



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y**  
**BIOTECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**



---

Tema: Elaboración de una unidad de cultivo casero del hongo Shiitake (*Lentinula edodes*) utilizando residuos orgánicos.

---

Trabajo de Titulación, modalidad Propuesta Tecnológica, previa a la obtención del Título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

**Autor:** Figueroa Díaz Fernando Gabriel

**Tutor:** Dr. Ramos Moya Milton Rubén

Ambato - Ecuador

Agosto - 2020

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

Dr. Milton Rubén Ramos Moya

Certifico:

Que el presente Trabajo de Titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación, Modalidad: Propuesta Tecnológica, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad.

Ambato, 22 de junio del 2020

18/10/2020

**X** MILTON RUBÉN RAMOS M...

Firmado por: MILTON RUBEN RAMOS MOYA

Dr. Milton Rubén Ramos Moya

C.I. 180111963-5

**TUTOR**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Figueroa Díaz Fernando Gabriel, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, previo la obtención del título de Ingeniero en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas.



Figueroa Díaz Fernando Gabriel

C.I 180339194-3

**AUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los suscritos profesores calificadores aprueban el presente Trabajo de Titulación modalidad Propuesta Tecnológica, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

Presidente del Tribunal

Dra. Liliana Alexandra Cerda Mejía

C.I. 1804148086

M Sc. Danae Fernández Rivero

C.I. 1757181209

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Trabajo dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Figueroa Díaz Fernando Gabriel

C.I. 180339194-3

**AUTOR**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo al creador de todas las maravillas terrenales, a mis padres Omar Figueroa y Carmela Díaz por su incondicional apoyo y sacrificio en todo momento de mi vida, a mis hermanos Omar y Lorena Figueroa por ser parte de mi crecimiento emocional, a mis sobrinas Valentina y Noelia por ser la manifestación viva de la alegría y el amor.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme salud y vida

A mi madre y padre por ser mi apoyo y mi mejor ejemplo de vida

A todos los docentes que con todo el cariño y vocación han sabido impartir sus enseñanzas a lo largo de esta carrera universitaria

Al Dr. Milton Ramos Moya, por su colaboración, enseñanzas y consejos durante mi carrera universitaria y como tutor para la ejecución del presente trabajo

Al Msc. Mario Alvares, por ser un gran maestro que incondicionalmente me ha compartido sus conocimientos, apoyo y su valioso tiempo para la ejecución de este trabajo de titulación.

Al Msc. Paulo Baquero, por su apoyo y colaboración durante la primera etapa de la realización de este trabajo.

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

<b>CAPITULO I.....</b>	<b>1</b>
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Antecedentes de la investigación.....	1
1.1.1 Generalidades de los hongos .....	1
1.1.2 Hongo Shiitake .....	1
1.1.3 Taxonomía del hongo Shiitake .....	2
1.1.4 Ciclo de Vida.....	2
1.1.5 Morfología.....	3
1.1.6 Valor nutricional.....	5
1.1.7 Etapas del desarrollo del hongo .....	5
1.1.8 Requisitos para el desarrollo y crecimiento del hongo.....	6
1.1.9 Residuos biológicos lignocelulósicos .....	7
1.1.10 Producción y cultivo de Shiitake .....	9
1.1.11 Comercialización y consumo.....	10
1.2 Objetivos .....	11
1.2.1 Objetivo general .....	11
1.2.2 Objetivos Específicos .....	11
1.3 Hipótesis .....	12
1.3.1 Hipótesis nula (Ho) .....	12
1.3.2 Hipótesis alternativa (Ha) .....	12
1.4 Señalamiento de variables de la hipótesis.....	12
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>13</b>
2. MATERIALES Y METODOLOGÍA .....	13
2.1 Diseño de la Investigación.....	13
2.2 Localización .....	13
2.3 Materiales .....	13
2.3.1 Material experimental.....	13
2.3.2 Material de laboratorio .....	13
2.3.3 Equipos.....	14
2.3.4 Reactivos .....	14
2.4 Diseño Experimental y Tratamientos .....	15
2.5 Metodología de la producción del hongo Shiitake.....	16



