picado.....	40
Hidratación.....	40
Ecurrido.....	40
Mezclado y Pesado.....	41
Esterilización.....	42
Enfriado.....	42
Siembra.....	42
Incubación.....	42
Fructificación.....	43
Producción.....	45
Cosecha.....	45

CAPÍTULO IV.....	49
RESULTADOS.....	50
Caracterización fisicoquímica de residuos agroindustriales .....	50
Evaluación de los resultados de la producción del hongo cultivado en residuos agrícolas y agroindustriales puros .....	53
Evaluación de los resultados de la producción del hongo cultivado en residuos agrícolas y agroindustriales en mezcla .....	56
Análisis de costo/beneficio de los mejores tratamientos.....	64
CAPÍTULO V .....	67
COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	68
Hipótesis .....	68
Análisis de comprobación de la Hipótesis .....	68
CAPÍTULO VI.....	69
CONCLUSIONES .....	70
CAPÍTULO VII .....	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73



**CAPÍTULO I**

**INTRODUCCIÓN**

## INTRODUCCIÓN

La producción de grandes volúmenes de residuos generados de las cosechas agrícolas constituye un grave problema ambiental. Se estima que el 80 % de los residuos agrícolas en los países en vías de desarrollo son quemados, generando emisiones gaseosas contaminantes que contribuyen al cambio climático lo cual, juntamente con la problemática de la seguridad alimentaria para una población en constante crecimiento, son temas de relevante significación que han sido debatidos a nivel mundial (FAO, 2014).

Según el inventario GEI (Gases efecto invernadero) las emisiones gaseosas de monóxido y dióxido de carbono; metano; dióxido nitroso y otros óxidos son las que contaminan la atmósfera y contribuyen al efecto invernadero, siendo las emisiones de metano resultantes de la actividad agrícola aproximadamente en un 81,74 % (MAE, 2017).

Ecuador, gracias a su privilegiada ubicación geográfica resulta escenario de variados climas con condiciones favorables para una gran diversidad de cultivos, siendo precisamente la agricultura, el segundo rubro económico en importancia del país, luego del petróleo.

En la provincia de Bolívar, los cultivos más representativos son: el maíz, cebada, trigo, lenteja, habas, banano, caña de azúcar, arroz y cacao, entre otros y generan aproximadamente 3700 toneladas de residuos lignocelulósicos, utilizados solamente de forma parcial como forraje y el resto es depositado sobre el campo agrícola para ser posteriormente quemado o arrojado a los vertederos sin ningún tratamiento contribuyendo a la contaminación ambiental. En la provincia de los Ríos sobresalen los cultivos de arroz, banano, maíz, soya, cacao, palma aceitera, gandul, caña de azúcar, entre otros

El Ministerio del Ambiente del Ecuador incluye dentro de las propuestas para atenuar el cambio climático el uso y manejo de los residuos de las cosechas para reducir las emisiones de metano; por lo que aparece como una alternativa el aprovechamiento de esta biomasa para la producción de alimentos nutritivos, saludables, de bajo costo y mediante tecnologías no contaminantes. Esto estaría en correspondencia con las tendencias mundiales y a su vez con las Propuestas del Gobierno de la Revolución Ciudadana. Para el Socialismo del Buen Vivir, una de cuyas premisas fundamentales plantea construir el Ecuador de hoy en base a las necesidades en los propios territorios y nuevas formas de producir alimentos sin hacer daño a la naturaleza, desde la perspectiva del pensamiento ancestral (Sumak Kausay) que dice alcanzar la vida plena mediante la armonía con el cosmos (MAE, 2012).

En el escenario mundial la biotecnología fúngica ocupa un espacio de gran impacto por ser la forma más eficiente de bioconversión de la biomasa en alimentos ricos en proteínas y otros nutrientes con la posibilidad de obtener grandes cantidades en pequeñas áreas en cortos períodos de tiempo, mediante técnicas de fermentación en estado sólido, a bajo costo y con mínimas cantidades de agua en comparación con el agua utilizada para riego de los cultivos tradicionales. Su eficiencia de conversión en proteína por unidad de área y por unidad de tiempo es muy superior, comparado con las fuentes de proteína animal (Rodríguez y col. 2006). El sustrato postcosecha degradado por el hongo puede ser también aprovechado como suplemento proteico en la alimentación animal, o abono orgánico para la agricultura (Sánchez y Royse, 2002).

Los macromicetos han sido parte de la cultura humana desde hace miles de años y aparecen descritos como alimento humano en las más importantes civilizaciones de la historia (Suárez y Nieto, 2013). Las especies pertenecientes al género *Pleurotus* han despertado el interés de la comunidad científica debido a sus cualidades tanto nutricionales como medicinales (Sarangi *et al.*, 2006; Gregori *et al.*, 2007), ventajas ecológicas (reciclado de residuos) y habilidad para crecer sobre una gran variedad de desechos (Ayodele y Akpaja, 2007; Varnero *et al.*, 2010; Ruilova *et al.*, 2014)

Los cuerpos fructíferos del género *Pleurotus* se aprecian no sólo por su sabor, sino también por su alto valor nutricional. Tienen grandes cantidades de proteína de alta calidad, aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales, así como bajo contenido de grasa y calorías (Kakon *et al.*, 2012).

Por otra parte, la tendencia hacia el consumo de alimentos, que además de proporcionar los nutrientes necesarios para el mantenimiento de nuestro cuerpo, puedan brindarnos ciertas sustancias que ayuden a preservar nuestra salud, ha sido creciente en los últimos años, por lo que resulta importante incluir en la dieta de la población ecuatoriana productos como los hongos comestibles, de alto consumo en muchos países como México por sus propiedades nutritivas, saludables y por su agradable sabor (Zong 2012)

En Ecuador el que más se consume es el champiñón, en la Provincia de Bolívar se produce en los bosques de pino la especie *Boletus luteus*. El hongo *Pleurotus ostreatus* se cultiva en pequeña escala y se comercializa directamente en los restaurantes.

Los desechos agrícolas y agroindustriales pueden aprovecharse para el cultivo de hongos y convertirse en un nuevo tipo de actividad agroindustrial. En la provincia de Bolívar los principales cultivos son: el maíz, cebada, trigo, frijol y leguminosas.

El principal cultivo de la provincia Bolívar es el maíz, se estima una superficie aproximada de 38,000 hectáreas sembradas, con una productividad para grano seco en promedio de 3 t/ha y 250 sacos de choclo (MAG, 2018). El cultivo del maíz suave en la zona sierra de la Provincia Bolívar, que comprende los cantones de Guaranda, Chimbo, San Miguel y Chillanes es de gran importancia en la economía de las familias, la mayor cantidad lo comercializan como choclo en mercados locales y nacionales. De este cultivo se generan grandes cantidades de rastrojos

La provincia Bolívar también cuenta con una superficie aproximada de 7.325 has de caña para la elaboración de panela y aguardiente como el Pájaro Azul, una bebida artesanal (MAGAP, 2014). El bagazo de la caña que se genera de esta actividad es un excelente sustrato para el cultivo del *Pleurotus*.

Otros cultivos de gran importancia son el frijol, la cebada, el trigo, la lenteja. Los residuos generados una parte son utilizados para la alimentación animal, siendo en su mayoría dejados en el campo agrícola y luego son quemados generando gases contaminantes. Estos desechos pueden ser utilizados para el cultivo del hongo *Pleurotus*, dando otro valor agregado a sus producciones.

Otro aspecto importante a considerar es que en el Ecuador la población rural está representada por el 50 %, dedicada a la actividad agropecuaria. En el litoral, la producción arrocerá representa 53 kg per cápita en el año, siendo las provincias de Guayas y Los Ríos las que más producen. En el pilado del arroz se

genera grandes cantidades de cascarilla de arroz que puede mezclarse con otro desecho o aserrín para el cultivo del *Pleurotus*.

El Ecuador así mismo es el segundo productor regional de aceite de palma, según la Fundación de Fomento de Exportaciones de Aceite de Palma, FEDAPAL; la palma aceitera cuenta con una superficie sembrada aproximadamente de 280000 hectáreas y 40 plantas extractoras.

El aceite de palma se extrae de la porción pulposa del fruto mediante varias operaciones convencionales, las cuales producen grandes cantidades de subproductos lignocelulósicos, como: hojas, racimos vacíos (raquis), fibras de cáscaras, entre otros; estos residuos generados representan un gran desafío para la industria. En la actualidad la abundante cantidad de racimos vacíos, una parte es aprovechada por los agricultores de la zona para utilizarlo como fertilizantes en los cultivos de palma y el resto permanece en el suelo hasta su descomposición en la misma empresa y es arrastrado por la lluvia en temporada de invierno, constituyéndose en un problema ambiental

Por otra parte uno de los productos estrella en la temporada de verano de las empresa agroindustriales en la provincia de Los Ríos, son los enlatados de gandul para su exportación, se procesan aproximadamente 2500 quintales/día, se realiza un proceso de descascarado dentro de la empresa separando el grano y su cascara; el promedio de desecho en 50 kg de gandul es del 60%, estos desechos son aprovechados en parte por los ganaderos y agricultores de la zona que se acercan a comprar para la alimentación animal y como fertilizantes para sus cultivos, pero no es lo suficiente, gran parte de desechos después del proceso permanecen en el suelo convirtiéndose en un problema para la empresa.

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) indica que la Producción Mundial de Soja del 2020 fue de 361 millones de toneladas, de los cuales Ecuador produjo 40.000 toneladas métricas (Producción Agrícola Mundial 2021). Se estima que las cáscaras de soja representan alrededor del 5% del peso de la soja, por lo que se puede estimar que la producción de cáscara de soja fue de unos 18 millones de toneladas en ese año, de lo cual solo una parte de la producción total se utiliza directamente como alimento, ya que las cáscaras se reincorporan a la harina de soja para cumplir con el contenido de proteína pretendido

La empresa agroindustrial ECUAVEGETAL ubicada en la provincia de los Ríos, genera gran cantidad de residuos agroindustriales, entre ellos las cáscaras de gandul, como subproducto del procesamiento del fréjol enlatado y la empresa aceitera OLEAORÍOS, los raquis de palma, entre otros residuos, que no son utilizados en forma óptima y esta situación conlleva un manejo inadecuado de los residuos con las consecuencias ambientales asociadas. De este modo, existe la necesidad del desarrollo de técnicas de tratamiento de estos residuos, así como su valorización; por lo que resulta como una alternativa el aprovechamiento de esta biomasa para la producción de macrohongos comestibles como el *Pleurotus ostreatus*, altamente nutritivo y saludable, por su contenido proteico, aminoácidos esenciales principalmente lisina y leucina, minerales, vitaminas, bajo en grasa y rico en componentes bioactivos, utilizando tecnologías de bajo costo y no contaminantes para su cultivo, contribuyendo de esta manera al cambio de matriz productiva, seguridad alimentaria y a la remediación ambiental en la provincia de los Ríos.

En la presente investigación se caracterizó la composición fisicoquímica de residuos agrícolas y agroindustriales, recolectados de la Provincias Bolívar y Los Ríos, para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* y se avaluó la producción.

Se trabajó con los residuos agrícolas: pajas de cebada y trigo, rastrojo de maíz, bagazo de caña de azúcar, rastrojo de lenteja, cascarilla de arroz y los residuos agroindustriales: vaina de gandul, raquis de palma y salvado de soya (fuente nitrogenada). Se evaluaron los indicadores de productividad, principalmente el peso del hongo fresco y la eficiencia biológica, además del contenido de proteína en el hongo fresco.

Para el caso del hongo cultivado en residuos agroindustriales se realizó el análisis económico en la relación costo beneficio del mejor tratamiento.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### Generalidades de los hongos macromicetos

Los hongos son organismos diferentes a los del reino vegetal y animal. Pertenecen al reino Fungi, poseen células eucarióticas y pared celular con quitina, son heterótrofos y carecen de clorofila. Los hongos macromicetos, se distinguen por formar cuerpos fructíferos y dentro de este grupo están los ascomicetes y basidiomicetes, los cuales presentan una reproducción asexual y/o sexual (Calderón, 2009). La parte viviente del hongo es un micelio constituido por un tejido de filamentos delgados llamados hifas. El micelio está oculto debajo del suelo, en madera, o en otras fuentes lignocelulósicos. En condiciones adecuadas, sobre todo en período de lluvias crecen hasta que aparecen los cuerpos fructíferos (Albertó, 2008).

Dependiendo de la forma como obtienen sus nutrientes, los hongos se clasifican en parásitos, saprófitos y micorrícicos. Los primeros consumen plantas o animales vivos, los segundos digieren células y tejidos muertos, conocidos también con el nombre de hongos lignocelulósicos o de pudrición blanca. El tercer grupo de hongos, menos numerosos, son los que establecen relaciones simbióticas con las raíces de las plantas llamadas micorrizas, en la cual, tanto el hongo como la planta se benefician (Ardón, 2007).

Los hongos como organismos saprófitos, cumplen un papel muy importante en la naturaleza en el equilibrio biológico (son los encargados de manejar el ciclo del carbono), pues secretan enzimas para descomponer la materia orgánica y permitir el reciclaje de los nutrientes en los ecosistemas, especialmente de los minerales fosfatados y del carbono, actuando como reparadores de los sistemas (Mata, 2002; Oei, 2003; Chang *et al.*, 2009; Hernández, 2012; Ruilova y Hernández, 2017).

Se estima que habitan en la tierra entre 1,5 y 2,5 millones de especies de hongos, de las que solamente se conocen 7000, básicamente las especies comestibles. Los hongos han sido empleados por el hombre desde hace milenios tanto para la alimentación, como para el tratamiento de diferentes enfermedades (Suárez y Nieto, 2013).

El cultivo de hongos comestibles es una buena alternativa para la producción de alimentos, su eficiencia de conversión en proteína por unidad de área y por unidad de tiempo es muy superior, comparado con las fuentes de proteína animal (Rodríguez *et al.*, 2006, Ruilova *et al.*, 2014), por otro lado se necesita menor cantidad de agua en comparación con otras actividades productivas primarias, así por ejemplo se utiliza 28 L de agua para producir un kg de hongos, 500 L para producir un kg de papas, y cerca de 100000 L de agua para producir un kg de carnes de res (Cánovas y Días, 2007).

### Setas (*Pleurotus ostreatus*)

Dentro de la gran variedad de hongos comestibles se encuentra el *Pleurotus ostreatus*, el cual ha llegado a considerarse la principal seta comestible en Asia, destacándose no solo por su sabor y calidad sino también por sus propiedades medicinales, tales como efectos antitumorales, antivirales,

antiinflamatorios, control del colesterol y efecto antioxidante, entre otros; convirtiéndolo así en un potenciador del sistema inmunológico (Jaramillo y Rodríguez, 2005).

Al *Pleurotus ostreatus* se le conoce comúnmente como Hongo Ostra es uno de los más comunes de todos los hongos saprofitos, distribuidos por casi todos los bosques tropicales del mundo. En su hábitat natural crece en otoño y primavera, sobre maderas duras de hoja ancha, a veces coníferas especialmente madera de algodón, roble, aliso, maple, álamo temblón (Staments, 2002; Martínez, 2010). Este hongo puede crecer en una temperatura entre 10 y 30 °C, con una óptima de 30 °C, en un rango de pH entre 5,5 y 6,5 y humedad relativa de 85 a 90% (Martínez, 2010).

*Pleurotus ostreatus*, es un hongo de pudrición blanca (Chang y Miles, 2004) considerado de gran utilidad en procesos de biorremediación para disminuir el impacto ambiental o con diversos fines industriales. La bioconversión de residuos lignocelulósicos mediante el cultivo de *Pleurotus* spp., ofrece la oportunidad de utilizar los recursos renovables en la producción de alimentos comestibles ricos en proteínas que sustentan la seguridad alimentaria de la población en los países en desarrollo (Mandee *et al.*, 2005).

El *P. ostreatus* es uno de los hongos comestibles de mayor importancia a nivel mundial, produciéndose en el mundo más de 6 millones de toneladas, la mayor parte en China (Zhang *et al.*, 2014). El incremento de su cultivo se acelerado en los últimos años por su facilidad de producción ya que crece sobre numerosos residuos lignocelulósicos lo que hace que su valor socioeconómico y ecológico resulte de sumo interés (Ozcariz, 2016).

### ***Características morfológicas del género Pleurotus.***

El hongo *Pleurotus* crece en racimos, que se van formando en forma de repisas, ver Figura 1. (Martínez, 2010). (Carvajal, 2010), señala que el cuerpo de las setas se constituye principalmente de: sombrero, pie reducido y láminas.

**Sombrero (Píleo).** Tiene forma de paraguas, más o menos circular, su desarrollo se da en forma de una ostra u oreja que puede medir entre 5 - 12 cm. El color es muy variable, crema, blanco grisáceo, pardo, ceniciento, gris, según la especie. La carne blanca es de olor fuerte, tierno al principio y después correoso.

**Láminas (Himenio).** Están dispuestas radialmente como las varillas de un paraguas, que van desde el pie o tallo que lo sostiene, hasta el borde. Son anchas, espaciadas unas de otras, blancas o crema, a veces bifurcadas, y en ellas se producen las esporas destinadas a la reproducción de la especie.

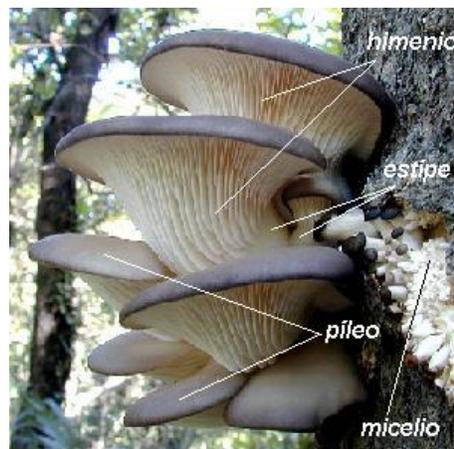


**Figura 1.** Hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en paja de cebada

**Fuente:** Ruilova *et al.*, 2014

**Pie (Estípite).** Es corto, lateral u oblicuo engrosado gradualmente hacia el lado del sombrero o píleo, algunas veces no se presenta, tiene un color blanquecino, algo peludo en la base, ligeramente duro, con el principio de las laminillas en la parte de arriba. Las principales partes del cuerpo fructífero de *Pleurotus*, se observan en la

**Figura 2**



**Figura 2.** Partes principales del cuerpo fructífero de *Pleurotus*.

**Fuente:** Martínez, 2010

### ***Clasificación taxonómica del hongo Pleurotus ostreatus.***

La gírgola, seta ostra o pleuroto ostra (*Pleurotus ostreatus*) es una especie de hongo basidiomiceto del orden Agaricales, en la Tabla 1, se resume su clasificación taxonómica. Este hongo comestible se encuentra en zonas templadas, aunque se cultiva en muchas partes del mundo, está estrechamente emparentado con la seta de cardo (*Pleurotus eryngii*), que se consume ampliamente por su sabor y la facilidad de su identificación.