2.5.1	Cultivo de la cepa de Shiitake en agar PDA .....	16
2.5.3	Preparación del sustrato.....	16
2.5.4	Mezclas de los componentes del sustrato .....	17
2.5.5	Elaboración de los bloques de sustrato .....	17
2.5.6	Inoculación.....	17
2.5.7	Incubación.....	17
2.5.8	Pardeamiento de los bloques miceliales .....	17
2.5.9	Formación de la corteza.....	18
2.5.10	Fructificación de la unidad de cultivo.....	18
2.6	Respuestas experimentales .....	18
2.6.1	Número de hongos obtenidos por sustrato .....	18
2.6.2	Peso total de los hongos Shiitake frescos por sustrato .....	18
2.6.3	Diámetro de los carpóforos.....	19
2.6.4	Eficiencia biológica.....	19
2.6.5	Análisis organoléptico de los hongos .....	19
2.6.6	Análisis estadístico y elección del mejor tratamiento .....	19
2.6.7	Análisis proximal del hongo Shiitake obtenido en el mejor tratamiento.....	20
<b>CAPITULO III .....</b>		<b>23</b>
3.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>23</b>
3.1	Cambios morfológicos del micelio en la fase vegetativa .....	23
3.2	Número de hongos cosechados en los diferentes tratamientos .....	25
3.3	Tamaño del carpóforo del hongo cosechado en los diferentes tratamientos .....	26
3.4	Pesos obtenidos del hongo Shiitake en los diferentes tratamientos.....	28
3.5	Eficiencia Biológica del hongo Shiitake en los diferentes tratamientos.....	29
3.5.1	Eficiencia biológica de acuerdo con el tratamiento .....	31
3.6	Selección del mejor tratamiento .....	34
3.7	Análisis proximal del mejor tratamiento .....	34
<b>CAPITULO IV .....</b>		<b>36</b>
4.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>36</b>
4.1	Conclusiones .....	36
4.2	Recomendaciones.....	37

## RESUMEN

*Lentinula edodes* conocido como Shiitake es uno de los hongos más demandado debido a sus características organolépticas, alto valor nutricional y sus propiedades medicinales. El presente trabajo se basó en un estudio experimental comparativo que busca encontrar el mejor tratamiento para la elaboración de una unidad de cultivo casero del hongo Shiitake, utilizando residuos orgánicos como la fibra de coco, bagazo de caña azucarera y tuza de maíz, combinados parcialmente con aserrín de eucalipto. Para ello se utilizó un diseño experimental A por B con 5 réplicas por tratamiento. El tratamiento con la mayor eficiencia biológica de 42,78 por ciento fue la combinación eucalipto y fibra de coco al 60 por ciento, seguido del eucalipto y maíz al 60 por ciento y eucalipto y bagazo de caña al 60 por ciento con 29,52 por ciento y 26,72 por ciento, respectivamente. Los análisis estadísticos sensoriales mostraron que no existe diferencia significativa en cuanto a color, olor, sabor, textura y aceptabilidad entre hongos provenientes de estos tratamientos. De acuerdo con los resultados de eficiencia biológica y calidad sensorial se seleccionó como mejor tratamiento al eucalipto y fibra de coco al 60 por ciento. Estos hongos fueron sometidos a un análisis proximal, obteniéndose de proteína en base seca 21,20 por ciento, cantidad comparable al contenido de proteína de pollo y res en base fresca, grasa 5,14 por ciento, fibra 18,9 por ciento, cenizas 10,56 por ciento y carbohidratos totales 45 por ciento, que los convierte en una alternativa saludable como fuente alimenticia diferente a la de origen animal. Los resultados mostraron la factibilidad del cultivo del hongo Shiitake en casa, y el aprovechamiento de los residuos agrícolas y forestales.

**Palabras claves:** Micología, Hongos comestibles, Shiitake, Gestión de residuos, Residuos orgánicos

## ABSTRACT

*Lentinula edodes* known as Shiitake is one of the most demanded mushrooms due to its organoleptic characteristics, high nutritional value and its medicinal properties. The present work was based on a comparative experimental study that seeks to find the best treatment for the elaboration of a home cultivation unit of the Shiitake mushroom, using organic residues such as coconut fiber, sugar cane bagasse and corn gopher, partially combined with eucalyptus sawdust. For this, an A by B experimental design with 5 replications per treatment was used. The treatment with the highest biological efficiency of 42.78 percent was the combination of eucalyptus and coconut fiber at 60 percent, followed by eucalyptus and corn at 60 percent and eucalyptus and cane bagasse at 60% with 29.52 percent and 26.72 percent, respectively. The sensory statistical analyzes showed that there is no significant difference in terms of color, odor, taste, texture and acceptability among fungi from these treatments. According to the results of biological efficiency and sensory quality, eucalyptus and 60 percent coconut fiber were selected as the best treatment. These mushrooms were subjected to a proximal analysis, obtaining protein on a dry basis 21.20 percent, an amount comparable to the protein content of chicken and beef on a fresh basis, fat 5.14%, fiber 18.9 percent, ashes 10.56 percent and total carbohydrates 45 percent, which makes them a healthy alternative as a food source other than that of animal origin. The results showed the feasibility of cultivating the Shiitake mushroom at home, and the use of agricultural and forestry residues.