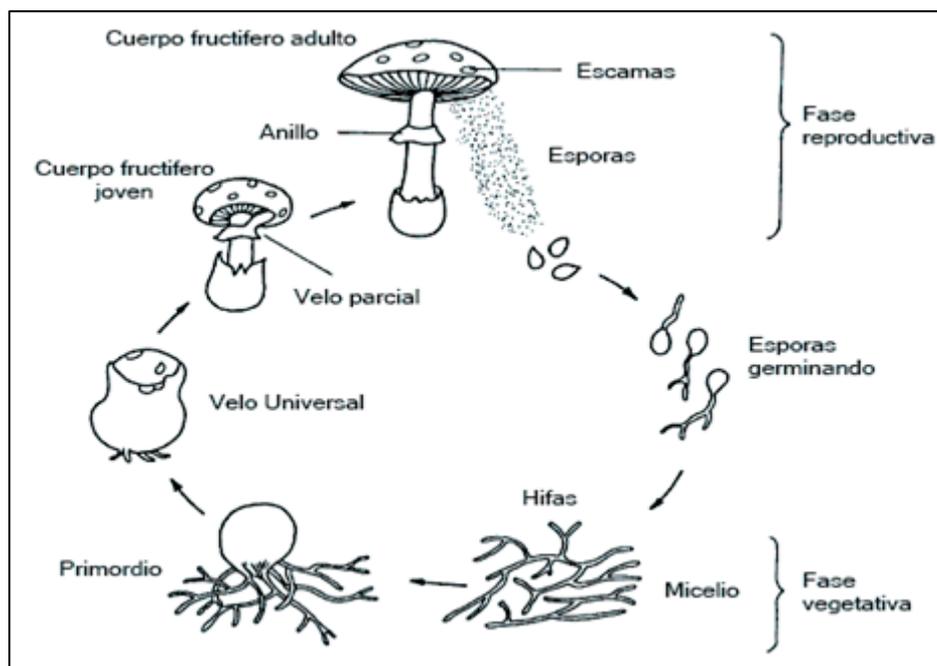
Tabla 1. Clasificación taxonómica del hongo *Pleurotus ostreatus*

<b>Nombre científico</b>	<b><i>Pleurotus ostreatus</i></b>
<b>Reino</b>	Fungi
<b>División</b>	Basidiomycota
<b>Clase</b>	Himenomycetes
<b>Orden</b>	Agaricales
<b>Familia</b>	Tricholomataceae
<b>Género</b>	<i>Pleurotus</i>
<b>Especie</b>	<i>Ostreatus</i>

**Fuente:** Michel *et al.*, 2010.

### ***El ciclo de reproducción del hongo Pleurotus ostreatus***

La forma de reproducción de los hongos es por esporas, como se presenta en la Figura 3. Los hongos superiores tienen unas células madre ubicadas en el himenio que son las encargadas de producir las esporas. En el caso de los Basidiomicetes, a estas células madre se les denomina basidios, mientras que las células madre en los Ascomicetos son los ascos. Las esporas de los basidios y de los ascos, son lanzados al exterior para la propagación de la especie. Si la espora se deposita en un lugar cuyas condiciones sean favorables darán origen al micelio. Éste se reproduce en sustratos donde las condiciones son favorables, se ramificará y se entremezclará con los micelios de otras esporas.



**Figura 3.** Reproducción de los hongos del género *Pleurotus ostreatus*

**Fuente:** Mendivil, 2013

En el medio donde la humedad y las condiciones sean óptimas crecerá una seta que producirá en su himenio los ascos o basidios que expulsarán al exterior las esporas, dando lugar de nuevo al ciclo biológico del hongo (Mendivil, 2013).

### ***Degradador de sustratos y biorremediador***

El *Pleurotus ostreatus* produce una gran cantidad de enzimas tales como celulasa, ligninasa, celobiasa, lacasa y hemicelulasa en el medio donde vive destinadas a la degradación de los materiales orgánicos que contienen, carbohidratos y/o minerales que son absorbidos por las hifas del hongo para su desarrollo (Kong, 2004). Estas enzimas secretadas por los hongos son capaces de degradar todo tipo de compuestos orgánicos por lo que son utilizados en el tratamiento de desechos sólidos de diversa índole, como por ejemplo en vertidos industriales o restauración de terrenos contaminados (Singh, 2011).

Gran cantidad de residuos lignocelulósicos han sido estudiados como sustrato para la producción de setas *P. ostreatus*. Estos potenciales sustratos son producidos en explotaciones agrícolas, agroindustriales, forestales, industriales y se convierten en un problema ambiental. Utilizar estos residuos lignocelulósicos para la producción de setas puede minimizar el deterioro ambiental (Ruilova *et al.*, 2014)

Sin embargo, en el país existe una gran cantidad de residuos industriales lignocelulósicos que son sub-aprovechados, el bagazo de caña, pajas, vainas, desechos forestales, cascarilla de arroz, raquis de palma africana, coco, etc., son algunos de ellos. Estos materiales pueden llegar a constituir una fuente alternativa

de materia prima, que, mediante el desarrollo de tecnologías sustentables, generen bienes con valor agregado. (Figueroa, 2008).

### ***Métodos de manejo postcosecha***

Independientemente de los porcentajes de los distintos sustratos sólidos, los hongos poseen muy alto porcentaje de agua, relativamente altos porcentajes de hidratos de carbono (dentro de los cuales se encuentran los azúcares) y de proteínas, así como enzimas. Esto es muy importante desde el punto de vista de la postcosecha ya que todos los hongos son propensos a sufrir las denominadas reacciones de pardeamiento (formación de coloraciones oscuras, desde pardas a negras) enzimáticas, si bien también hay que considerar que los hongos que poseen niveles similares de proteínas y más altos contenidos de carbohidratos de bajo peso molecular serán más propensos a sufrir pardeamientos que los que tienen menores contenidos de dichos carbohidratos. (Michelis, 2006)

Se debe prestar siempre mucha atención al posible daño mecánico, que se produce a veces durante la cosecha o recolección (aplastamiento, lesiones, desgarros, etc.) para evitar afectar la calidad de las ostras. El resultado más común de un manejo mecánico indeseable es la aparición de manchas oscuras en el hongo.

Después de cosechados los hongos no deben almacenarse en ambientes húmedos o calurosos, deben consumirse frescos o someterse a procesos de refrigeración, deshidratación o conservación en vinagre o salmuera para conservar su calidad para el consumo humano.

La vida de anaquel de los hongos frescos depende en gran parte de la tasa de respiración, por lo que el mantenimiento de la calidad involucra retrasar la respiración y otros procesos metabólicos, lo cual puede conseguirse con bajas temperaturas, almacenamiento en cámaras con atmósfera modificada o someterlos a un proceso de deshidratación, entre otros métodos.

Los hongos continúan respirando, así como lo hacen las frutas y vegetales, después de la cosecha y tienen una tasa de respiración relativamente alta comparada con otros productos frescos. La tasa de respiración de las “orellanas” es, por ejemplo, tres veces mayor que la de la mayoría de las frutas. El deterioro durante el almacenamiento puede ser causado por bacterias y hongos que estaban presentes en el cuerpo reproductor. La textura de los hongos se altera a medida que pierden su firmeza y su tejido se oscurece. Los hongos poseen un elevado contenido de humedad, por lo que el agua dentro de los hongos también favorece el crecimiento bacteriano. (Michelis, 2006)

El manejo postcosecha puede clasificarse de acuerdo con el tiempo de conservación, en: tiempos cortos de almacenamiento y tiempos largos de almacenamiento.

#### **Tiempos cortos de almacenamiento**

La vida media de los hongos frescos puede extenderse por medio de refrigeración entre 4 y 6 °C, ya que el enfriamiento de los hongos disminuye la velocidad de todos los procesos fisiológicos. La vida de anaquel para los hongos refrigerados puede variar, entre una a 2 semanas.

La preservación de los hongos a bajas temperaturas retarda el crecimiento de microorganismos y reduce la velocidad de las actividades metabólicas postcosecha de los tejidos de los hongos. Para detener

rápidamente los procesos metabólicos, los hongos deben enfriarse inmediatamente después que hayan sido cosechados.

El mejor método para el almacenamiento en frío de los hongos es conservarlos entre 8 y 10°C en bandejas de icopor con cubierta de papel cristaflex. Al envolver los hongos con esa cubierta plástica con microporos, puede mejorarse su vida de almacenamiento, ya que se reduce la pérdida de humedad y se preserva la calidad de los hongos. (Michelis, 2006)

### **Tiempos largos de almacenamiento**

Los tiempos largos de almacenamiento están relacionados a la utilización de tecnologías para el procesamiento de los hongos.

### **Enlatados**

El enlatado es el proceso más común para conservar los hongos. La producción de hongos enlatados se ha vuelto considerablemente más especializada en años recientes. En términos generales, el enlatado se divide en siete operaciones básicas: limpiado, blanqueado, enlatado, esterilización, enfriamiento, etiquetado y empaque.

Si los hongos no se enlatan inmediatamente pueden refrigerarse. En este estado es apropiado adicionar una cantidad de metabisulfito de sodio o ascorbato para la retención del color. Los hongos se limpian y blanquean por dos minutos; el blanqueado es realizado para reducir la actividad enzimática. Después del blanqueado los hongos se colocan en latas con 2.5 % de sal y 0.24-0.5 % de ácido cítrico. Las latas se sellan y esterilizan en una autoclave a 120-130 °C durante una hora y luego se enfrían rápidamente en la pileta de lavado.

### **Encurtido**

Para este proceso, los hongos se clasifican y lavan. Se colocan en una solución acuosa al 3 % de sal, hirviendo por 3 minutos. Después el agua se drena y los hongos se colocan inmediatamente en agua fría, posteriormente pueden transferirse a un frasco con salmuera al 22 %, y se adiciona a esta solución vinagre, azúcar y otras especias como el ácido cítrico, para dar a los hongos una coloración fresca. Los frascos se cierran flojamente y se cuecen al vapor por una hora. Las tapas se ajustan cuando estén frías y almacenan en lugares frescos.

### **Deshidratado**

El secado de los hongos es comúnmente utilizado como una técnica de conservación cuando el mercado es muy lejano y cuando los hongos son utilizados como ingredientes en otros productos procesados. El secado preserva a los hongos quitando suficiente agua para inactivar a las enzimas y los microorganismos. Los hongos conservados en seco tienen un buen sabor y el secado previene su deterioro. El secado con aire, con temperaturas alrededor de 35 a 40 °C en la primera etapa, seguidas por temperaturas de 50 a 55 °C, en una segunda etapa, permiten obtener un color óptimo en los carpóforos. El contenido final de humedad no debe ser menor del 5 %, porque tienden a endurecer los hongos y pierde su calidad.

## **Procedimiento de deshidratación solar**

Antes de la recolección de los hongos se debe evitar aplicar riego al cultivo, una vez cosechados los hongos se clasifican por tamaño antes de secarlos, con ello se conseguirá un secado más uniforme y se obtendrán hongos de buena calidad. Se recorta la base del tallo 5 mm por debajo del sombrero, de esta manera se evita que el tallo pueda contener residuos del sustrato y ocasionar problemas de contaminación.

Para el secado se extiende los hongos sobre mallas plásticas, levantadas del suelo, de manera que las laminillas queden hacia arriba y luego se los expone a la radiación solar. El tiempo de secado varía de acuerdo con las condiciones climáticas y a la cantidad de hongos a secar. Los hongos deben secarse hasta una humedad entre el 5 % y el 10 %. Si los hongos tienen humedades inferiores al 5 % se endurecen y pierden sabor y si tienen humedades cercanas o superiores al 20 %, serán fácilmente infestados por plagas y mohos.

## **Mercadeo de las setas**

Los hongos comestibles y medicinales han alcanzado en los últimos años un incremento notable en su consumo, expandiéndose esta cultura gastronómica a otros países que antes no los consumían, lo que conlleva a encaminar la investigación sobre nuevas tecnologías de producción y caracterización de sus beneficios nutricionales y medicinales. Este incremento entre la oferta y la demanda requiere mejorar los procesos de cultivo, manejo postcosecha y de tecnologías para su conservación y procesamiento de las setas, para brindar al consumidor un producto de calidad y de fácil preparación, por tanto, el mercadeo debe ser considerado como una etapa igual de importante que las mejores prácticas de producción, puesto que la ganancia del fungicultor depende de la eficiencia en la cadena agroproductiva.

Por otra parte, el fungicultor debe tener en cuenta los costos del mercadeo, que incluye los gastos de toda la cadena agroproductiva, que redundan en el desarrollo de un sistema eficiente y ordenado de comercialización, que asegura el costo y el beneficio de los canales de mercadeo. (Michelis, 2006)

## **Materiales utilizados para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus***

En la naturaleza las especies de *Pleurotus* se desarrollan sobre plantas vivas o muertas, las cuales son pobres en nutrientes y vitaminas. Esta capacidad del *Pleurotus* de colonizar sustratos pobres en nitrógeno es una adaptación ecológica para desarrollarse y vivir en la naturaleza.

Por lo tanto, el *Pleurotus ostreatus* es un hongo comestible que tiene la habilidad para crecer sobre una gran variedad de desechos lignocelulósicos. En el mundo se generan cantidades considerables de rastrojos agrícolas, residuos agroindustriales, forestales, en mayor o menor cantidad dependiendo de la región que los produce. Los más comunes son: pajas de cereales y oleaginosas, rastrojos de las cosechas, aserrines, virutas, troncos, ramas, vainas secas de granos, bagazos, pulpas, cascarillas y otros materiales como tallos de plátano, pasto, etc. (Sánchez y Royse, 2002; Singh *et al.*, 2011). Una parte se utiliza como alimento animal principalmente y el resto es dejado sobre el campo agrícola. La utilización de estos residuos para el cultivo de hongos comestibles, principalmente *Pleurotus ostreatus*, ayudaría a acelerar la biodegradación y reciclaje de estos desechos, evitando su quema y su posterior contaminación ambiental.

El sustrato debe contener todos los nutrientes necesarios para el crecimiento del hongo. Los materiales lignocelulósicos están compuestos por celulosa, hemicelulosa y la lignina, que funcionan como fuentes principales de carbono y nitrógeno, componentes que deben estar en proporciones adecuadas para un rápido crecimiento del hongo, (Anonymous, 2008; Khare *et al.*, 2010; Oseni *et al.*, 2012; Ruilova *et al.*, 2017).

La composición de los residuos lignocelulósicos es variable, la mayoría son pobres en nitrógeno, como los provenientes de bosques forestales, aserrín, el rastrojo de maíz, bagazos, pajas, etc, ver Figura 4, por lo que se considera que se pueden utilizar para enriquecer los sustratos suplementos orgánicos con mayor contenido de nitrógeno como: salvados de cereales, harinas de soya, alfalfa, girasol, etc., lo que redundará en la calidad y rendimiento del cultivo (Guzmán *et al.*, 2008; Muez y Pardo, 2008; Sánchez y Mata, 2012). (Ruilova *et al.*, 2017), utilizó harina de soya con buenos resultados.



**Figura 4.** Fuentes lignocelulósicas: Rastrojo de maíz y Cultivo de cebada

**Fuente:** Autora

### **Factores de crecimiento**

En el cultivo del hongo *Pleurotus* se deben controlar algunos factores que tienen gran influencia sobre el rendimiento de producción de setas:

#### ***Composición del sustrato***

El carbono y el nitrógeno son dos elementos esenciales en la nutrición de cualquier organismo. El carbono es muy importante para la célula fúngica y es el elemento que requiere en mayor cantidad durante el crecimiento y puede ser asimilado a partir de diferentes materiales lignocelulósicos (Chang *et al.*, 1998; Sharma *et al.*, 2013). Además, necesita otros minerales como son: S, Ca, Mg, P, K y en concentraciones menores los minerales: Fe, Zn, Mn, Cu y Mo. (Chang y Miles, 2009; Romero *et al.*, 2010).

En cuanto al nitrógeno se recomienda que la concentración final debe encontrarse en el intervalo de 0,5 a 1,5 % de la materia seca total. Si el contenido es menor, los rendimientos pueden resultar bajos y un contenido mayor puede favorecer la putrefacción, debido a un incremento de la actividad metabólica, (Sánchez y Royse, 2002; Pardo *et al.*, 2008; Fanadzo *et al.*, 2010, Ruilova *et al.*, 2017).

La adición de suplementos a los sustratos es usualmente recomendada hasta un resultado satisfactorio de relación C/N ya que concentraciones muy altas pueden producir incrementos peligrosos en la temperatura del sustrato y el desarrollo de organismos competidores (Melo *et al.*, 2010; Carvalho 2010; Cunha *et al.*, 2011; Gea, 2011).

(Ruilova *et al.*, 2017), encontró una relación C/N de 37 a 53 donde obtuvo una mayor productividad y contenido proteico del hongo. La relación C/N está asociada al rendimiento y calidad del hongo *Pleurotus ostreatus* (Getahun, 2011).

### ***Temperatura y humedad.***

La temperatura va en combinación con la humedad y son factores importantes para el cultivo de *Pleurotus*. La temperatura no solo varía entre cepas sino también para una misma cepa según su etapa de desarrollo así, es posible y aun frecuente que un hongo tenga una temperatura óptima de germinación y que ésta sea diferente de su temperatura óptima de crecimiento micelial o de fructificación (Albertó, 2008; Ruilova *et al.*, 2014), igual sucede con la humedad. En la etapa de incubación se mantiene la temperatura 24 -27°C con un 70-80 % de humedad y para entrar en la fase de fructificación por regla general las temperaturas para las especies de *Pleurotus* son ligeramente inferiores que las temperaturas óptimas para crecimiento micelial y están entre 15 – 18 °C y la humedad se incrementa a un rango de 80 – 90 % (Ruilova *et al.*, 2014). Si no se respetan estas condiciones se producen alteraciones en el crecimiento del hongo. En la etapa de producción (cosecha) la humedad puede variar entre 75 – 85 % (Ruilova *et al.*, 2014).

### ***Tamaño de partícula del sustrato.***

Aquí el tamaño de partícula tiene una relación directa con el contenido de humedad. Si el tamaño de partícula del sustrato es muy grande retiene poco la humedad y si es muy pequeño puede producirse una excesiva compactación y evitar la circulación del aire. Se recomienda un tamaño de partícula entre 2 – 5 cm (Martínez *et al.*, 1990; Ruilova, 2017).

### ***Concentración de oxígeno y dióxido de carbono***

Los componentes gaseosos de la atmósfera de mayor importancia en la biología de las setas son el oxígeno (20 %) y el dióxido de carbono. *Pleurotus* al igual que otros hongos requiere niveles de oxígeno muy bajos para su crecimiento y una concentración relativamente alta de 20 a 25 % de CO<sub>2</sub> ya que es útil para propiciar el crecimiento del micelio. Sin embargo, concentraciones superiores al 60 % inhiben la formación de primordios. Por lo tanto, en los galpones de fructificación debe implementarse un buen sistema de ventilación de tal manera que se retire constantemente el CO<sub>2</sub> formado por la respiración del propio hongo (Sánchez y Royse 2002).

## ***Luz y ventilación***

En general, las especies de *Pleurotus* en la etapa de incubación requieren oscuridad para el crecimiento micelial y para la fructificación requieren luminosidad de 8-12h de luz natural y si es artificial son preferibles los fluorescentes (Varnero *et al.*, 2010). Así mismo se necesita ventilación moderada de 150 - 250 m<sup>3</sup>/h\*Tn. Una ventilación deficiente se manifiesta en deformaciones del cuerpo fructífero. Esto puede ser un ligero alargamiento del estípite, la no formación del píleo o ambas cosas (Sánchez y Royse, 2002; Alberto, 2008).

## ***El pH***

Para el crecimiento de *Pleurotus* se han citado rangos de crecimiento entre 4 y 7 de pH. Con un óptimo entre 5 y 6. Este valor sin embargo suele variar entre cepas y especies. Así los sustratos ácidos (pH 4), inhiben el desarrollo de *P. ostreatus* y este hongo encuentra un pH óptimo en un rango entre 5.5 y 6.5 (Sánchez y Royse, 2002).