**Keywords:** Mycology, Edible mushrooms, Shiitake, Waste management, Organic waste

## CAPITULO I

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1 Antecedentes de la investigación

##### 1.1.1 Generalidades de los hongos

Según la Micología, ciencia que estudia los hongos, el término hongo proviene del latín *fungus* que significa seta y del griego *sphongos* que significa esponja. Después de los insectos, los hongos son los organismos más numerosos sobre la Tierra. Se calcula que existen más de 1,500,000 especies, y tienen la facilidad de desarrollarse en un sinnúmero de hábitats (Apaza, 2017). Los hongos son organismos saprófitos, viven a expensas de materia orgánica en descomposición, y esta dependencia y su reproducción por esporas le separa tanto del reino vegetal como animal, por tanto es considerado como un reino aparte, el fungi. En adición, los hongos se dividen en: saprófitos que se alimentan de materia orgánica muerta, parásitos que se alimentan de materia orgánica viva, y simbioses que subsisten en simbiosis con algunas especies del reino vegetal (Rojas, 2004).

##### 1.1.2 Hongo Shiitake

El hongo *Lentinula edodes*, conocido comúnmente como shiitake, es un hongo basidiomiceto originario de Asia Oriental y se desarrolla por lo general en árboles muertos de roble. El nombre Shiitake deriva del japonés “shii” madera dura y “take” hongo. En China le llaman xiang-gu, hongo fragante, dong-gu, hongo de invierno y hongo jaspeado; en U.S.A. le conocen como hongo negro del bosque, y en Francia le denominan lectin (Che, 2005). En la Figura 1 se muestra el aspecto del hongo Shiitake.



Figura 1. Aspecto del hongo Shiitake. Fuente: **Álvarez (2008)**

Shiitake es uno de los hongos más demandados debido a sus características organolépticas y compuestos bioactivos. Este hongo, después del champiñón, es el segundo en la producción mundial con más de 1,5 millones de toneladas por año. (**Tejedor, 2019**). Es usado en la cocina oriental desde hace cientos de años debido a sus agradables características organolépticas, alto valor nutricional y propiedades medicinales. Contiene diversos compuestos bioactivos como lentinan (1,3- $\beta$ -D-glucano), quitina, eritadenina, ergosteroles, fibra dietaria soluble y ácidos grasos (**Rivera, 2017**): También contiene componentes químicos relacionados con propiedades anticancerígenas, antiinfecciosas, antidiabéticas y antiinflamatorias, y de control de la alta presión sanguínea e hipocolesterolemia (**Carbonero et al., 2008**).

### **1.1.3 Taxonomía del hongo Shiitake**

El nombre universal del hongo Shiitake es *Lentinula edodes* (Berkeley) Pegler con la siguiente jerarquía: Reino *Fungi*, Phylum *Basidiomycota*, Clase *Homobasidiomycetes*, Orden *Agaricales*, Familia *Tricholomataceae*, Género y Especie *Lentinula edodes* (**Rivera, 2017**).

### **1.1.4 Ciclo de Vida**

En la Figura 2 se presenta el ciclo de vida de un hongo. La reproducción ocurre mediante esporas que se encuentran dentro de los basidios, con la información genética dividida en las esporas, denominadas esporas positivas (+) y esporas negativas (-), mismas que se diseminan en el entorno. Si las condiciones ambientales de humedad, temperatura y sustrato son adecuadas, se germinan y desarrollan unos filamentos

llamados “hifas”, y el conjunto de hifas forman el micelio primario. Este micelio no es capaz de producir aparatos reproductores (setas), pero al germinar dos esporas de la misma especie de signo contrario, sus micelios primarios se fusionan sexualmente formando células bicariotas resultando en un micelio secundario que continúa extendiéndose ampliamente en el sustrato. Cuando las condiciones climatológicas continúan favorables se desarrolla el aparato reproductor o seta. En el himenio de la seta se originan los nuevos basidios, originando las nuevas esporas que en la madurez del hongo volverán a caer al suelo para comenzar nuevamente el ciclo biológico (Álvarez, 2008).