## ***Indicadores de producción***

Los indicadores de producción son los que permiten evaluar la cosecha de los hongos. Para expresar el rendimiento o productividad de un sustrato, el concepto más generalmente aceptado es la eficiencia biológica (EB), que expresa el grado de biodegradación del sustrato (Sánchez y Royse, 2002), no obstante se evalúa: el peso del hongo fresco producido por bolsa (PHF); el rendimiento (R), definido como la relación en porcentaje del peso de hongo fresco entre el peso del sustrato húmedo; la eficiencia biológica (EB), se define como la relación en porcentaje entre el peso fresco de hongos producidos y el peso seco de sustrato empleado y por último la tasa de productividad (TP), que viene a ser un parámetro de medición que complementa a la eficiencia biológica, ya que se refiere a la EB entre el ciclo de producción número de días transcurridos desde la inoculación del sustrato hasta la última cosecha de carpóforos en cada una de las bolsas (Upadhyay *et al.*, 2002; Bermúdez *et al.*, 2007)

La calidad productiva de un sustrato se percibe como aceptable a partir de eficiencias biológicas del 100 %. (Fracchiá *et al.*, 2009) reportan eficiencias biológicas en la mezcla de *Simmondsia chinensis* y *Jatropha macrocarpa* de 89,7 % y una tasa de producción de 1,74 % y en paja de trigo una EB de 43,4 %. Para el bagazo de caña de azúcar 15,7 % cuyo bajo valor está relacionado con el poco contenido de nitrógeno del sustrato (Martínez *et al.*, 1990).

Los rendimientos bajos de algunos sustratos lignocelulósicos se pueden mejorar mediante suplementación con fuentes nitrogenadas o utilizando diferentes mezclas de lignocelulósicos, (Martínez *et al.*, 1990). (Sharma y Madan, 1993; Buah, 2010) investigaron el rendimiento del hongo *P. ostreatus* y *P. sajur caju* en sustratos obtenidos de leguminosas y no leguminosas, encontrando diferencias altamente significativas al comparar los dos tipos de sustratos y el más alto contenido de proteína en los cuerpos fructíferos fue con sustratos de leguminosas.

## Valor nutricional de los hongos comestibles

Los hongos son bien conocidos por ser nutritivos y saludables por lo que su consumo ha ganado popularidad en todo el mundo (Bernás *et al.*, 2006; Valencia 2006; Barros *et al.*, 2008; Martínez, 2010; Ahmad *et al.*, 2011). De estos el hongo *Pleurotus ostreatus* posee valores nutricionales que le permiten destacarse por encima de otros hongos de características similares, ver Tabla 2. Los hongos en general, poseen cantidades relativamente altas de proteínas de buena calidad cuyos valores oscilan entre 19 a 35 % bs y contienen todos los aminoácidos esenciales para la nutrición humana especialmente leucina y lisina, carente en la mayoría de los cereales (Manzi *et al.*, 2004; Shah *et al.*, 2004; Varnero *et al.*, 2010; Bermúdez *et al.*, 2013), si bien su proteína es menor que la de las carnes, no obstante al hongo se le considera como un sustituto de la carne (Ghorai *et al.*, 2009; Dündar *et al.*, 2009; Ajonina y Tatah, 2012). Su contenido proteico es superior al de la leche (3,2 %), arroz (7 %), trigo (13 %), maíz (9 %) y a la mayoría de los vegetales (Ciappini *et al.*, 2004).

**Tabla 2.** Composición físico-química del hongo *Pleurotus ostreatus*

<b>Componentes</b>	<b>Valor medio</b>
<b>Humedad (%)</b>	88,12
<b>Cenizas (%)</b>	7,69
<b>Proteína (%)</b>	31,43
<b>Grasa (%)</b>	1,14
<b>Fibra total (%)</b>	15,09
<b>ELN (%)</b>	44,71
<b>Ca (%)</b>	0,05
<b>P (%)</b>	0,68
<b>K (%)</b>	0,29
<b>Mg (%)</b>	0,17
<b>Na (%)</b>	0,03
<b>Cu (mg/kg)</b>	7,0
<b>Fe (mg/kg)</b>	96,0
<b>Mn (mg/kg)</b>	8,0
<b>Zn (mg/kg)</b>	80,0
<b>β-glucanos (%)</b>	3,88

Los resultados se expresan en base seca

**Fuente:** Ruilova *et al.*, 2015

Los hongos contienen un bajo contenido de grasa entre 1,6 a 2,2 % constituida por ácidos grasos poliinsaturados como ácido linoleico (72 a 85 %) y reducidas cantidades de ácidos grasos saturados, que los convierte en saludables en comparación con la carne que contiene mayoritariamente ácidos grasos saturados (Mattila *et al.*, 2001; Croan, 2004; Ghorai 2009; Beluhan y Ranogajec, 2011). Son particularmente ricos en carbohidratos (ergosterol, glucógeno y quitina), sin almidón (Sánchez y Royse, 2002), alto contenido de fibra dietética (7,5 a 8,7 %), beta-glucanos, así como minerales: potasio, calcio, fósforo, magnesio, hierro, zinc, sodio, vitaminas: niacina, tiamina (B<sub>1</sub>), riboflavina (B<sub>2</sub>), biotina, ácido ascórbico y enzimas hidrolíticas que ayudan a la digestión (Furlany y Godoy, 2008; Llauradó *et al.*, 2011; Randive, 2012; Ahmed *et al.*, 2013).

El contenido proteico y valor nutricional en general, puede variar dentro de la misma especie dependiendo de la cepa, composición del sustrato, condiciones de cultivo, estado de desarrollo de los cuerpos fructíferos (Ciappini, 2004; Moda *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2007; Barros *et al.*, 2008).

Algunos estudios muestran que la suplementación con una fuente nitrogenada aumenta el contenido de proteína, composición mineral y productividad del hongo (Buswell y Chang, 1993; Curvetto *et al.*, 2002).

### ***Proteínas y Aminoácidos***

Para (Mckee, 2014), las proteínas son macromoléculas que están unidos por un tipo de enlaces conocidos como enlaces peptídicos. El orden y la disposición de los aminoácidos dependen del código genético. Todas las proteínas están compuestas por:

- Carbono
- Hidrógeno
- Oxígeno
- Nitrógeno

Y la mayoría contiene además azufre y fósforo.

Las proteínas suponen aproximadamente la mitad del peso de los tejidos del organismo, y están presentes en todas las células del cuerpo, además de participar en prácticamente todos los procesos biológicos que se producen. Están constituidas de uno o más polipéptidos llamados aminoácidos (AA) que desempeñan funciones diversas, todas ellas de extraordinaria importancia en los seres vivos.

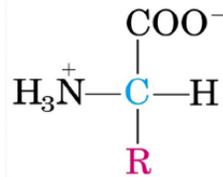
De entre todas las biomoléculas, las proteínas desempeñan un papel fundamental en el organismo. Son esenciales para el crecimiento, gracias a su contenido de nitrógeno, que no está presente en otras moléculas como grasas o hidratos de carbono. También lo son para las síntesis y mantenimiento de diversos tejidos o componentes del cuerpo, como los jugos gástricos, la hemoglobina, las vitaminas, las hormonas y las enzimas (estas últimas actúan como catalizadores biológicos haciendo que aumente la velocidad a la que se producen las reacciones químicas del metabolismo). Asimismo, ayudan a transportar determinados gases a través de la sangre, como el oxígeno y el dióxido de carbono, y funcionan a modo de amortiguadores para mantener el equilibrio ácido-base y la presión oncótica del plasma.

Otras funciones más específicas son, por ejemplo, las de los anticuerpos, un tipo de proteínas que actúan como defensa natural frente a posibles infecciones o agentes externos; el colágeno, cuya función de resistencia lo hace

imprescindible en los tejidos de sostén o la miosina y la actina, dos proteínas musculares que hacen posible el movimiento, entre muchas otras.

La calidad de una proteína depende en gran parte de la concentración de sus aminoácidos. Los aminoácidos son las unidades estructurales básicas de las proteínas, su estructura general se presenta en la

Figura 5. Químicamente, son compuestos orgánicos caracterizados por poseer un grupo amino y un grupo carboxílico. Según la posición relativa a la que se une el grupo amino con respecto al carboxilo, los aminoácidos pueden ser  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -, o  $\delta$ - aminoácidos. Los aminoácidos que forman parte de las proteínas son los llamados  $\alpha$ -aminoácidos (Badui, 2013).



**Figura 5.** Estructura general de los aminoácidos

**Fuente:** Badui, 2013

En la naturaleza se han descubierto más de 700 aminoácidos, siendo la mayoría de ellos  $\alpha$ - aminoácidos sintetizados por bacterias, hongos y algas. Únicamente, 20  $\alpha$ - aminoácidos son utilizados por las células para la síntesis proteica. Los  $\alpha$ - aminoácidos que forman parte de las proteínas se unirán entre sí mediante un enlace covalente entre el grupo carboxilo de un aminoácido y el grupo amino del siguiente denominado enlace peptídico (Fennema, 2000).

Un aminoácido es una molécula orgánica que en su estructura contiene un grupo amino ( $\text{NH}_2$ ) y un grupo carboxilo ( $\text{COOH}$ ). Los aminoácidos son los monómeros a partir de los cuales se forman las proteínas. En la naturaleza existen más de 300 aminoácidos diferentes, pero solo 20 de ellos se encuentran codificados en el DNA y por tanto son los constituyentes de las proteínas en donde se encuentran contenidos en distintas proporciones.

Las proteínas son esenciales en la dieta. Los aminoácidos que las forman pueden ser esenciales o no esenciales. En el caso de los primeros, no los puede producir el cuerpo por sí mismo, por lo que tienen que adquirirse a través de la alimentación. Son especialmente necesarias en personas que se encuentran en edad de crecimiento como niños y adolescentes y también en mujeres embarazadas, ya que hacen posible la producción de células nuevas. La calidad de una proteína depende de su contenido en aminoácidos esenciales, los mismos que deben suministrarse a través de los alimentos que integran la dieta, ya que nuestro organismo no tiene la capacidad de sintetizarlos. Ellos son: leucina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, valina, triptófano y arginina (Lehninger, Cox & Nelson, 2008).

Los aminoácidos no esenciales, son aquellos que un organismo puede sintetizar. Dentro de este grupo se encuentran la: alanina, arginina, ácido aspártico y cisteína, ácido glutámico y glutamina, glicina, prolina, serina, histidina y tirosina (Latham, 2002).

Aminoácidos condicionales, son aquellos que por lo regular no son esenciales, excepto en momentos de enfermedad y estrés. Estos incluyen: arginina, cisteína, glutamina, tirosina, glicina, ornitina, prolina y serina. (Latham, 2002).

### **Palma Africana**

La Palma Africana (*Elaeis guineensis*) es una planta perteneciente a la familia Arecaceae, originaria del Golfo de Guinea (África Occidental) y en la actualidad se encuentra distribuido en las regiones tropicales de América y Asia. De su fruto se extrae aceite. Ver Figura 6. Es una planta perenne que puede vivir más de 100 años, pero bajo cultivo sólo se le permite llegar hasta los 25 años, que es cuando alcanza los 12 m de altura. En estado natural llega a superar los 40 metros. Es una planta propia de la región tropical calurosa (selva húmeda tropical cálida), crece a altitudes por debajo de los 500 msnm, aunque se desarrolla bien en regiones pantanosas. (EcuRed, 2021)



**Figura 6:** Palma Africana (*Elaeis guineensis*)

**Fuente:** EcuRed, 2021

### ***Producción de palma africana***

En Ecuador, en el censo del año 2000 se reportó una producción de 1,24 millones de toneladas y en el 2012 se incrementó a 2,65 millones de toneladas (ESPAC-INEC 2019), registrando una tasa de crecimiento promedio anual de 8,26% y entre el año 2000 al 2012 un incremento de la producción nacional de palma africana en el Ecuador en un 114%, debido principalmente a la creciente demanda internacional de este producto y al incremento en los precios internacionales.

Para el 2019 reveló una superficie sembrada 246.574 ha de cosechada de 200.908 hectáreas, con una producción de 2.275.948 Tm y se vendieron 2.275.580 Tm (ESPAC-INEC 2019)

En el 2019, la superficie plantada de palma africana a nivel nacional fue de 246.574 hectáreas. La producción se concentra en la provincia de Esmeraldas con el 34,42%. (ESPAC-INEC 2019)

## ***Producción de raquis de palma***

Los frutos contenidos en los racimos frescos de la palma africana, ver Figura 7, representan el 65 % del racimo en peso y en volumen, los mismos son separados para extraer el aceite contenido en ellos, el 35 % restante lo constituyen los racimos vacíos, conocidos también como raquis. (Gómez y Rodríguez, 2009).



**Figura 7:** frutos y racimos frescos de palma africana

**Fuente:** Infoagro, 2021

En Ecuador existen 47 plantas extractoras de aceite crudo, ubicadas estratégicamente en las zonas de Santo Domingo de los Colorados, Quevedo, Quinindé, San Lorenzo y en La Amazonía, y de acuerdo a su capacidad instalada para la extracción de aceite crudo, las más importantes son: Palmoriente, Palmeras de los Andes y Palmeras del Ecuador con una capacidad de procesamiento de alrededor de 30 TM/h. (ANCUPA, 2011).

Del fruto fresco de la palma africana se extrae el aceite de palma, mediante varias operaciones convencionales, las cuales producen grandes cantidades de subproductos lignocelulósicos en forma de: hojas, racimos vacíos, tortas de palmiste, fibras de cáscaras y cuescos. (Gómez y Rodríguez, 2009).

Los racimos vacíos llamados también raquis, pinzotes o escobajos, ver Figura 8, se obtienen en el proceso de desfrute, el cual consiste en la separación mecánica de los frutos del racimo, y constituyen según valoraciones de un 20 a 35 % del peso total del racimo con frutos frescos. Los frutos desprendidos son transportados a un digestor y el raquis es descargado en una banda transportadora a un patio, su disposición final en algunas plantas extractoras se realiza una vez a la semana, por lo cual, en esta área existe el problema de que, a corto plazo, el raquis se convierte en un material contaminante, por producir moscas, insectos varios y roedores. (Law *et al.*, 2007)

Con el crecimiento de la demanda de aceite de palma africana en los últimos años, la cantidad de racimos vacíos ha aumentado, generando un importante problema ambiental. En algunas industrias

aceiteras, los racimos de fruta vacíos son principalmente incinerados para producir ceniza, la cual es devuelta al campo como fertilizante; sin embargo, la quema de estos residuos también crea un grave problema de contaminación atmosférica. (Hashim *et al.*, 2011)



**Figura 8:** Raquis de palma

**Fuente:** Propalma 2021

Por esta razón, se han llevado a cabo varios trabajos con el fin de encontrar métodos de procesamiento orientados a reutilizar estos desechos y reducir el impacto ambiental causado.

En sí, los racimos de fruta vacíos o raquis se componen de un tallo principal y de numerosas espiguillas con espinas afiladas en las puntas. Además, consta de haces vasculares, elásticos y flexibles, que están integrados en los tejidos del parénquima, similar a lo que se encuentra en troncos y malezas. (Hasibuan y Wan Daud, 2004)

En la Tabla 3 se presenta, la composición química de las fibras de raquis de la palma africana reportada en la bibliografía.

**Tabla 3.** Composición de las fibras de raquis de palma africana

<b>Componente</b>	<b>Composición presente en las fibras (%)</b>
Lignina	18,1
Cenizas	3,8
Hemicelulos	22,1
Celulosa	59,7

**Fuente:** Misson *et al.*, 2009

## Gandul

El gandul es una leguminosa arbustiva que también se conoce como fréjol de palo, gandul o pichuncho. Su nombre científico es *Cajanus cajan*, ver Figura 9. Posee gran importancia dentro de la alimentación animal y humana por su aporte de proteínas (23%), carbohidratos y minerales. Además, es utilizado en los sistemas agrosilvopastoriles por sus diversos beneficios como mejorador del suelo, productor de sombra, barrera viva, entre otros (Castañeda, 2000). El gandul es procedente de la India y África, y se encuentra ampliamente distribuido en el mundo.



**Figura 9:** Gandul (*Cajanus cajan*)

**Fuente:** Castañeda, 2000

En el Ecuador las zonas propicias para su cultivo son Guayas: Milagro, Pedro Carbo y Daule. Los Ríos: Ventana, Pueblo Viejo, Catarama y Babahoyo. Manabí: Jipijapa, Paján y Cascol.

El grupo Fadesa en el año 2005 contrató 11.000 ha para la producción de fréjol de palo o gandul en las zonas de Manabí, Los Ríos y Guayas. Las dependencias de Ecuavegetal en Babahoyo y Sabanilla pertenecientes a este grupo, procesaron 13.640 y 18.200 Ton de gandul fresco respectivamente en el año 2002, destinadas a elaborar conservas (Zentenaro, 2004).

Uno de los desechos del proceso para elaborar las conservas del gandul lo constituye la cáscara de gandul, la misma que representa el 50% de la materia prima (Zentenaro, 2004), ver

**Figura 10.** Estos residuos son apilados en los alrededores de la empresa y una parte de ellos es utilizada por los pequeños ganaderos que acuden a solicitar se les done la cáscara o bien acercan sus reses para alimentarlas. Hecho que no soluciona el hacinamiento y putrefacción de este residuo, dando como

resultado la contaminación del medio ambiente y un contraste desfavorable con el paisaje. La cáscara de gandul está exclusivamente disponible durante el período de cosecha comprendido entre agosto a diciembre.



**Figura 10.** Vainas de gandul secas sin semilla

**Fuente:** Autora

Dado lo anterior parece lógico aprovechar este “desperdicio” como reserva de seguridad alimentaria en los periodos de escasez de pastos (verano) y para el cultivo de macrohongos comestibles, aliviando en parte el problema de la eliminación de residuos contribuyendo a disminuir el impacto ambiental.

La cáscara de gandul contiene el 6% de proteína bruta en base seca y un contenido de fibra de 36,24% (Zentenaro, 2004).

### **Salvado de Soya**

El salvado de soya o cáscaras de soja, son un subproducto de la extracción de aceite de semillas de soja (*Glycine max* (L.) Merr.). Después de ingresar al molino de aceite, la soja se tamiza para eliminar los granos rotos y dañados y el material extraño. A continuación, se parten los granos y se quitan las cáscaras, que consisten principalmente de las capas exteriores. Las cáscaras son materiales fibrosos que no tienen lugar en la alimentación humana, pero son muy valiosos para los rumiantes, ver Figura 11. Las cáscaras de soja a menudo se reintroducen en la harina de aceite final para reducir su contenido de proteínas, lo que da como resultado tipos de harina de soja con una cantidad máxima de proteína más grasa del 44 al 48%. Sin embargo, este uso final disminuye cuando aumenta la demanda de harina de soja rica en proteínas. Por lo tanto, las cáscaras de soja están disponibles y son alimentos muy valiosos para la alimentación del ganado en la granja (Extensión, 2008).



**Figura 11.** Cascarillas de soya

**Fuente:** Feedipedia 2021

### ***Obtención***

Al procesar la semilla de soya, la cáscara se separa por aspiración, representando alrededor del 8% del peso total y conteniendo el 40% de la fracción fibrosa. Posteriormente se tuesta durante una hora a 90° para reducir al máximo la actividad microbológica, este proceso reduce la actividad ureásica y muy probablemente también su capacidad alergénica, por último, habitualmente se granula debido a su bajo peso específico y para poder reducir costos de transporte.