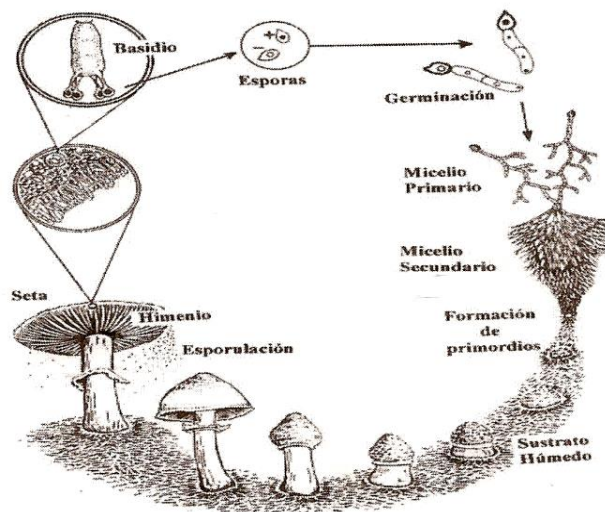


Figura 2. Ciclo de vida de un hongo saprofito. Fuente: Sierra (2002)

Según (Contreras, 2016), existen dos partes fundamentales en el hongo: el cuerpo vegetativo y el cuerpo reproductor. El cuerpo vegetativo se encuentra bajo la tierra, formado por filamentos llamados hifas que pueden ser unicelulares y pluricelulares. El conjunto de hifas forman el micelio que es el encargado de absorber los nutrientes necesarios para el alimento del hongo. El hongo en realidad es el micelio, ya que la seta (a la que vulgarmente llamamos hongo) es el aparato reproductor.

### 1.1.5 Morfología

En la Figura 3 se presentan las partes del cuerpo reproductor de un hongo. Según Kuhar et al. (2013), el cuerpo reproductor se encuentra conformado por:

Mucílago: Membrana exterior que recubre el sombrero y pie. Su cutícula puede ser lisa, rugosa, seca, viscosa, con presencia de escamas, verrugas y estrias, puede estar fuertemente adherida al sombrero o fácilmente separable.

Píleo (sombrero): Situada por encima del pie en forma de paraguas, puede presentar una gama de colores y diferentes diseños: esféricos, acopados, conicos, acampanados ramificados.

Himenóforo: Ubicado en la parte inferior del sombrero, sostiene al himenio y es donde se encuentran las esporas.

Pie (estipe): Sostiene el sombrero, puede ser recto o curvo y en forma cilíndrica.

Anillo: Situada por debajo del sombrero cuando este se expande, su función es proteger al himenio y facilita la maduración de esporas.

Volva: Es la parte subterránea que rodea la base del pie, según la especie puede ser circular, conica, o libre.

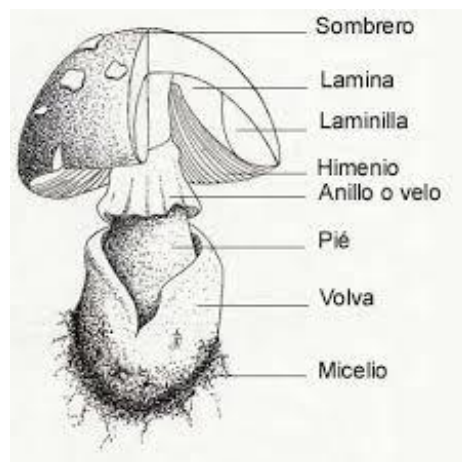


Figura 3. Partes del cuerpo reproductor del hongo. Fuente: **García y Merchán (2011)**

El hongo Shiitake se caracteriza por poseer un sombrero plano convexo, al margen del sombrero se encuentra cubierta por escamas blanquecinas, en la madurez mide de 5 a 12 cm, es de color castaño claro u oscuro con tonalidades rojizas. Su esporada es blanca, el pie es corto y usualmente cubierta por escamas fibrosas, posee un anillo color castaño claro, su carne es firme y sabrosa (**Álvarez, 2008**). A nivel microscópico

se observa un micelio blanco con hifas que forma un entramado a manera de malla, con el tiempo segrega sustancias protectoras color marrón, sus esporas son blancas y de forma ovoide agrupadas en las basidiosporas.

### 1.1.6 Valor nutricional

**Álvarez (2008)** menciona que las setas de *Lentinula edodes* provenientes del Wb-Laboratory – Canada, contiene en base seca (%): 17,48 proteína, 58,49 carbohidratos, 1,77 grasa, 17,79 fibra y 4,47 cenizas. En base húmeda (%): 85,33 humedad, 2,56 proteína, 8,58 carbohidratos, 0,26 grasa, 2,61 fibra y 0,66 cenizas. Este hongo en particular es una buena fuente de minerales y vitaminas B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B3 (niacina) y D y contiene varios aminoácidos esenciales y fibra dietética. El valor calórico de 100 g de Shiitake seco es de 261 kcal, más alto que el de papas crudas (80 kcal), o lomo de res (224 kcal) (**Kwon and Hobbs, 2005**). **Zuluaga (2010)** indica que 3 g de hongos frescos puede suministrar la dosis diaria necesaria de vitamina B12, vitamina D y niacina.