### ***Valor nutricional***

El valor nutricional de las cáscaras de soya es bastante bueno, pero también muy variable, la variabilidad de las cáscaras de soya se debe principalmente a la clasificación errónea entre las cáscaras de soya bien limpiadas y el pienso de los molinos de soya o el procesamiento de los molinos de soya, dos subproductos que todavía contienen partículas de granos de semillas y, por lo tanto, son más altos en proteínas y más bajos en fibra. Como resultado, los productos comercializados como "cáscaras de soya" pueden tener un contenido de proteína relativamente alto (9-18% de MS) y ser altamente digestibles. La fibra de la cáscara de la soya se fermenta rápidamente y puede contener cantidades sustanciales de pectina. Las cáscaras de soya tienen un NDF alto (52-74% de MS), pero debido a su pequeño tamaño de partícula, el NDF efectivo es mucho menor. Las cáscaras de soya a veces se consideran un alimento energético en lugar de un forraje (Extensión, 2008).

En la Tabla 4 se presenta, la composición química del salvado de soya reportada en la bibliografía.

**Tabla 4.** Composición del salvado de soya

<b>Análisis</b>	<b>Unidad</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación estándar</b>
<b>Materia seca</b>	% semilla	89,1	1,0
<b>Proteína cruda</b>	% DM	13,1	1,8
<b>Fibra cruda</b>	% DM	38,9	2,6
<b>Fibra detergente neutra</b>	% DM	64,4	5,1
<b>Fibra detergente acida</b>	% DM	46,2	3,4
<b>Lignina</b>	% DM	2,3	0,8
<b>Extracto de éter</b>	% DM	2,2	0,9
<b>Ceniza</b>	% DM	5,2	0,3
<b>Almidón (polarimetría)</b>	% DM	5,2	3,5
<b>Azúcar total</b>	% DM	1,6	1,3
<b>Energía bruta</b>	MJ/kg DM	18,2	0,3
<b>Minerales</b>			
<b>Calcio</b>	g/kg DM	5,5	1,1
<b>Fosforo</b>	g/kg DM	1,6	0,6
<b>Potasio</b>	g/kg DM	13,8	1,8
<b>Sodio</b>	g/kg DM	0,1	0,1
<b>Magnesio</b>	g/kg DM	2,6	0,3
<b>Manganeso</b>	mg/kg DM	24	10
<b>Zinc</b>	mg/kg DM	48	17
<b>Cobre</b>	mg/kg DM	8	3
<b>Hierro</b>	mg/kg DM	669	326

**Fuente:** Feedipedia 2021

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) indica que la Producción Mundial de Soja del 2020 fue de 361 millones de toneladas, de los cuales Ecuador produjo 40.000 toneladas métricas (Producción Agrícola Mundial 2021). Se estima que las cáscaras de soya representan alrededor del 5% del peso de la soya, por lo que se puede estimar que la producción de cáscara de soya fue de unos 18 millones de toneladas en ese año, de lo cual solo una parte de la producción total se utiliza directamente como alimento, ya que las cáscaras se reincorporan a la harina de soya para cumplir con el contenido de proteína pretendido.

## Pajas de cebada y trigo

La paja de cereales es un subproducto fibroso altamente disponible, aunque su utilización en alimentación animal está limitada por su bajo valor nutritivo, ver Figura 12. La composición de la paja depende de la proporción de hojas/tallos, el diámetro del tallo y la altura de la planta, de modo que se presentan variaciones ligadas a la especie, el ecotipo o la climatología. Las pajas más abundantes en España por la extensión de su área de cultivo y su facilidad de recolección son las de trigo y cebada. Ambas tienen una composición similar, siendo el valor energético algo superior en la cebada. (Fedna 2021)



**Figura 12.** A. Paja de cebada B. Paja de trigo

**Fuente:** Autora

La mayor parte de los componentes de las pajas de cereales (incluyendo proteína y minerales), ver Tabla 5, están asociados a la pared celular. Como media, contienen un 72% de FDN distribuida en un 38% de celulosa, un 25% de hemicelulosa, un 8% de lignina y un 0,2% de cutina. Las dos primeras son potencialmente fermentables por la flora digestiva, pero su degradación se ve limitada por la estructura cristalina de la celulosa y por la existencia de enlaces covalentes con la lignina. (Fedna 2021)

**Tabla 5.** Composición de las pajas de Cebada y Trigo

<b>Análisis</b>	<b>Unidad</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación estándar</b>
<b>Proteína cruda</b>	% DM	3,7	0,8
<b>Fibra cruda</b>	% DM	36,0	1,6
<b>Fibra detergente neutra</b>	% DM	72,0	5,1

<b>Fibra detergente acida</b>	% DM	46,4	3,0
<b>Humedad</b>	% DM	8,3	0,8
<b>Extracto de éter</b>	% DM	1,6	0,5
<b>Ceniza</b>	% DM	7,2	0,3
<b>Almidón (polarimetría)</b>	% DM	0,7	0,1
<b>Azúcar total</b>	% DM	1,3	0,3
<b>Minerales</b>			
<b>Calcio</b>	g/kg DM	3,0	0,8
<b>Fosforo</b>	g/kg DM	0,7	0,2
<b>Potasio</b>	g/kg DM	11,0	1,8
<b>Sodio</b>	g/kg DM	0,6	0,1
<b>Magnesio</b>	g/kg DM	1,0	0,3
<b>Cloro</b>	g/kg DM	4,0	1,0
<b>Azufre</b>	g/kg DM	1,5	0,7
<b>Manganeso</b>	mg/kg DM	37	10
<b>Zinc</b>	mg/kg DM	16	7
<b>Cobre</b>	mg/kg DM	4	1
<b>Hierro</b>	mg/kg DM	180	26

**Fuente:** Fedna 2021

La paja tiene un bajo contenido en proteína (3,7%) que, además, es casi totalmente indigestible. Esto es debido a que en su mayor parte (75%) se encuentra ligada a la pared celular. El resto está constituido por nitrógeno no proteico fácilmente soluble. Por otra parte, presenta marcadas deficiencias en la mayor parte de los macrominerales (excepto potasio, cloro y hierro).

La paja constituye casi siempre la mitad de la vegetación que se puede cosechar de un cultivo. Tales materiales se pueden transformar en productos con valor económico utilizándolos para el cultivo de hongos comestibles.

### **Rastrojo de Maíz**

En la provincia Bolívar se cultivan actualmente 38.000 has de maíz suave harinoso tardío de tipo guagales, de las cuales aproximadamente 25.000 ha, se dedican a la producción de maíz para choclo, y las 13.000 ha, para la producción de grano seco, Figura 13. La siembra de maíz se realiza principalmente en terrenos de topografías irregular, donde prevalece el minifundio y en un 86% el sistema de producción es el maíz asociado con frejol.

En particular, el cultivo del maíz produce grandes volúmenes de rastrojos, del total de la planta solo el 50% corresponde a grano, el otro 50 % está integrado por hojas, cañas y mazorcas. Para manejar estos volúmenes de rastrojos, las quemadas son la práctica tradicionalmente utilizada para eliminar los residuos de cosecha de manera económica, fácil y rápida, ya que permite una eliminación o reducción de grandes volúmenes de residuos del cultivo, dejando el terreno libre para las labores posteriores de labranza y

siembra, (Ventrella et al., 2016). Sin embargo, esta actividad de quema de los rastrojos genera contaminación al ambiente, surgiendo como alternativa su utilización para el cultivo del hongo *Pleurotus*.



**Figura 13:** Rastrojos de maíz

**Fuente:** Autora

La composición del rastrojo de maíz, se presentan en la Tabla 6, los niveles de FC de estos materiales fibrosos están por encima del 35%, los niveles de FDA, entre 45 y 55%. Los niveles de PC son bajos, alrededor del 5%, mientras que los niveles de ceniza son altos, siendo indicadores de baja calidad. (Fuentes et al. 2001)

**Tabla 6.** Composición del rastrojo de maíz

<b>Análisis</b>	<b>Unidad</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación estándar</b>
<b>Proteína cruda</b>	% DM	5,38	0,8
<b>Fibra cruda</b>	% DM	42,1	1,6
<b>Fibra detergente neutra</b>	% DM	72,5	5,1
<b>Fibra detergente acida</b>	% DM	46,8	3,0
<b>Humedad</b>	% DM	10,1	0,8
<b>Extracto de éter</b>	% DM	1,3	0,5
<b>Ceniza</b>	% DM	6,8	0,3
<b>Minerales</b>			
<b>Calcio</b>	g/kg DM	5,7	0,8
<b>Fosforo</b>	g/kg DM	1,0	0,2

**Fuente:** Fuentes et al. 2001

## Residuos de lenteja

Los residuos de las leguminosas como la lenteja tienen un valor forrajero mayor que el de muchas pajas de cereales. De la cosecha se genera toda la parte foliar de la planta y luego de separar los granos de las vainas secas, Figura 14. Vainas secas de lenteja, estos materiales se constituyen en alimentos valiosos por su valor nutricional para la alimentación animal y para el cultivo de hongos



**Figura 14.** Vainas secas de lenteja

**Fuente:** Autora

## Bagazo de Caña

De la planta de caña de azúcar se desprenden las hojas de la caña de azúcar, el cogollo que es la parte verde de la planta que queda en el campo (hojas verdes y pedazos de tallos). La biomasa obtenida como subproducto de la industria azucarera, Figura 15, constituye el mayor recurso desde todos los puntos de vista, ya que, en una tonelada de caña fresca, aproximadamente, el 32 % es de bagazo integral y el 28 % de paja y cogollo de caña (Residuo Agrícola Cañero, RAC) (Martínez et al, 2013), el bagazo puede ser utilizado con fines energéticos y es un buen sustrato para el cultivo de hongos comestibles.



**Figura 15.** Caña y bagazo de caña

**Fuente:** Autora

La composición del rastrojo de maíz, se presentan en la Tabla 7, los niveles de humedad son bastante elevado, con niveles de fibra elevados, los niveles de PC son bajos, alrededor, mientras que los niveles de ceniza son altos, siendo indicadores de baja calidad. (Lagos-Burbano et al 2019).

**Tabla 7.** Composición del bagazo de caña

<b>Análisis</b>	<b>Unidad</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación estándar</b>
<b>Proteína cruda</b>	% DM	2,2	0,8
<b>Fibra cruda</b>	% DM	33,3	1,6
<b>Fibra detergente neutra</b>	% DM	71,8	5,1
<b>Fibra detergente acida</b>	% DM	40,7	3,0
<b>Humedad</b>	% DM	55,4	0,8
<b>Ceniza</b>	% DM	2,3	0,3
<b>Minerales</b>			
<b>Calcio</b>	g/kg DM	1,0	0,8
<b>Fosforo</b>	g/kg DM	1,0	0,2

**Fuente:** Lagos-Burbano et al 2019

### Cascarilla de Arroz

La provincia Los Ríos se encuentra ubicada en el Litoral ecuatoriano, es parte vital de la cuenca del río Guayas, con una extensión de 7 509 km<sup>2</sup>, equivalente al 2,8 % del territorio nacional. Tiene una población de 778 115 habitantes. El área de labor agrícola tiene una superficie aproximada de 529 702 ha, se encuentra ubicada dentro de una zona subtropical. En esta provincia el 62 % de la población está vinculada a la agricultura de manera directa. Los principales cultivos que se siembran en esta provincia son los de ciclo transitorio, por ser de fácil manejo, adaptados a las condiciones climáticas, el maíz (*Zea mays* L.) alcanza rendimientos de 566 043 t ha<sup>-1</sup>, el arroz (*Oryza sativa* L.) 242 879 t ha<sup>-1</sup> y la soja (*Glycine max* L.) 4 178 t ha<sup>-1</sup>, al relacionarlos con los rendimientos nacionales, representan el 39,42; 22,77 y 92,95 % respectivamente, con lo cual se logra abastecer la seguridad alimentaria en un 7,25 % de la demanda nacional (González et al 2020). Toda esta producción agrícola genera grandes cantidades de desechos, siendo la más numerosa la cascarilla de arroz, ver Figura 16 y Figura 17.



**Figura 16.** Cultivo de arroz Proyecto Organización de arroceros CEDEGE

**Fuente:** Autora



**Figura 17.** Arroz cosechado. Organización de arroceros CEDEGE

**Fuente:** Autora

La composición de la cascarilla de arroz, se presenta en la Tabla 8, los niveles de humedad son bastante elevado, con niveles de fibra elevados, los niveles de PC son bajos, mientras que los niveles de sílice son bastante altos, siendo indicadores de baja calidad. (Vargas et al 2013).

**Tabla 8.** Composición de la cascarilla de arroz

<b>Análisis</b>	<b>Unidad</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación estándar</b>
<b>Proteína cruda</b>	% DM	2,5	0,8
<b>Fibra cruda</b>	% DM	40,2	1,6
<b>Fibra detergente neutra</b>	% DM	70,0	5,1
<b>Fibra detergente acida</b>	% DM	60,0	3,0
<b>Humedad</b>	% DM	55,4	0,8
<b>Celulosa</b>	% DM	32,0	1,8
<b>Ceniza</b>	% DM	2,3	0,3
<b>Minerales</b>			
<b>Calcio</b>	g/kg DM	1,0	0,8
<b>Sílice</b>	g/kg DM	20,5	1,8
<b>Fosforo</b>	g/kg DM	0,5	0,2

**Fuente:** Vargas 2013

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

## MARCO METODOLÓGICO

### Caracterización fisicoquímica de los residuos agrícolas

Se inició la investigación seleccionando algunos de los residuos lignocelulósicos agrícolas de la provincia de Bolívar y desechos agroindustriales de la provincia de Los Ríos- Ecuador, a los cuales se los caracterizó desde el punto de vista de su composición fisicoquímica, lo que permitió conocer su composición y desarrollar procesos biotecnológicos en base a los materiales disponibles en la zona, para el diseño de sustratos puros o en mezclas para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*.

### Materiales experimentales y aditivos

Cepa de hongo *Pleurotus ostreatus* (716/12).

### Sustratos

Vainas de gandul, raquis de palma aceitera, rastrojos de maíz y lenteja, pajas de cebada y trigo, bagazo de caña de azúcar y cascarilla de arroz.

### Aditivos

Carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y salvado de soya (*Glycine max L.*), como fuente nitrogenada.

### Equipos y materiales

Cuarto climatizado (con control de temperatura, humedad, luminosidad, ventilación), autoclave, cámara de flujo laminar, picadora de heno, balanza, baldes de 20 l de plástico, calibrador de vernier, fundas de alta densidad, fundas de polipropileno y estanterías móviles de aluminio.

### Mediciones experimentales

#### En la materia prima

De cada uno de los sustratos se recolectaron aproximadamente 20 kg de forma aleatoria, posteriormente se trasladaron a una bodega bajo cubierta para realizar el secado natural según las características de la biomasa con la finalidad de uniformar la humedad. Después de dos semanas se tomaron muestras por triplicado de aproximadamente 4 kg de cada residuo para la realización de los respectivos análisis. El muestreo se realizó según la norma española para residuos sólidos (CEN/TS 14778-1. 2005), estas muestras fueron analizadas en el laboratorio de Bromatología del Departamento de Investigación de la Universidad Estatal de Bolívar; se realizan los siguientes análisis:

**Humedad:** Con el método establecido bajo la norma (AOAC925.10).

**Cenizas:** Con el método establecido bajo la norma (AOAC923.03).

**Fibra:** Con el método establecido bajo la norma (A.O.A.C, 1984). Fibra detergente neutra (F.D.N) (VAN SOEST, 1970); fibra detergente ácida (F.D.A) (VAN SOEST, 1970)

**Celulosa:** por diferencia de la FDA y la lignina

**Hemicelulosa:** por diferencia de la FDN y la FDA

**Lignina:** Con el método establecido bajo la norma (VAN SOEST, 1970)

**Potencial de hidrogeno (pH):** mediante el método del potenciómetro según la metodología establecida en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 0389:86.

**Nitrógeno:** Con el analizador elemental, según la metodología establecida Dumas.

**Carbono:** Con el analizador elemental marca (Vario Macro Cube/1922261/120V)

**Minerales:** K, Mg, Fe, Ca, Mn, Cu y Zn, se determinaron por absorción atómica, el P por colorimetría.

### ***En la producción de hongos***

Para evaluar la producción en cada sustrato se cosecharon los basidiomas producidos en tres oleadas, en un periodo de producción entre 62 y 74 días, tiempo transcurrido desde el inicio de la siembra hasta la última cosecha.

A los residuos agroindustriales se les realizó los análisis de control durante la producción del hongo (incubación, fructificación y cosecha), que se realizó a temperatura controlada en la planta piloto de Fermentaciones sólidas de la Universidad Estatal de Bolívar. Los análisis físico-químicos y el contenido de proteína se realizaron en los laboratorios de Investigación de la Institución.

**Tiempo de formación de primordios (TFP).** Esta variable se evalúa contabilizando el tiempo transcurrido en días, desde la siembra hasta la completa colonización de los sustratos de cada tratamiento y la iniciación de la fructificación (aparición de primordios).

**Tamaño de los carpóforos (TC).** Se registró mediante la medición en cm de los carpóforos cosechados en cada racimo haciendo uso del calibrador digital de Vernier.

**Peso del hongo fresco.** Se pesa en gramos la producción de hongos cosechado en cada tratamiento, con la ayuda de una balanza digital (marca: Ventus).

### **Eficiencia biológica (EB)**

Esta relación se determina haciendo el cálculo entre el peso del hongo fresco y del sustrato seco utilizado.

$$EB = \frac{\text{Peso del hongo fresco}}{\text{Peso del sustrato seco}} \times 100$$

**Contenido de Proteína en el hongo (PH).** Se determina el porcentaje de proteína en los hongos cosechados en cada tratamiento, utilizando el método Kjeldahl AOAC. (2005) 928.08.

## Manejo del experimento

### *Recepción de la materia prima*

Las cascaras de gandum fueron donadas por la empresa agroindustrial Ecuavegetal, en el estado como se observa en la Figura 18



**Figura 18.** Cascaras de gandum donadas por la empresa agroindustrial Ecuavegetal

**Fuente:** Autora

Los raquis de palma fueron donados por la empresa agroindustriales Oleoríos. en el estado como se observa en la Figura 19.



**Figura 19.** Raquis de palma donados por la empresa agroindustriales Oleorío  
**Fuente:** Autora

### *Secado*

Los residuos agroindustriales se trasladan a una bodega de almacenamiento ubicada en el complejo agroindustrial, se colocan sobre bandejas y se dejan expuesto al ambiente para su secado. Como se observa en la Figura 20.



**Figura 20.** Material vegetal en el proceso de secado  
**Fuente:** Autora

### ***Picado***

Los materiales secos se cortan en trozos de 2 a 5 cm, según su naturaleza, posteriormente se registra el peso de cada uno.

### ***Hidratación***

El material vegetal se coloca en sacos y se somete a hidratación en agua por un tiempo aproximado de 10 horas, hasta alcanzar una humedad de 70-75 %. Como se observa en la Figura 21.



**Figura 21.** Material vegetal en proceso de hidratación.

**Fuente:** Autora

### ***Ecurrido***

Se escurre el exceso de agua sobre una mesa inclinada por 30 minutos. Como se observa en la Figura 22.



**Figura 22.** Material vegetal en proceso de escurrido.

Fuente: Autora

### *Mezclado y Pesado*

Se realiza la mezcla de los sustratos con el 2 % de carbonato de calcio y se pesan los sustratos de acuerdo a los tratamientos indicados en el diseño experimental. Como se observa en la Figura 23 y Figura



24.

**Figura 23.** Proceso de mezclado de los sustratos según el diseño experimental

Fuente: Autora



**Figura 24.** Proceso de pesado de los sustratos

Fuente: Autora

### ***Esterilización***

La esterilización se realiza en un autoclave (Autoclave vertical Semi-automático de acero Inox. X 75 L. Marca Numak, Modelo Zx-75kbs), a 121 °C por 45 min. Este proceso térmico tiene como finalidad eliminar parte de la carga microbiana contaminante que puede tener el material vegetal.

### ***Enfriado.***

El material esterilizado se deja enfriar sobre una mesa totalmente desinfectada hasta una temperatura de alrededor de 25 °C.

### ***Siembra.***

La siembra se realiza en la cámara de flujo laminar utilizando fundas de polietileno transparente de 40 x 60 cm, 3 bolsas por mezcla, inoculando el 4 % de semilla de *Pleurotus ostreatus* en relación al sustrato húmedo, el método de siembra empleado es por capas. Se perforaron las bolsas en forma longitudinal y en el fondo, con una punta de acero estéril, para promover una condición de semi-anaerobiosis requerida en la fase inicial de invasión del micelio, posteriormente se comprime el sustrato y se procede a cerrar las bolsas utilizando hilo plástico (piola).

### ***Incubación***

Se incuban las bolsas en oscuridad a una temperatura de entre 22 y 26 °C, como se observa en la Figura 25. Se realizan monitoreos permanentes, registró de temperatura y humead relativa.



**Figura 25.** Proceso de incubación

**Fuente:** Autora

Cuando los sustratos están completamente colonizados por el micelio del hongo (coloración blanca) se los traslada al cuarto de fructificación, como se observa en la Figura 26.



**Figura 26.** Sustratos Colonizados.

**Fuente:** Autora

### ***Fructificación***

Para que ocurra la fructificación, se requiere cambiar las condiciones experimentales, a una humedad relativa de 80 a 85 %, temperaturas de 18 a 23 °C y fotoperiodos de 12 horas luz/12 horas oscuridad, acompañados de ventilación. Donde se detecta la presencia de primordios se realizan los cortes más grandes en las fundas para facilitar el desarrollo del hongo, estas condiciones se mantienen por 4-5 días. Ver Figura 27 y Figura 28.



**Figura 27.** Proceso de fructificación

**Fuente:** Autora



**Figura 28.** Proceso de fructificación

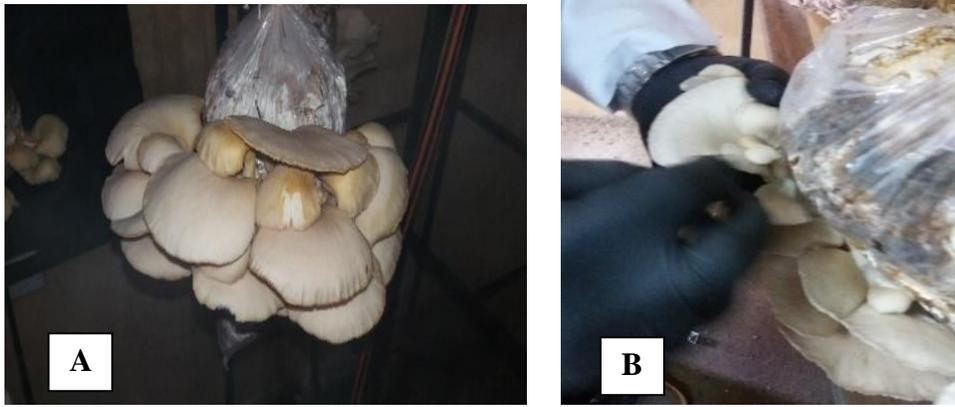
**Fuente:** Autora

### ***Producción***

En esta etapa se mantuvo la temperatura entre 18-22 °C y humedad relativa entre 85-90%. Las instalaciones para el cultivo del hongo permitieron hacer un control automático de la humedad y temperatura. Los dos parámetros de medición se registraron en forma digital en el tablero de comandos del cuarto climatizado. Se monitoreó permanentemente la producción

### ***Cosecha***

Se realiza la cosecha de los carpóforos en su estado adulto cuando el píleo estuvo totalmente extendido; los hongos fueron cosechados manualmente con la ayuda de una navaja estéril y se pesan en una balanza digital y se miden los hongos colectados, por cada bolsa o unidad experimental Figura 29, Figura 30, Figura 31 y Figura 32. La cosecha correspondió a tres oleadas.



**Figura 29.** A. Carpóforos listos para la cosecha. B. Recoleccion, cortandolos con una navaja.

**Fuente:** Autora



**Figura 30.** Proceso de medición de los carpóforos colectados

**Fuente:** Autora



**Figura 31.** Carpóforos colectados empacados en fundas por unidad experimental

**Fuente:** Autora



**Figura 32.** Se pesan las Fundas con los Carpóforos

**Fuente:** Autora

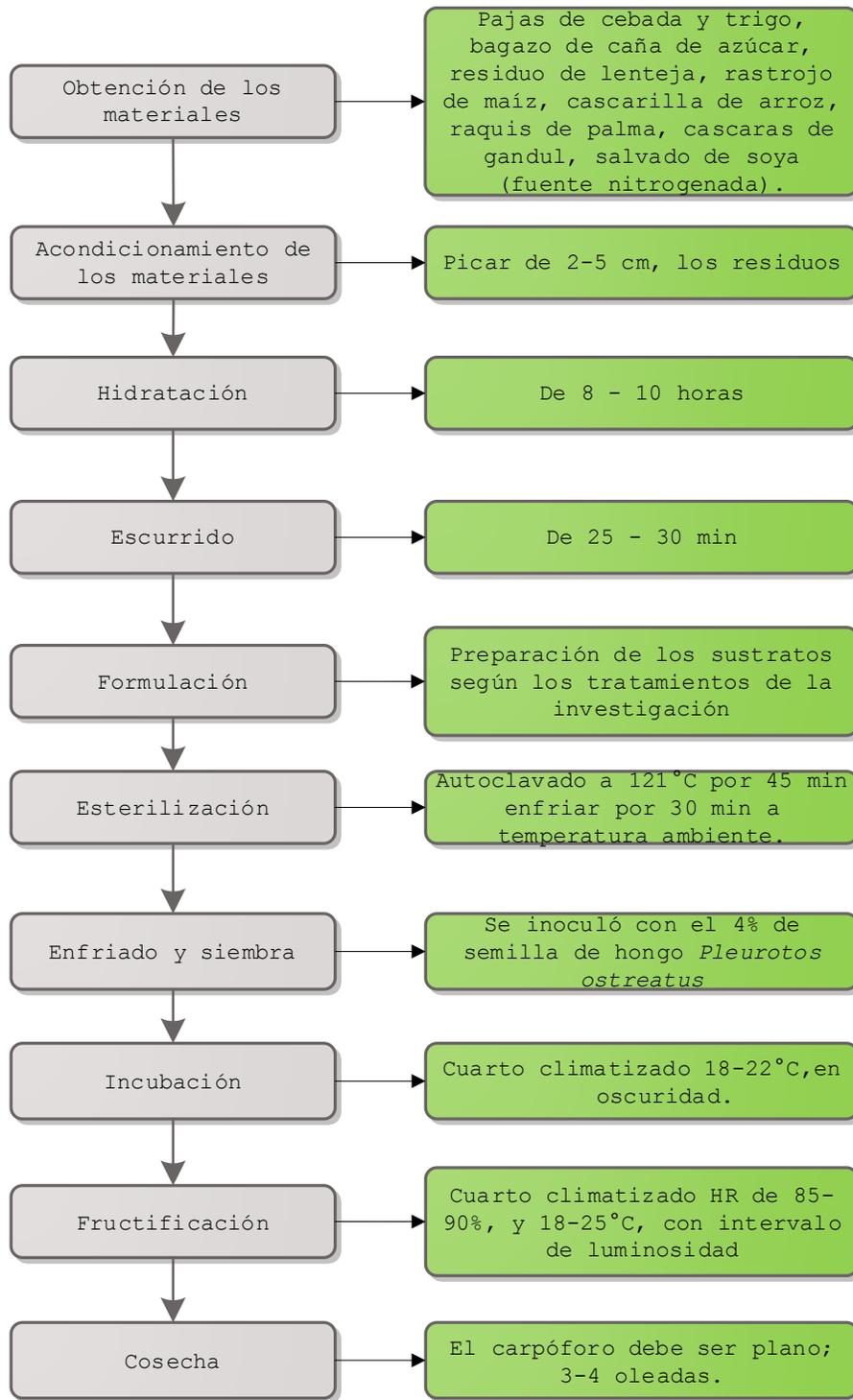
Se empacan en bandejas los carpóforos y se cubren con plástico para alimentos, como se ve en la Figura 33.



**Figura 33.** Empacado en bandejas de los Carpóforos

**Fuente:** Autora

En la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.** se presenta el diagrama de flujo del cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*.



**Figura 34.** Diagrama de flujo para la obtención de hongo *Pleurotus ostreatus*.

**Fuente:** Autora

## **CAPÍTULO IV**

### **RUSULTADOS**

## RESULTADOS

### Caracterización fisicoquímica de residuos agroindustriales

En la Tabla 9 se muestran los resultados de los valores promedio de los análisis de laboratorio realizados a los residuos agroindustriales.

**Tabla 9.** Valores medios y desviación estándar de la composición de los residuos agroindustriales.

Residuos	pH	Humedad (%)	Cenizas (%)	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Lignina (%)	Fibra (%)
Raquis de palma	7,19 (0,35)	9,87 (0,71)	4,44 (0,65)	58,70 (1,12)	21,20 (1,02)	17,90 (0,92)	48,23 (0,70)
Cáscara de gandul	6,94 (0,04)	13,93 (0,14)	3,71 (0,45)	39,32 (0,99)	19,41 (2,47)	20,53 (0,30)	36,21 (0,69)
Salvado de soya	7,08 (0,04)	11,93 (0,61)	4,51 (0,47)	37,53 (1,09)	19,45 (2,47)	8,05 (0,01)	39,90 (0,34)
Rastrojo de maíz	6,90 (0,10)	10,11 (0,22)	5,98 (0,11)	42,48 (0,24)	26,73 (0,30)	7,02 (0,04)	48,15 (1,63)
Cascarilla de arroz	6,83 (0,15)	9,12 (0,00)	13,59 (0,08)	36,53 (1,69)	18,41 (2,47)	22,53 (0,30)	47,57 (0,63)
Paja de cebada	6,77 (0,15)	13,81 (1,88)	9,75 (0,51)	47,14 (1,02)	21,35 (0,99)	10,53 (0,96)	51,89 (1,70)
Paja de trigo	6,70 (0,10)	13,61 (0,09)	10,64 (0,34)	52,11 (0,51)	20,09 (0,31)	10,68 (0,21)	57,71 (0,50)
Rastrojo lenteja	6,60 (0,10)	13,61 (0,09)	5,44 (0,00)	40,32 (0,99)	10,27 (2,10)	16,12 (0,03)	53,08 (0,89)
Bagazo de caña	5,13 (0,29)	13,91 (0,13)	2,57 (0,15)	44,87 (0,66)	16,99 (0,45)	14,40 (0,10)	47,37 (0,00)

Valores entre ( ) representan la desviación estándar

**Fuente:** Autora

Se puede apreciar que el pH presenta valores alrededor de 7, excepto el bagazo de caña de azúcar que presentó un valor de 5,13. En cuanto al contenido de humedad de los residuos presentó un intervalo entre 9,12 a 13,91 %. Las cenizas presentaron una amplia variación (2,57 a 13,59 %). La celulosa en los residuos analizados fue mucho más variable entre 36,53 % para la cascarilla de arroz hasta 52,11 % para la paja de trigo; la hemicelulosa mostró valores en un rango comprendido entre 10,27- 26,73 %, el valor más bajo correspondió al rastrojo de lenteja y el más alto al rastrojo de maíz y la lignina también presentó amplia variación desde 7,02 % para el rastrojo de maíz a 22,53 % para la cascarilla de arroz; el contenido de fibra fue alto (47,37 a 57,71 %). Los valores están dentro del rango reportado por Guzmán y col. (2008), siendo uno de los requerimientos para el cultivo del hongo *Pleurotus*. Como se puede apreciar la composición de los residuos analizados es diferente por lo que es importante conocer las características de cada uno de ellos, para su utilización en el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* como sustratos únicos o en mezclas, como en el presente estudio.

**Tabla 10.** Valores medios y desviación estándar del contenido de minerales de los residuos agrícolas analizados

Residuos	Hierro (mg/kg)	Cinc (mg/kg)	Mangan eso (mg/kg)	Cobr e (mg/kg)	Fósfo ro (%)	Potasi o (%)	Calcio (%)
<b>Raquis de palma</b>	310,19 (0,35)	46,87 (0,71)	48,44 (0,65)	23,70 (1,12)	0,10 (0,02)	1,20 (0,12)	0,25 (0,07)
<b>Cáscara de gandul</b>	156,94 (0,94)	11,97 (0,40)	33,51 (0,45)	3,82 (0,19)	0,21 (0,07)	1,13 (0,30)	0,25 (0,09)
<b>Salvado de soya</b>	407,08 (1,04)	25,93 (0,61)	24,51 (0,47)	7,53 (0,19)	0,15 (0,07)	1,05 (0,01)	0,20 (0,04)
<b>Rastrojo de maíz</b>	186,33 (2,64)	12,33 (0,70)	126,4 (0,33)	7,55 (0,53)	0,04 (0,01)	1,88 (0,20)	0,23 (0,05)
<b>Cascarilla de arroz</b>	135,00 (1,00)	10,66 (0,58)	98,0 (0,48)	6,66 (0,57)	0,07 (0,03)	0,11 (0,03)	0,06 (0,03)
<b>Paja de cebada</b>	461,44 (10,26)	22,11 (0,78)	59,0 (0,20)	6,47 (0,14)	0,14 (0,02)	2,96 (0,65)	0,29 (0,03)
<b>Paja de trigo</b>	416,89 (0,93)	17,88 (0,78)	63,4 (0,11)	12,55 (0,53)	0,03 (0,02)	0,92 (0,04)	0,14 (0,05)
<b>Rastrojo lenteja</b>	185 (1,00)	7,9 (0,10)	98,0 (0,40)	6,9 (0,10)	0,11 (0,04)	1,33 (0,04)	0,29 (0,02)
<b>Bagazo de caña</b>	188,67 (0,58)	69,66 (0,57)	123,0 (0,63)	23,66 (0,57)	0,04 (0,01)	0,12 (0,01)	0,12 (0,01)

Valores entre () representan la desviación estándar

**Fuente:** Autora

Como puede apreciarse en la Tabla 10, el mayor aporte de minerales minoritarios lo presentó el bagazo de caña de azúcar que junto al rastrojo de la caña de maíz mostró los mayores valores de manganeso, pero con valores superiores para el cobre y el cinc. En cuanto a los minerales mayoritarios solo existió una diferencia importante en el caso del potasio, el cual, de forma similar al de hierro, está presente en mayor proporción en la paja de cebada que en cualquier otro residuo. Estos resultados reflejan los valores medios que se han encontrado en los residuos analizados y su variabilidad está en dependencia de muchos factores tales como: tipo de planta, variedad, condiciones de cultivo, fertilidad del suelo, etc.

En la Tabla 11, se presentan los valores medios de carbono y la relación C/N de los residuos agrícolas, como puede observarse los mismos son ricos en fuente de carbono una de las exigencias para el cultivo del hongo *Pleurotus*. La relación C/N varió desde 7,89 a 140,89, valores que se encuentran en el intervalo citado en la literatura para el cultivo de este hongo (Ruilova 2015).

**Tabla 11.** Valores medios y desviación estándar del contenido de carbono, nitrógeno y la relación carbono nitrógeno de los residuos agrícolas analizados

<b>Residuos</b>	<b>C (%)</b>	<b>N (%)</b>	<b>C/N</b>
<b>Raquis de palma</b>	41,83 (0,26)	1,14 (0,07)	36,64 (1,93)
<b>Cáscara de gandul</b>	37,83 (0,7)	1,44 (0,42)	22,82 (5,60)
<b>Salvado de soya</b>	50,16 (1,02)	6,36 (0,26)	7,89 (0,43)
<b>Rastrojo de maíz</b>	53,54 (0,00)	0,38 (0,04)	140,89 (0,00)
<b>Cascarilla de arroz</b>	53,12 (0,04)	0,77 (0,00)	68,98 (0,46)
<b>Paja de cebada</b>	49,02 (0,03)	0,84 (0,00)	58,36 (0,30)
<b>Paja de trigo</b>	51,64 (0,04)	0,46 (0,05)	112,26 (0,00)
<b>Rastrojo lenteja</b>	49,05 (0,00)	1,29 (0,01)	39,68 (0,30)
<b>Bagazo de caña</b>	48,02 (0,09)	1,11 (0,00)	43,26 (0,08)

Valores entre ( ) representan la desviación estándar

**Fuente:** Autora

En relación al contenido de nitrógeno resaltan los rastrojos de lenteja, bagazo de caña de azúcar, paja de cebada y cascarilla de arroz (1,29, 1,11, 0,84 y 0,77 % respectivamente), los valores más bajos se reportan para la paja de trigo y el rastrojo de maíz (0,46 y 0,38 %), valores que pueden considerarse bajos para la obtención de una mayor eficiencia biológica y proteína en el hongo. Se considera que para el cultivo del hongo *Pleurotus*, el contenido de este elemento debe estar entre 0,5 y 1,5 %.

El contenido de nitrógeno fluctuó entre 0,38 a 1,29 %. Se considera que para el cultivo del hongo *Pleurotus* el contenido de este elemento debe estar entre 0,5 y 1,5 % (Sánchez y Royse, 2001; Pardo y col., 2008). La paja de trigo y el rastrojo de maíz (de mayor cultivo en la zona) presentaron valores de nitrógeno por debajo de 0,5 %, por lo que para ser utilizados en el cultivo del hongo deben mezclarse con otros residuos ricos en nitrógeno o suplirse con otra fuente rica en este elemento.

### Evaluación de los resultados de la producción del hongo cultivado en residuos agrícolas y agroindustriales puros

En la Tabla 12, se presentan los resultados de la evaluación de la producción del hongo cultivado en residuos agrícolas puros, analizando las variables respuesta: Peso del hongo fresco (PHF), eficiencia biológica (EB) y contenido de proteína del hongo (PH).

**Tabla 12.** Resultados de la producción del hongo cultivado en residuos agrícolas puros, analizando las variables respuesta

Residuo	Repl ica	Hume dad (%)	PBS	PHF	EB (%)	PH	
<b>Rastrojo de maíz</b>	R1	75,42	491,6	867,99	176,56	18,34	
	R2	75,40	492,0	743,58	151,13	21,45	
	R3	74,47	510,6	888,92	174,09	19,66	
	R4	74,43	511,4	811,79	158,74	20,34	C
<b>Cascarilla de arroz</b>	R1	74,40	512,0	864,13	168,78	20,03	
	R2	75,29	494,2	728,18	147,35	19,76	
	R3	74,32	513,6	819,43	159,55	21,36	
	R4	74,37	512,6	843,77	164,61	23,18	C
<b>Paja de cebada</b>	R1	76,23	475,4	822,48	173,01	31,88	
	R2	75,74	485,2	802,78	165,45	30,86	
	R3	75,18	496,4	813,14	163,81	31,37	
	R4	74,56	508,8	783,00	153,89	29,68	A
<b>Paja de trigo</b>	R1	76,18	476,4	803,23	168,60	30,34	
	R2	76,13	477,4	813,69	170,44	29,68	
	R3	75,49	490,2	698,88	142,57	31,39	
	R4	75,46	490,8	796,51	162,29	30,03	A

<b>Rastrojo lenteja</b>	R1	75,40	492,0	734,04	149,20	28,50	
	R2	75,37	492,6	822,43	166,96	25,97	
	R3	75,47	490,6	713,29	145,39	27,32	
	R4	75,39	492,2	843,43	171,36	26,00	B
<b>Bagazo de caña</b>	R1	75,48	490,4	816,04	166,40	23,82	
	R2	76,42	471,6	792,76	168,10	27,47	
	R3	76,62	467,6	782,29	167,30	25,50	
	R4	75,00	500,0	735,30	147,06	29,42	B

Peso en base seca (PBS), Peso del hongo fresco (PHF), eficiencia biológica (EB) y contenido de proteína del hongo (PH).

**Fuente:** Autora

### Prueba de Tukey para la variable Peso del Hongo Fresco (PHF)

En la Tabla 13, se presentan los resultados de la prueba Tukey

**Tabla 13.** Prueba de Tukey al 0,05 % de la variable Peso del Hongo Fresco (PHF)

Tratamientos	Media	Rangos
	s	
2	820,77	b
5	760,25	c
1	833,8	a
6	514,32	d
3	770,2	c
4	820,87	b

**Fuente:** Autora

Los resultados obtenidos de la prueba de Tukey nos indican al 5% de nivel de significancia, se forman 4 grupos, siendo el mejor tratamiento el T1 (paja de cebada), con una media de 833,8; le siguen los tratamientos T2 y T4 (paja de trigo y residuo de lenteja) y el peso más bajo fue para la cascarilla de arroz (514,32), Ruilova *et al* (2017 encontraron una relación C/N de 37 a 53 donde se obtuvo una mayor productividad y contenido proteico del hongo.

### Prueba de Tukey para la variable eficiencia biológica

En la Tabla 14, se presentan los resultados de la prueba Tukey

**Tabla 14.** Prueba de Tukey al 0,05 % de la variable eficiencia biológica (EB)

Tratamientos	Media	Rangos
2	149,83	b
5	140,33	c
1	158,67	a
6	87,47	d
3	142,67	c
4	153,24	b

Fuente: Autora

Los resultados obtenidos de la prueba de Tukey de la variable eficiencia biológica (EB), indican que al 5% de nivel de significancia, se formaron 4 grupos. La Eficiencia Biológica más alta se alcanzó en el tratamiento T1 (158, 67 %), seguido de los tratamientos T4 y T2 (paja de trigo y residuo de lenteja), el bagazo de caña de azúcar y el rastrojo de maíz presentan medias superiores al 100 % y el valor más bajo para la EB la presenta el tratamiento T6 (cascarilla de arroz). Ruilova *et al* (2017 reporta una Eficiencia Biológica de 177, 37 % para *Pleurotus* cultivado en una mezcla de rastrojo de lenteja, bagazo de caña y cascarilla de arroz, utilizando el 3 % de harina de soya como fuente nitrogenada.

#### Prueba de Tukey para la variable Contenido de Proteína del Hongo (CPH)

En la

Tabla 15, se presentan los resultados de la prueba Tukey

**Tabla 15.** Prueba de Tukey al 0,05 % de la variable contenido de proteína del Hongo (CPH)

Tratamientos	Medias	Rangos
4	30,66	a
3	24,33	b
6	20,30	d
2	26,53	b
1	29,63	a
5	22,14	c

Fuente: Autora

Los resultados obtenidos en la

Tabla 15 de la prueba de Tukey, determinaron la formación de cuatro grupos, la media más alta para el contenido de proteína en el hongo, correspondió al tratamiento T4 (residuo de lenteja), sin embargo estadísticamente es igual al T1 (rastrajo de cebada), el valor más bajo correspondió a las cascarilla de arroz. cómo puede observarse la cantidad de nitrógeno en los residuos influye en el contenido de proteína del hongo cosechado. Según Bermúdez *et al.*, 2013 y Bernas 2006, son relativamente altos en proteínas de buena calidad cuyos valores oscilan entre 19 a 35 % bs.

### **Evaluación de los resultados de la producción del hongo cultivado en residuos agrícolas y agroindustriales en mezcla**

Se evaluó la producción del hongo cultivado en residuos agroindustriales, analizando las variables respuesta: Tiempo formación de primordios (TFP), tamaño de los carpóforos (TC), Peso del hongo fresco (PHF), eficiencia biológica (EB) y contenido de proteína del hongo (PH).

Para establecer la variación entre los factores y niveles de estudio, se procedió a realizar la tabla de análisis de varianza ADEVA y para establecer las diferencias entre medias la prueba de Tukey.

#### **Análisis de varianza (ADEVA) para los resultados experimentales del tiempo de formación de primordios (TFP)**

El análisis de varianza para la variable tiempo de formación de primordios (TFP), se muestra en la Tabla 16.

**Tabla 16.** Análisis de varianza del tiempo de formación de primordios (TFP)

<b>F.V</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Tratamiento</b>	7	630,062	90,07	37,36	0,0001**
<b>Error</b>	14	33,75	2,41		
<b>Total</b>	23	670,50			
<b>CV %</b>	4,97				

\*\*=Diferencia altamente significativa, \*=Diferencia significativa, NS=Diferencia no significativa

**Fuente:** Autora

Como se puede observar, existe una diferencia altamente significativa ( $p > 0,05$ ) para los tratamientos, diferencia que puede justificarse por cuanto la composición del sustrato donde se cultivó el hongo *Pleurotus* es diferente en cuanto al contenido de nitrógeno y relación C/N, parámetros que posiblemente influyeron en el tiempo del inicio de la fructificación (aparición de primordios).

#### **Prueba de Tukey para la variable tiempo de formación de primordios (TFP)**

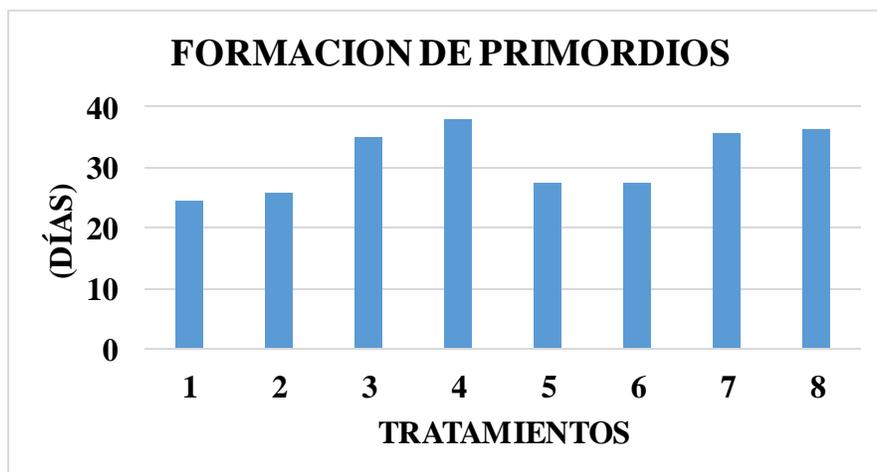
En la Tabla 17 se presentan los resultados de la prueba Tukey de TFP.

**Tabla 17.** Prueba de Tukey al 0,05 % de la variable tiempo de formación de primordios (TFP)

Tratamientos	Medias	Rangos
1	24,67	A
2	25,67	A
5	26,33	A
6	27,33	A
3	35,00	B
7	35,67	B
8	36,33	B
4	38,00	B

Fuente: Autora

Los resultados obtenidos de la comparación de medias de la prueba de Tukey al 5% de nivel de significancia, dan como resultado la formación de dos grupos o rangos (A, B), correspondiendo las medias más bajas a los tratamientos T1, T2, T5, y T6 (T1G, T2G, T5R, Y T6R), que explica un tiempo menor de inicio de la fructificación del hongo *Pleurotus* (25 - 27 días) utilizando como sustrato cáscara de gandul (0 y 2% de adición de salvado de soya), con un contenido de nitrógeno de 1,41% y 1,50% respectivamente y raquis de palma (0 y 2% de adición de salvado de soya), con un contenido de nitrógeno de 1,14% y 1,24%, relación C/N de 36,69 y 33,87 respectivamente. Tanto el contenido de nitrógeno como la relación C/N del sustrato, son parámetros que influyen en la producción del hongo que además contiene otros minerales como: Fe, P, K, Mg, Mn, entre otros, que no fueron analizados en este trabajo y que serían los que posiblemente influyeron en la obtención de estos resultados. Como se puede observar en la Figura 35, el tiempo mayor correspondió al tratamiento T4 (T4G) es de 38 días, con mayor cantidad de adición de salvado de soya (6 %) con un contenido de nitrógeno de 1,72 %. Sánchez y Royse, 2002 recomiendan un rango de nitrógeno entre 0,5 - 1,5 % para el cultivo de *Pleurotus*.



**Figura 35.** Medias de la variable tiempo de formación de primordios (días)

**Fuente:** Autora

**Análisis de varianza (ADEVA) para los resultados experimentales de la variable Tamaño de los carpóforos (TC)**

En la Tabla 18 se muestra el análisis de varianza para la variable tamaño del carpóforo (TC).

**Tabla 18.** Análisis de varianza de la variable Tamaño de Carpóforos (TC)

<b>F.V</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Tratamiento</b>	7	25,0821	3,58316	1,68	0,1882NS
<b>Error</b>	15	31,957	2,13047		
<b>Total</b>	23	58,8014			
<b>CV %</b>	0,33				

\*\*=Diferencia altamente significativa, \*=Diferencia significativa, NS=Diferencia no significativa

**Fuente:** Autora

En la Tabla 18, los resultados muestran que para la variable TC, para el efecto de los tratamientos no hay diferencia significativa, ya que el valor-P es mayor que 0,05 con un 95,0% de nivel de confianza.

**Prueba de Tukey para la variable Tamaño de carpóforos (TC)**

En la Tabla 19 se presentan los resultados de la prueba Tukey

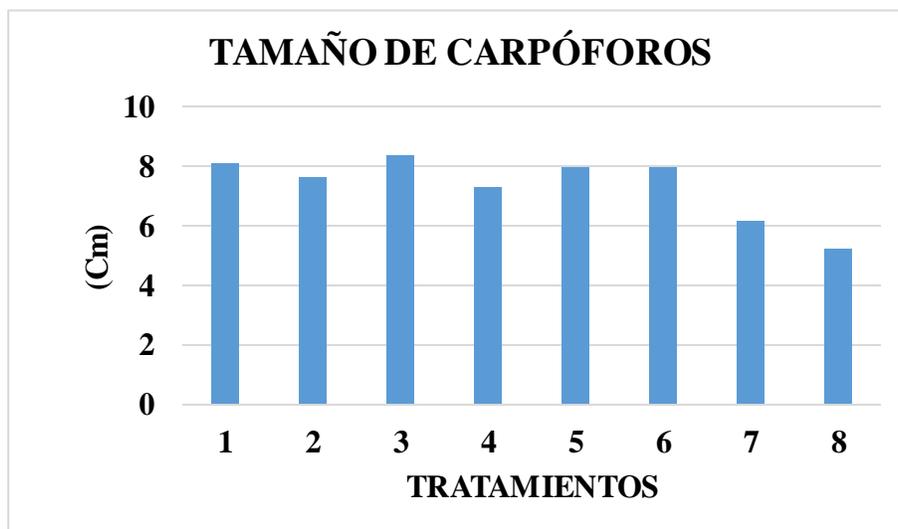
**Tabla 19.** Prueba de Tukey al 0,05 % de la variable Tamaño de Carpóforos (TC)

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
3	8,38	A
1	8,10	A
6	8,01	A
5	7,97	A
2	7,67	A
4	7,32	A
7	6,17	A
8	5,25	A

**Fuente:** Autora

Los resultados obtenidos de la prueba de Tukey, presentados en la Figura 36 nos indican que al 5% de nivel de significancia, se forma un solo grupo (A), las medias más altas corresponden a los tratamientos

T1, T3 y T6 y la más baja al tratamiento T8, tomando en cuenta que estadísticamente son iguales, pero numéricamente son diferentes. Miah *et al.*, 2017 reporta resultados similares (6,37 - 6,88 cm) para el tamaño de carpóforo o píleo, por su parte. Carvajal, 2010 reporta que puede medir entre 5 - 12 cm y que depende de las condiciones de fructificación.



**Figura 36.** Medias de la variable tamaño de Carpóforos (cm)

**Fuente:** Autora

**Análisis de varianza (ADEVA) para los resultados experimentales de la variable Peso del hongo fresco (PHF).**

En la Tabla 20 se muestra el análisis de varianza para la variable Peso del hongo fresco (PHF).

**Tabla 20.** Análisis de varianza de la variable Peso del Hongo Fresco (PHF)

<b>F.V</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<b>Tratamiento</b>	7	2263073,14	323296,16	29,72	0,0001**
<b>Error</b>	14	152292,31,	10878,02		
<b>Total</b>	23	2425521,19			
<b>CV %</b>	13,07				

\*\*=Diferencia altamente significativa, \*=Diferencia significativa, NS=Diferencia no significativa

**Fuente:** Autora

Cómo se observa existe una diferencia altamente significativa ( $p > 0,05$ ) para los tratamientos. Diferentes factores tienen gran influencia sobre la producción de setas como la composición del sustrato, temperatura, humedad, luz, ventilación, niveles de oxígeno y  $CO_2$ , además del carbono, nitrógeno y minerales que contiene el sustrato (Chang y Miles, 2009; Romero *et al.*, 2010; Sharma *et al.*, 2013).

**Prueba de Tukey para la variable Peso del Hongo Fresco (PHF)**

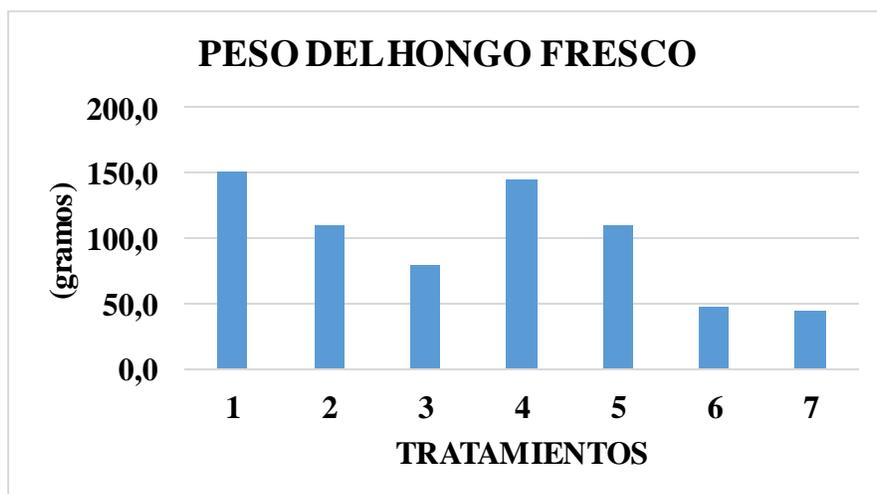
En la Tabla 21 se presentan los resultados de la prueba Tukey

**Tabla 21.** Prueba de Tukey al 0,05 % de la variable Peso del Hongo Fresco (PHF)

Tratamientos	Medias	Rangos
2	1200	A
5	1184,3	A
1	1001,55	A
6	842,67	B
3	832,85	B
4	654,95	C
7	414,20	D
8	361,92	D

Fuente: Autora

Los resultados obtenidos de la prueba de Tukey en la Tabla 21 y la Figura 37, nos indican que al 5% de nivel de significancia, se forman 4 grupos (A, B, C y D), siendo los mejores tratamientos el T2 (T2G) con una media de 1200 g, el T5 (T5R) con una media de 1184, 3 g, y el T1 (T1G) con una media de 1001,55. (T2 corresponde a cáscara de gandul con 2 % de adición de salvado de soya, el T5 a raquis de palma 0 % de salvado de soya y el T1 a cáscaras de gandul 0 % salvado de soya). Sánchez y Royse (2002) recomiendan el intervalo de 0,5 a 1,5 % de contenido de N. Si el contenido es menor, los rendimientos pueden resultar bajos y un contenido mayor puede favorecer la putrefacción, debido a un incremento de la actividad metabólica. Ruilova *et al.*, 2017 encontraron una relación C/N de 37 a 53 donde se obtuvo una mayor productividad y contenido proteico del hongo. Los valores más bajos correspondieron a los tratamientos T7 y T8, posiblemente influyó el contenido de grasa presente en el sustrato raquis de palma en la obtención de estos resultados.



**Figura 37.** Medias de la variable peso del hongo fresco (g)

Fuente: Autora

### Análisis de varianza (ADEVA) para los resultados experimentales de la variable de Eficiencia biológica (EB).

En la Tabla 22 se muestra el análisis de varianza para la variable eficiencia biológica (EB).

**Tabla 22.** Análisis de varianza de la variable Eficiencia Biológica (EB)

F.V	G.L	S.C	C.M	F	P
Tratamiento	7	35724,54	5103,51	41,19	0,0001**
Error	14	1734,79	123,91		
Total	23	37553,99			
CV%	10,9				
	1				

\*\*=Diferencia altamente significativa, \*=Diferencia significativa, NS=Diferencia no significativa

Fuente: Autora

La Eficiencia Biológica expresa el grado de biodegradación del sustrato y es el parámetro utilizado para expresar el rendimiento de la producción (Sánchez y Royse, 2002; Ruilova *et al.*, 2014). Como se observa en el análisis de varianza, existe diferencia altamente significativa para el efecto de los tratamientos con un valor de 0,0001, puesto que P es menor que 0,05. Los resultados de la eficiencia biológica (EB), están relacionados con el peso del hongo cosechado en cada tratamiento.

### Prueba de Tukey para la variable Eficiencia Biológica (EB)

En la Tabla 23 se presentan los resultados de la prueba Tukey

**Tabla 23.** Prueba de Tukey al 0,05 % de la variable Eficiencia biológica (EB)

Tratamientos	Medias	Rangos
2	151,60	A
5	145,15	A
1	133,48	A
3	110,23	B
6	109,43	B
4	79,96	C
8	47,22	D
7	44,60	D

Fuente: Autora

Los resultados obtenidos de la prueba de Tukey en la Tabla 23 y la Figura 38, nos indican que al 5% de nivel de significancia, se formaron 4 grupos. La Eficiencia Biológica más alta se alcanzó en los

tratamientos T2 (151, 60%), T5 (145,15%) y T1 (133,48 %) el primero correspondió a cáscara de gandul con 2 % de salvado de soya, el segundo a raquis de palma sin adición de salvado de soya, y el tercero a cáscaras de gandul sin adición de salvado de soya, en un intervalo de contenido de nitrógeno de (1,14 a 1,50 %), y difirió significativamente de los tratamientos T4, T7 y T8, que alcanzaron los valores más bajos. En los tratamientos T3 y T6, la Eficiencia Biológica es superior al 100%, por lo que estos resultados también son buenos. Miah *et al.*, 2017 encontraron para el hongo *Pleurotus* cultivado en aserrín una eficiencia biológica (EB) entre 78,30 y 84,08 %, valores menores que los reportados en la presente investigación, por su parte Ruilova *et al.*, 2017 reporta una Eficiencia Biológica de 177, 37 % para *Pleurotus* cultivado en una mezcla de rastrojo de lenteja, bagazo de caña y cascarilla de arroz, utilizando el 3 % de harina de soya como fuente nitrogenada.

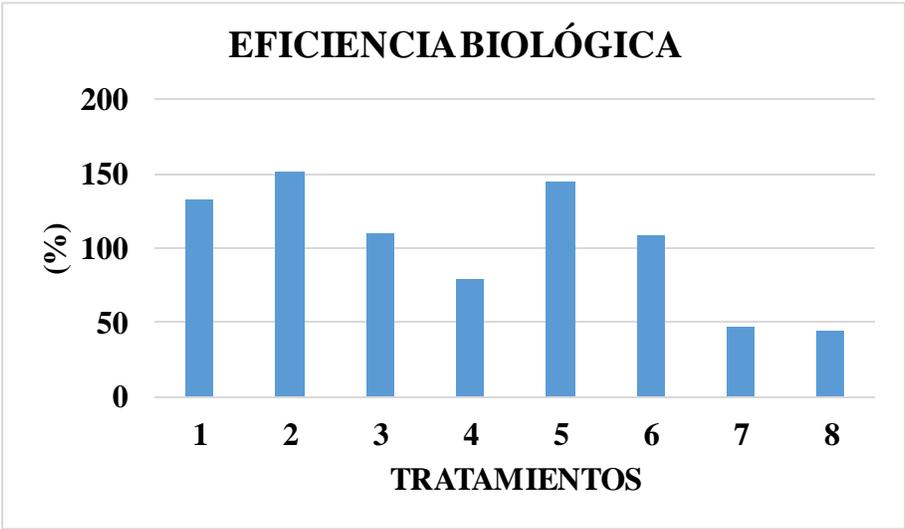


Figura 38. Medias de la variable Eficiencia Biológica (%)

Fuente: Autora

**Análisis de varianza (ADEVA) para los resultados experimentales de la variable Contenido de Proteína en el hongo (CPH).**

En la Tabla 24 se muestra el análisis de varianza para la variable contenido de proteína del hongo (CPH).

Tabla 24. Análisis de varianza de la variable Contenido de Proteína en el hongo (CPH).

F.V	G.L	S.C	C.M	F	P
Tratamiento	7	72,41	10,34	24,95	0,0001**
Error	14	5,81	0,41		
Total	23	79,53			
C.V %	2,43				

\*\*=Diferencia altamente significativa, \*=Diferencia significativa, NS=Diferencia no significativa

Fuente: Autora

Como se observa en la Tabla 24, en el análisis de varianza, existe diferencia altamente significativa para el efecto de los tratamientos con un valor de 0,0001, puesto que P es menor que 0,05. El contenido proteico, puede variar dentro de la misma especie dependiendo de la cepa, composición del sustrato, condiciones de cultivo, estado de desarrollo de los cuerpos fructíferos (Bano y Rajarathnam, 1988; Moda *et al.*, 2005; Barros *et al.*, 2008). Martínez, 2010; Ahmad *et al.*, 2011, señalan que los valores en proteínas para el *Pleurotus* se encuentran entre 19 a 35 % bs. Así el efecto de los tratamientos nos indica que el contenido de proteína en el hongo fresco es diferente en todos los tratamientos.

### Prueba de Tukey para la variable Contenido de Proteína del Hongo (CPH)

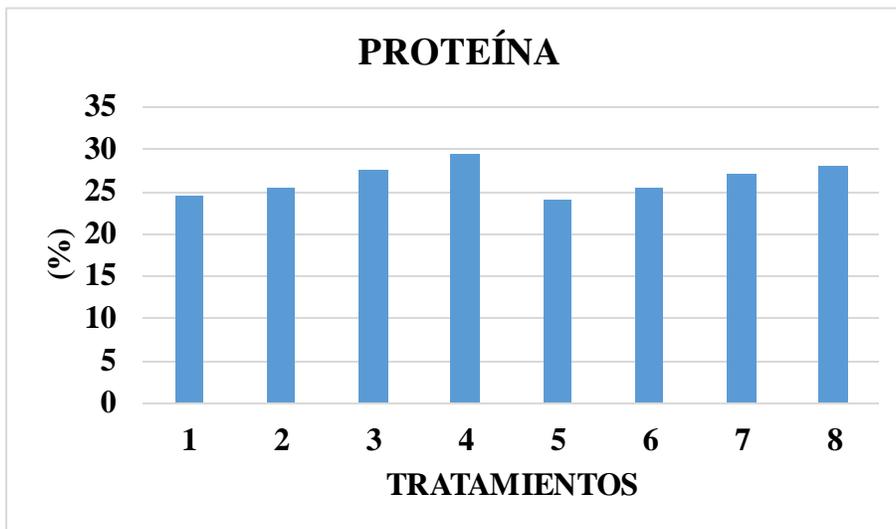
En la Tabla 25 se presentan los resultados de la prueba Tukey

**Tabla 25.** Prueba de Tukey al 0,05 % de la variable contenido de proteína del Hongo (CPH)

Tratamientos	Medias	Rangos
4	29,56	A
8	27,96	B
3	27,49	B
7	27,07	B
6	25,50	CD
2	25,45	CD
1	24,57	D
5	24,16	D

**Fuente:** Autora

Los resultados obtenidos en la Tabla 25 de la prueba de Tukey, determinaron la formación de cuatro grupos (A, B, C, D). Como se puede observar en la Figura 39, la media más alta para el contenido de proteína en el hongo, correspondió al tratamiento T4 (cáscara de gandul con 6 % de fuente nitrogenada) con una media de 29,56 % bs, con un contenido de nitrógeno en el sustrato de 1,72 %, seguido por los tratamientos T8 (raquis de palma con 6 % de fuente nitrogenada), con una media de 27,96 % bs y 1,55 % de nitrógeno en el sustrato, T3 (cáscara de gandul con 4 % de fuente nitrogenada) con una media de 27,49 bs, con un contenido de nitrógeno en el sustrato de 1,61 %, y el T7 (raquis de palma con 4 % de fuente nitrogenada), con una media de 27,07 % bs y un contenido de nitrógeno 1,45 % en el sustrato. Mientras que los valores más bajos correspondieron a los tratamientos T1 y T5, (cáscara de gandul y raquis de palma con 0 % de fuente nitrogenada), como puede observarse la fuente nitrogenada (salvado de soya) y por lo tanto el contenido de nitrógeno en el sustrato influyó en el contenido de proteína en el hongo cosechado. Según Bermúdez *et al.*, 2013 y Bernas 2006, son relativamente altos en proteínas de buena calidad cuyos valores oscilan entre 19 a 35 % bs. Miah *et al.*, 2017 reporta para el hongo *Pleurotus* cultivado en aserrín, un contenido de proteína entre 24,12 % - 24,97 %, valores menores a los encontrados en la presente investigación.



**Figura 39 .** Medias de la variable del contenido de proteína del hongo fresco (CPH)

**Fuente:** Autora

#### **Análisis de costo/beneficio de los mejores tratamientos.**

Uno de los indicadores más utilizados para expresar la rentabilidad de la producción de un cultivo de hongos es la eficiencia biológica, por lo tanto, se considerará este parámetro para el análisis del costo/beneficio y por lo tanto corresponde al tratamiento T2 con una eficiencia biológica de (151,60 %) perteneciente a las mezclas de 98% de cáscaras de gandul + 2% de salvado de soya, con valores en las variables (26 días en formación de primordios, 1200 g peso del hongo fresco). T5 con una eficiencia biológica de (145,15 %) perteneciente a las mezclas de 100% raquis de palma sin adición de salvado de soya, con valores en las variables (28 días en formación de primordios, 1184 g en peso del hongo fresco), y el T1 con una eficiencia biológica de (133,48 %) pertenecientes a las mezclas de 100% cáscaras de gandul sin adición de salvado de soya con valores en las variables (25 días en formación de primordios, 1002 g en peso del hongo fresco). Siendo estos los valores con mejor rendimiento, en Tabla 26 se describe los análisis costo beneficio en la producción de hongo *Pleurotus ostreatus* utilizando 3000 g de sustrato (cáscaras de gandul y raquis de palma), para la obtención de 1kg de hongo fresco como se dio en esta investigación.

**Tabla 26.** Análisis del costo/beneficio del mejor tratamiento

<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>
<b>Cáscaras de gandul</b>	2800 g	0,10
<b>Salvado de soya</b>	200 g	0,13
<b>Funda de polietileno</b>	1 unid	0,20
<b>Piola</b>	1 unid	0,05
<b>Cascarilla de arroz</b>	100 g	0,11
<b>Semilla</b>	120 g	0,25
<b>Mano de obra</b>	-	2,00
<b>COSTOS DIRECTOS (CD)</b>		2,43
<b>COSTOS INDIRECTOS (CI)</b>		1,75
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN</b>		7,02
<b>PVP</b>		8,42
<b>COSTO BENEFICIO</b>		2,01
<b>RENTABILIDAD</b>		1,40

**Fuente:** Autora

El costo de producción para el mejor tratamiento fue de \$7,02 por cada Kg producido, para definir el PVP, se determinó un 20% de utilidad obteniendo el PVP con la siguiente fórmula:

$$\text{PVP} = (\text{CP}) + 20\%(\text{CP})$$

$$\text{PVP} = 7,02 + 0,2 (7,02)$$

$$\text{PVP} = \$ 8,42$$

Es decir, nuestro producto se venderá a 8,42 USD/ kg.

La relación Costo Beneficio

$$\text{IB} = \text{Ingreso Bruto} = \$ 8,42$$

$$\text{COSTO BENEFICIO} = \frac{\text{IB}}{\text{CD} + \text{CI}}$$

$$\text{COSTO BENEFICIO} = \frac{8,42}{2,43 + 1,75}$$

$$\text{COSTO BENEFICIO} = \$ 2,01$$

En la Tabla 26 se puede observar que en el análisis económico y la relación costo beneficio el costo total de producción para la elaboración de 1Kg (1000 g), de Hongo *Pleurotus ostreatus*, es de \$ 7,02 ofertando al consumidor final un producto con un peso de 1 Kg, al precio de \$ 8,42, obteniendo una rentabilidad de \$ 1,40 por cada Kg vendido, por lo que conlleva a la inversión que de cada dólar invertido se tendrá una ganancia de \$ 0,40 centavos de dólar.

En relación a uno de los mejores tratamientos T2 que se obtuvo un peso de 1200 g, tiene un precio de venta al público de \$ 10,10. Obteniendo una rentabilidad de \$ 1,68 por cada 1200 g de producto vendido. Es decir que por cada dólar invertido se obtuvo como ganancia de \$ 0,68 centavos de dólar, en la producción de hongo *Pleurotus ostreatus* de la combinación de sustratos entre 98% de cáscara de gandul + 2 % de salvado de soya.

Otro de los mejores tratamientos T5 que se obtuvo un peso de 1184 g, tiene un precio de venta al público de \$ 9,97. Obteniendo una rentabilidad de \$ 1,65 por cada 1184 g de producto vendido. Es decir que por cada dólar invertido se obtuvo como ganancia de \$ 0,65 centavos de dólar. En este caso la producción de hongo *Pleurotus ostreatus* es de la combinación de sustratos del 100 % de raquis de palma sin adición de salvado de soya.

El último de los mejores tratamientos es el T1 que obtuvo un peso de 1002 g, esto tiene un precio de venta al público de \$ 8,43. Obteniendo una rentabilidad de \$ 1,39 por cada 1002 g de producto vendido. Es decir que por cada dólar invertido en este tratamiento se obtuvo como ganancia de \$ 0,39 centavos de dólar. En este caso los valores la producción de hongo *Pleurotus ostreatus* es de la combinación de sustratos 100 % de cáscara de gandul sin adición de salvado de soya.

La producción de hongo *Pleurotus ostreatus* con estas mezclas, se presenta como muy rentable, por lo que al hacer un escalamiento en el sistema de preparación, empleando un lugar más amplio, y con sistemas de control más avanzados, mayor será el beneficio obtenido.

El dar uso a los desechos agroindustriales, no solo nos ofrece una materia prima casi gratuita, sino que también se está empleando este material que de otra manera termina contaminando el ambiente y siendo una carga para las empresas que los procesan.

## **CAPÍTULO V**

### **COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

## COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

### Hipótesis

**H<sub>0</sub>** = La composición físico-química de los sustratos formulados para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* a partir de los residuos agroindustriales del gandul y palma utilizando como fuente nitrogenada salvado de soya influirán en el rendimiento de la producción y el perfil de aminoácidos

**H<sub>1</sub>** = La composición físico-química de los sustratos formulados para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* a partir de los residuos agroindustriales del gandul y palma utilizando como fuente nitrogenada salvado de soya no influirán en el rendimiento de la producción y el perfil de aminoácidos.

### Análisis de comprobación de la Hipótesis

De acuerdo al análisis y discusión de los resultados de cada una de las variables en estudio, se llegó a comprobar que la composición físico-química de los sustratos formulados para el cultivo del hongo, sobre todo en lo que respecta al contenido de nitrógeno y relación C/N influyen en el rendimiento (EB) de la producción, el contenido proteico y en el perfil de aminoácidos del *Pleurotus ostreatus*. Por lo tanto; se acepta la hipótesis nula y se rechaza la Hipótesis alterna con un nivel de significancia del 1%.

Se demuestra, que el tipo de sustrato y la composición inciden en la rentabilidad de la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* y propiedades nutricionales.

## **CAPÍTULO VI**

## **CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES

Es posible cultivo de hongo *pleurotus ostreatus* en residuos agroindustriales y alcanzar un rendimiento que sea rentable económicamente.

Los residuos agroindustriales analizados presentaron poca variación en el contenido de humedad y en los valores de pH y de cenizas.

En cuanto al nitrógeno, los valores más elevados lo presentan, la cáscara de gandul con un contenido de 1,44 % y el salvado de soya con 6,36 %. En cuanto al carbono los valores encontrados estaban entre 37,83 a 53,12 % y una relación C/N para los residuos agroindustriales de salvado de soya con 7,89 a 140,89 para el rastrojo de maíz.

Se encontraron también en los residuos agroindustriales otros minerales como: Ca, P, K, Mn, etc. que aportan para el crecimiento y desarrollo del hongo.

Para el estudio con residuos puros, el análisis de Tukey indica que el tratamiento T1 con paja de cebada presenta el mayor peso de hongos y la mayor eficiencia biológica. Con el tratamiento T4 con residuo de lenteja generando los hongos con más proteína.

Para el estudio con residuos mezclados, los mejores resultados en los indicadores de productividad del cultivo del *Pleurotus* y contenido proteico del hongo cosechado, fueron para los tratamientos T2, T5 y T1, presentando datos promedio de 25 – 26 días para la FP, tamaño para los carpóforos de 8 cm, el peso del hongo fresco alcanzó un promedio de 1200 g (para el T2, de 1184,3 g para el T5 y de 1001,55 g para T1), obteniéndose los valores más altos para la EB (151,60 %, 145,15 % y 133,48 %).

Se logra un peso mayor de hongo fresco en el sistema de mezcla que en forma puras, esto se debe al efecto de sinergia entre los nutrientes.

El contenido de proteína más alto en el hongo cosechado en mezcla, correspondió a los tratamientos T4 (29,56 % bs) y T8 (27,98 % bs). Mientras que en forma pura, se logra un poco más de proteína en algunos residuos.

El contenido de nitrógeno en la composición del sustrato incide en el contenido de proteína en el hongo el cual se incrementó con la adición más alta de la fuente nitrogenada (6 %).

Los hongos son ricos en proteína de buena calidad por su contenido completo de aminoácidos esenciales, los valores de cada uno de los aminoácidos que conforman el contenido total de proteína, se incrementaron con la adición de la fuente nitrogenada.

El análisis económico de la relación costo/beneficio de los mejores tratamientos T2 (98 % cáscaras de gandul + 2 % salvado de soya), T1 (100 % cascara de gandul) y T5 (100 % raquis de palma), determinados con una excelente evaluación de producción.

Al determinar el costo total de producción, para los distintos tratamientos ensayados el T2 presenta un costo total de \$ 8,42, pudiéndose ofrecerse al público a \$ 10,01, teniendo una rentabilidad de \$ 1,59 por cada 1200g vendido. Con el tratamiento T1 se alcanza un precio de venta al público de \$ 8,15, obteniendo una rentabilidad de \$1,35 USD por cada 968 g de producto vendido, y el tratamiento T5 con un precio de venta al público de \$ 9,97, y alcanzando una rentabilidad de \$1,65 USD por cada 1184 g de producto vendido.

A pesar de la variedad de desechos industriales ensayados, las combinaciones empleadas fueron adecuadas en la mayoría de los casos, permitiendo obtener el hongo *Pleurotus ostreatus*, por lo que se puede decir que este tipo de sustratos es rentable para su producción.

## **CAPÍTULO VII**

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, W; Iqbal, J.; Salim, M.; Ahmad, I.; Aqeel, M.; Asif, M & Rafiq, A. (2011). Performance of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on Cotton Waste Amended with Maize and Banana Leaves. Institute of Horticultural Sciences, University of Agriculture
- Ahmed, M.; Abdullah, N.; Ahmed, K. & Bhuyan, B. (2013). Yield and nutritional composition of oyster mushroom strains newly introduced in Bangladesh. *Journal Brasília*, 48 (2), 197-202.
- Ajonina, A; Tatah, L. (2012). Growth Performance and Yield of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on Different Substrates Composition in Buea South West Cameroon. *Science Journal of Biochemistry*, 139, 1-6
- Albertó, E, (2008). Cultivos Intensivos de los Hongos Comestibles, Buenos Aires, Argentina: Editorial Hemisferio Sur: pp 33-34.
- ANCUPA. (2011) Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Aceitera. Obtenido de: [https://issuu.com/ancupa/docs/palma\\_nov](https://issuu.com/ancupa/docs/palma_nov)
- Anonymous, (2008). Model on oyster mushroom cultivation. international journal of life sciences, Africa, 2 (6): 211-217.
- Ardón, L. (2007). La producción de los hongos comestibles. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 213 pp. Obtenido de: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/07/07\\_1932.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/07/07_1932.pdf)
- Ayodele, S. & Akpaja, E. (2007). Yield evaluation of *Lentinus quorosulus* (mont) sing. on selected sawdust of economic tree species supplemented with 20% oil palm fruit fibres. *Asian J. Plant Sci.*, 6, 1098 – 1102.
- Badui, D. S. (2013). Enzimas. En P. Educación (Ed.), *Química de los alimentos* (8 ed., Vol. 4, pág. 286). México
- Bano, Z. & Rajarathnam, S. (1988). *Pleurotus* mushroom, part II, chemical composition, nutritional value, postharvest physiology, preservation and role as human food. *Food Science and nutrition*, 27 (2): 86 - 157.
- Barros, L.; Cruz, T.; Baptista, P; Estevinho, L. & Ferreira, I. (2008). Wild and commercial mushrooms as source of nutrients and nutraceuticals. *Food and Chemical Toxicology*, 46, 2742-2747.
- Beluhan, S. & Ranogajec, A. (2011). Chemical composition and non-volatile components of Croatian wild edible mushrooms. *Food Chemistry*, 124, 1076-1082.
- Bermúdez, R.; García, N. & Murlot, A. (2007). Fermentación sólida para la fermentación del *Pleurotus* ssp. Sobre mezclas de pulpa de café y viruta de cedro. *Tecnología Química*, XXVII (2), 55- 62

- Bermúdez, R.; García, N. & Serrano, M. (2013) Una tecnología sostenible, aporte a la seguridad alimentaria *Tecnología Química*, XXXIII, 2, 147-155
- Bernas, E., et al (2006). Edible mushroom as a source of valuable nutritive constituents. *Technol. Aliment.*, 5 (1), 5-20.
- Buah, J.; Puije, G.; Bediako, V.; Abole, E. & Showemimo, E. (2010). The Growth and Yield Performance of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on Different Substrates. *Biotechnology*, 9, 338-342
- Buswell, J. & Chang, S. (1993). Edible mushrooms: attributes and applications. *Mushroom biology and mushroom products*. pp. 3-20. The Chinese University Press, Hong Kong.
- Calderón, J. (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 Ingeniería Agronómica. Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Agronomía. Obtenido de: [http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/01/01\\_2498.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/01/01_2498.pdf)
- Cánovas, F., Días, J. (2007). Cultivo sin suelo. Curso superior de especialización. Instituto de estudios Almerienses
- Carvajal, G. (2010). Evaluación de la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* sobre cinco tipos de sustratos (tamo de trigo, tamo de cebada, tamo de vicia, tamo de avena y paja de páramo), enriquecidos con tuza molida, afrecho de cebada y carbonato de calcio (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ibarra-Ecuador
- Carvalho, C., et al, (2010). Mushrooms of the *Pleurotus* genus: a review of cultivation techniques, *Interciencia*, 35(3), 177-182.
- Castañeda, W. (2000) El Frijol o Frejol. Obtenido de: <https://www.monografias.com/trabajos4/elfrijol/elfrijol.shtml>
- Chang, D., et al, (1998). Oyster mushroom cultivation technology and management. *Mush world*, Korea, 83-133.
- Chang, S. & Miles, P, (2009). *Mushrooms. cultivation, nutritional value, medicinal effect and environmental impact*. 2nd ed. CRC. press Washington, D.C.
- Chang, Shuting & Miles, (2004). *Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact*, 2ª ed, Florida (US): CRC press, 451 p, ISBN 0-8493-1043-1.
- Ciappini, Ma.; Gatti, B. & López, L. (2004). *Pleurotus ostreatus* una opción en el menú, estudio sobre las gírgolas en la dieta diaria, *Redalyc. Org.*, 7 (12): 127-132.
- Croan, S. (2004). Conversion of conifer wastes into edible and medicinal mushrooms. *Forest Products Journal*, 54, 68-76

- Cunha, D.; Savoie, J. & Pardo, A. (2011). Soybean the main nitrogen source in cultivation substrates of edible and medicinal mushrooms. Shanghai, China, 430-453
- Curvetto, N.; Figlas, D.; Devalis, R. & Delmastro S. (2002). Growth and productivity of different *Pleurotus ostreatus* strains on sunflower seed hulls supplemented with N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> and/or Mn (II). *Bioresource Technology*, 84, 171-176.
- Dünder, A. & Yildiz, A. (2009). Comparative Study on *Pleurotus ostreatus* Cultivated on Different Agricultural Lignocellulosic Wastes. *Turkish Journal of Biology* 33 (2): 171-179.
- EcuRed (2021) Palma africana. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Palma\\_africana](https://www.ecured.cu/Palma_africana)
- ESPA-INEC (2019). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. Obtenido de: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2019/Presentacion%20de%20los%20principales%20resultados%20ESPAC%202019.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2019/Presentacion%20de%20los%20principales%20resultados%20ESPAC%202019.pdf)
- Extensión, (2008). What are soybean hulls?. EXtension Foundation, Inc., [www.eXtension.org](http://www.eXtension.org)
- FAO, (food and agriculture organization of the united nations) (2014) the state of food insecurity in the world, Roma. 1-150. Obtenido de: <http://www.fao.org/3/i0876e/i0876e00.htm>
- FAO, (2014). Despilfarro de alimentos: datos y cifras. Obtenido de: <http://www.fao.org/news/story/es/item/196450/icode/#:~:text=El%20volumen%20mundial%20de%20despilfarro,1%20300%20millones%20de%20toneladas.>
- Fanadzo, M.; Zireva, D.; Dube, E. & Mashingaidze, (2010). Evaluation of various substrates and supplements for biological efficiency of *Pleurotus sajor caju* and *Pleurotus ostreatus*. South Africa. *African Journal of Biotechnology*. 9 (19): 2756-2761.
- Fennema, O. (2010). Aminoácidos, péptidos y proteínas. En *Química de los alimentos* pp. 472-473. Acribia editorial.
- Fedna (2021) Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal; Paja de cereales (trigo y cebada) disponible en: [http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/paja-de-cereales-trigo-y-cebada](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/paja-de-cereales-trigo-y-cebada)
- Feedipedia (2021) Soybean hulls. disponibles en: <https://www.feedipedia.org/node/719>
- Figuerola, F. (2008). Tablero de comando para la promoción de los biocombustibles en Ecuador. OLADE. CEPAL. Santiago de Chile: Naciones Unidas. Obtenido de <http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/Biocombustibles/CEPAL/Tablero%20promocion%20biocombustible%20Ecuador.pdf>
- Fracchiá, S.; Aranda, A. & Terrizzano, E. (2009). Cultivo de una cepa comercial de *Pleurotus ostreatus* en desechos de *Simmondsia chinensis* y *Jatropha macrocarpa* *Revista de Micología*. 29, 112 - 128

- Fuentes J., Magaña C., Ortiz B., Suárez L., Peña R. y Rodríguez S. (2001) Análisis químico y digestibilidad “in vitro” de rastrojo de maíz (*Zea mays l.*) AGRONOMÍA MESOAMERICANA 12(2): 189-192.
- Furlany, R. & Godoy, H (2008). Vitamina B1 and B2 contents in cultivated mushrooms. Food Chemistry, Brazil. 106, 816 – 819.
- Gea, F. (2011). Cultivo de setas Pleurotus. Instituto de Ecología, México. 431-452
- Getahun, A, (2011). Successful oyster (*Pleurotus ostreatus*) mushroom cultivation substrates performance, yield, quality and efficiency of mushroom production. publisher: VDM Verlag Dr. Müller. GMBH & CO. KG. USA. 96 p.
- Ghorai, S., Et al, (2009). Fungal biotechnology in food and feed processing. Food research international, 42, 577-587.
- Gómez, J. y Rodríguez, D. (2009). Elaboración de compostaje con el fruto de la palma africana. INIA Divulga, 13, 17-19.
- González B. Barragán R. Simba L. Rivero M. (2020) Influencia de las variables climáticas en el rendimiento de cultivos transitorios en la provincia Los Ríos, Ecuador. Centro Agrícola Vol. 47, No. 4, octubre-diciembre, 54-64
- Gregori, A., M. Svagelj, J. Pohleven, (2007). Cultivation techniques and medicinal properties of *Pleurotus* spp. Food Technology and Biotechnology 45: 238-249.
- Guzmán, g., et al, (2008). El cultivo de los hongos comestibles. Xalapa. México.
- Hashim R., Guan Seng T., y Tanaka R., 2011, “Characterization of raw materials and manufactured binderless particleboard from oil palm biomass”, Materials and Design, 32 (1), 246.
- Hasibuan, R.y Wan Daud, W., 2004, “Through Drying of Oil Palm Empty Fruit Bunches (EFB) Fiber Using Superheated Steam”, Proceedings of the 14 th International Drying Symposium, vol. C, 2 027 – 2 034.
- Hernández, j. (2012). La fungicultura y el desarrollo sostenible en la Orinoquia Colombiana, Editorial Académica Española, Alemania.
- Infoagro (2021). El cultivo de la palma africana. Disponible en: [https://www.infoagro.com/herbaceos/oleaginosas/palma\\_africana\\_aceitera\\_coroto\\_de\\_guinea\\_aabora.htm](https://www.infoagro.com/herbaceos/oleaginosas/palma_africana_aceitera_coroto_de_guinea_aabora.htm)
- Jaramillo y Rodríguez. (2005). Cultivo de hongos medicinales en residuos agrícolas de la zona cafetera. Boletín técnico Cenicafé. 28:1-72

- Kakon, A. J., Choudhury, M. B. K., & Saha, S. (2012). Mushroom is an ideal food supplement. *Journal of Dhaka National Medical College & Hospital*, 18(1), 58-62.
- Khare, K.; Mutuku, J.; Achwania, O. & Otaye, D. (2010). Production of two oyster mushrooms, *Pleurotus sajor - caju* and *P. Florida* on supplemented and un-supplemented substrates, *Bots. J. Agric. Appl. Sci.*, 6: 4-11
- Kong, W, (2004). Descriptions of commercially important pleurotus species, in *mushworld, oyster mushroom cultivation, mushroom growers' handbook 1*, pp, 54-61, Korea: *mushworld*.
- Lagos-Burbano, Elizabeth; Castro-Rincón, Edwin (2019) Caña de azúcar y subproductos de la agroindustria azucarera en la alimentación de rumiantes. *Agronomía Mesoamericana*, vol. 30, núm. 3. Universidad de Costa Rica, Costa Rica Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43760145020> DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.34668>
- Latham, M. C. (2002). Nutrición humana en el mundo en desarrollo. Depósito de documentos de la FAO: Alimentación y nutrición N° 29 (1ªEd), Roma pp. 9, 17
- Law, K., Wan Daud, W.R.y Ghazali, A., 2007, “Morphological and Chemical Nature of fiber Strands of Oil Palm Empty-Fruit-Bunch (OPEFB)”, *BioResources*, 2 (3), 351.
- Lehninger, A., Cox, M., & Nelson, D. (2008). Principios de Bioquímica. Ed. Omega (4ª Ed.), Barcelona
- Llauradó, G.; Morris, H.; Marcos, J.; Castán, L. & Bermúdez, R. (2011). Plantas y hongos comestibles en la modulación del sistema inmune *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 30 (4): 511-527
- MAE, Ministerio del Ambiente de Ecuador (2012). Estrategia nacional de cambio climático del Ecuador. ENCC 2012-2025. Obtenido de: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/ESTRATEGIA-NACIONAL-DE-CAMBIO-CLIMATICO-DEL-ECUADOR.pdf>
- MAE, Ministerio del Ambiente de Ecuador (2017). Tercera Comunicación Nacional del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Obtenido de: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/TERCERA-COMUNICACION-BAJA-septiembre-20171-ilo vepdf-compressed1.pdf>
- MAG, Ministerio de Agricultura y Ganadería (2018) MAG define precios de sustentación de arroz, maíz y plátano con nuevo mecanismo técnico. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Ganadería: <https://www.agricultura.gob.ec/mag-defineprecios-de-sustentacion-de-arroz-maiz-y-platano-con-nuevo-mecanismo-tecnico/>
- MAGAP, Ministerio de Agricultura, Ganadería, AP. (2014) Sistematización, Facundo vela-Bolívar, pp. 5-6.

- Mandeel, Q. Laith A. y Mohamed S. (2005) Cultivation of oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.) on various lignocellulosic wastes. June 2005. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 21(4):601-607 DOI: 10.1007/s11274-004-3494-4
- Manzi, P., et al, (2004). Nutritional quality and effect of cooking. *Food Chemistry*, 84, 201-206.
- Martínez, A. (2010). Propiedades nutricionales y medicinales del champiñón y otros hongos cultivados. Centro de Investigación Biomédica de La Rioja (CIBIR). España. Disponible en: [http://www.ctich.com/principal/prop\\_nutricionales](http://www.ctich.com/principal/prop_nutricionales).
- Martínez, D., et al, (1990). Cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre bagazo de caña enriquecido con pulpa de café o paja de cebada. *Micol. Neotrop. Apl.* 3, 49-52.
- Martínez, P.; Reyes, H.; Rodríguez, J. Y Vargas, L. (2013). Indicador de innovación. Aprovechamiento integral de un vegetal. Tomado de: <http://congreso2013.ricyt.org/files/mesas/2bInnovacion/YepesReyesRodriguez.pdf>
- Mata, M, (2002). Macro hongos de costa rica. Editorial Inbio, Costa Rica. 254.
- Mattila, P.; Konko, K.; Euroola, M.; Phlava, J.; Astola, J.; Vahteristo, L.; Hietaniemi, V.; Kumpulainen, J.; Valtonen, M. & Piironen, V. (2001). Contents of vitamins, Mineral Elements, and some Phenolic compounds in Cultivated Mushrooms. *J. Agric. Food Chem.* 49, 2343-2348.
- Mckee, T., & Mckee, J. (2014). Aminoácidos, péptidos y proteínas. En *Bioquímica las bases moleculares de la vida* (pág. 110). México.
- Melo de Carvalho, C., Et al, (2010). Mushrooms of the *pleurotus* genus: a review of cultivation techniques. *Journal Interciencia*, 35 (3): 177- 182.
- Mendivil, J. (2013). Hongos en Aragón. Disponible en línea: <http://www.pasapues.es/naturalezadearagon/hongos/index.php>
- Michel, A., Otero, M. y Díaz, E., (2010), Manual Producción de Hongos comestibles *Pleurotus* spp. Obtenido de: [http://www.fundacionproducegro.org.mx/convocatorias/Manual\\_Hongos.pdf](http://www.fundacionproducegro.org.mx/convocatorias/Manual_Hongos.pdf),
- Michelis A. De y Rajchenberg M. (2006). *Hongos Comestibles: Teoría y práctica para la recolección, elaboración y conservación* 1a. ed. Bariloche: INTA EEA Bariloche.
- Misson, M., Haron, R., Kamaroddin, M. y Amin, N., 2009, "Pretreatment of Empty Palm Fruit Bunch For Lignin Degradation", *Jurnal Teknologi*, 50 (F), 89.
- Moda, E.; Horii, J. & Spoto, M. (2005). Edible mushroom *Pleurotus sajor-caju* production on washed and supplemented sugarcane bagasse. *Scientia Agric.* 127-132

- Muez, M. & Pardo, J. (2008). La preparación del sustrato. La biología y el cultivo de *Pleurotus* Spp. Limusa. México.
- Oei, p, (2003). Mushroom cultivation. Tercera Edición, Backhuys, Publishers, Leiden, Holanda.
- Oseni, T.; Dlamini, S.; Earnshaw, D. & Masarirambi. (2012). Effect of substrate pre-treatment methods on oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) production. International Journal of agriculture & biology, 14 (2), 251-258
- Ozcariz-Fermosellea M., (2016) Aprovechamiento de residuos agroforestales, con particular interés en los originados en explotaciones de Nuez Pecán (*Carya illinoensis*), por medio del cultivo de Hongos Saprófitos Saludables Ibéricos. Tesis Doctoral, Universidad de Valladolid. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. Obtenido de: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/16680>
- Pardo, J.; Perona, M. & Pardo, A. (2008). Materiales y técnicas para la elaboración de sustratos de Cultivo de *Pleurotus* spp, IV Jornadas Técnicas del Champiñón y Otros Hongos Comestibles en Castilla-La Mancha pp. 11-31.
- Producción Agrícola Mundial (2021). Producción Mundial de Soja 2020/2021. Disponible en: <http://www.produccionagricolamundial.com/cultivos/soja.aspx>
- Propalma (2021). La desfrutación. Disponible en: <https://propalma.webcindario.com/desfruta.htm>
- Randive, S. (2012). Cultivation and study of growth of oyster mushroom on different agricultural waste substrate and its nutrient analysis. Advances in Applied Science Research, 3, 1938-1949,
- Rodríguez, N., et al, (2006). Producción de los hongos comestibles orellanas y shiitake. Manual SENA, Cenicafé, la Angostura, Colombia, 1-45.
- Romero, O.; Huerta, M.; Damián, M.; Macías, A.; Tapia, A.; Parraguirre, J. & Juárez, J. (2010). Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa* agrícolas. Agronomía Costarricense, Colegio de Postgraduados, Puebla, México. 34(1): 53-63
- Ruilova, M., et al, (2014). “Evaluación de las propiedades funcionales *Pleurotus ostreatus* y de la emulsión carne-hongo-grasa”, Rev, Ciencia y Tecnología de Alimentos, La Habana, Cuba; 24 (2), 1-7.
- Ruilova, M., et al, (2014). Programa para el diseño de mezclas de residuos agrícolas para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*, Rev, Tecnología Química, Cuba, Vol, XXXIV (2): 128-136.
- Ruilova, M, (2015). Evaluación de mezclas de residuos lignocelulósicos estandarizadas para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* y su empleo en un producto cárnico saludable, Tesis doctoral, Universidad de La Habana, Cuba.

- Ruilova, M. (2016). Desarrollo de una formulación de salchicha saludable empleando al hongo *Pleurotus ostreatus* como sustituto de la carne de cerdo, Revista Talento Revista de Investigación Talentos III, (1) 36 - Universidad Estatal de Bolívar.
- Ruilova, M., Hernández A., Niño-Ruiz Z. (2017) Influence of C/N ratio on productivity and the protein contents of *Pleurotus ostreatus* grown in different residue mixtures. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo, 49 (2), 331-344.
- Sánchez, A, y B, Royse, (2002). La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp, Editorial Limusa S, A, Ciudad México, 288 p.
- Sánchez, J. & Mata, G. (2012). Hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica, Limusa, México. pp: 145-154
- Sarangi, I., D. Ghosh, S.K. Bhutia, S.K. Mallick, T.K. Maiti, (2006). Antitumor and immunomodulating effects of *Pleurotus ostreatus* mycelia - derived proteoglycans. International Immunopharmacology 6: 1287-1297.
- Shah, Z.; Ashraf, M. & Ishtiaq, C. (2004). Comparative study on cultivation and yield performance of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on different substrates (Wheat straw, leaves, saw dust). Journal of nutrition Pakistan, 3 (3): 158-160
- Sharma, S & Madan, M. (1993). Microbial protein from leguminous and Non leguminous substrates. Acta Biotechnology, 13 (2): 131-139
- Sharma, S; Kailash, R. & Pokhrel, Ch. (2013). Growth and Yield of Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on different substrates. Journal on New Biological Reports, 2 (1): 03-08
- Silva, E.; Días, E.; Siqueira, F. & Schwan, R. (2007). Análise química de corpos de frutificação de *Pleurotus sajor-caju* cultivado em diferentes concentrações de nitrogênio. Ciencia e Tec. dos Alim. 27 (1): 72-75
- Singh, M.; Vijay, B; Kamal, S. & Walkchaure, G., (2011). Mushrooms cultivation, marketing and consumption. Directorate of Mushroom Research, India, pp 1-254.
- Staments, P. (2002). Mycomedicinals an informational treatise on mushroom (3ra. ed). Olympia, W.A.: MycoMedia.
- Suárez, C. & Nieto, I. (2013). Cultivo biotecnológico de macrohongos comestibles: una alternativa en la obtención de nutracéuticos, Revista Iberoamericana de Micología. 30, 1-8
- Upadhyay, R.; Verma, R.; Singh, S. & Yadav, M. (2002). Effect of Organic nitrogen supplementation in *Pleurotus* species. India. Sánchez y col. (Eds), 2002, UAEM. 228-232.

- Valencia, N. & López, C. (2006). Cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus* sobre residuos agrícolas de la zona cafetera. Centro Nacional de Investigaciones de café “Pedro Uribe Mejía”, Cenicafé. Chinchina-Caldas-Colombia, Boletín Técnico N° 27.
- Vargas, J., Alvarado, P., Vega-Baudrit, J., Porras M. (2013) Caracterización del subproducto cascarillas de arroz en búsqueda de posibles aplicaciones como materia prima en procesos. Revista científica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala vol. 23 No 1.
- Varnero, M.; Quiroz, M. & Álvarez, C. (2010). Utilización de Residuos Forestales Lignocelulósicos para Producción del Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*). Scientific Electronic Library Online – Chile. 13 (2): 13-20
- Ventrella, D.; Stellacci, A.; Castrignanó, A.; Charfeddine, M.; Castellini, M. (2016). Effects of crop residue management on winter durum wheat productivity in a long-term experiment in Southern Italy, European Journal of Agronomy, 77, 188
- Zentenaro, F. (2004) Procesamiento *Cajanus cajan* (entrevista), Ecuavegetal Babahoyo
- Zhang, Y., Geng, W., Shen, Y., Wang, Y., Dai, Y. C. (2014). Edible Mushroom Cultivation for Food Security and Rural Development in China: Bio-Innovation, Technological Dissemination and Marketing. Sustainability, 6(5): 2961-2973.
- Zong, A., et al, (2012). Anticancer polysaccharides from natural resources: a review of recent research, Carbohydrate Polymers 90(4) 1395-1410, PMid:2294395.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO



EDITORIAL  
**UNIVERSIDAD**  
TÉCNICA DE BABAHOYO



ISBN: 978-9942-8866-3-7



9 789942 886637