En cuanto a la composición de aminoácidos, las setas de *Lentinula edodes* contienen 17 de los 20 aminoácidos presentes en las proteínas determinados mediante HPLC (en g/100 g): Histidina 1,77; Isoleucina 2,52; Leucina 4,92; Lisina 3,83; Metionina 0,11; Fenilalanina 11,04; Treonina 3,20; Valina 3,60; Tirosina 3,43; Alanina 3,83; Arginina 3,83; Ácido Aspártico 7,67; Ácido Glutámico 14,13; Glicina 3,15; Prolina 1,60; Serina 3,72 y Cistina 0,86 (**Álvarez, 2008**).

Además, Shiitake contiene fibra dietética en un promedio de 6,7 g por 100 g en base seca, mucho más alto que el arroz integral (0,2 g) y el camote (0,9 g) (**Mushroom growers, 2005**). El consumo de fibra dietética ayuda a prevenir la obesidad, constipación, diabetes, hipertensión, cáncer de colon, arterioesclerosis, y baja el nivel de colesterol malo (**OMS, 2018**). En adición, la fibra dietética posee un alto contenido de potasio, hierro y fósforo (**Kwon and Hobbs, 2005**)

### 1.1.7 Etapas del desarrollo del hongo

De acuerdo a las características que presenta el cultivo del hongo Shiitake en bloques de sustrato sintéticos se han descrito las siguientes etapas (**Chen, 2005**):



**Crecimiento del micelio:** Después de inocular el micelio de Shiitake en el sustrato, el micelio comienza a crecer y colonizar todo el sustrato, en esta fase se asimilan los nutrientes, las enzimas emitidas por el hongo rompen componentes como celulosa, hemicelulosa y lignina, transformándolas en moléculas más simples que pueden ser absorbidas por el micelio para su adecuado crecimiento y propagación.

**Formación del blanco de micelio o escudo de micelio:** Dura entre dos a cuatro semanas para que en la superficie del bloque de sustrato se forme una capa gruesa de micelio de color blanco, en esta etapa la concentración de CO<sub>2</sub> es elevada en el sitio de cultivo.

**Formación de ampollas:** En la superficie del sustrato se forman protuberancias a manera de ampollas o bultos de diferentes tamaños, en estas hendiduras se formarán los primordios que posteriormente se convertirán en cuerpos frutíferos. El tiempo de formación de las protuberancias varía con la cepa, sustrato y condiciones climatológicas.

**Browning, pardeamiento o formación de corteza:** En esta etapa ocurre un oscurecimiento, el micelio se torna marrón-rojiza, en el interior del sustrato incrementa la humedad y se torna más suave producto de las actividades metabólicas del micelio. En esta etapa algunos productores aconsejan retirar las bolsas plásticas una vez pardeado un tercio del sustrato y otros productores aconsejan retirar las bolsas antes de iniciar la pigmentación. El momento de eliminar las bolsas plásticas es crucial, pues mejora el rendimiento del cultivo.

### **1.1.8 Requisitos para el desarrollo y crecimiento del hongo**

El desarrollo y crecimiento del hongo se ve afectado por las condiciones ambientales, nutricionales y genéticas. Los requisitos nutricionales para el desarrollo del micelio son simples, y por ser un organismo heterótrofo requiere de una fuente de carbono orgánico, nitrógeno, minerales y vitaminas, nutrientes necesarios para el desarrollo del micelio (Vázquez, 2018).

Durante el crecimiento vegetativo, el micelio absorbe pequeñas moléculas de nutrientes directamente, pero es necesario romper moléculas más complejas, por lo que secreta enzimas al sustrato para descomponer sustancias lignocelulósicas que son

la mayor fuente de carbono para el shiitake (**Mushroom growers, 2005**). El carbono es el más importante requerimiento nutricional de formación de proteínas, ácidos nucleicos y azúcares para la vida celular.

El nitrógeno es indispensable para la construcción de protoplasma y elementos estructurales de la célula del shiitake. La corteza del árbol contiene alrededor 3,8 - 5% N y la xilema solo 0,4 - 0,5% N. Los minerales como fósforo, sulfuro, calcio, magnesio y potasio son utilizados en la formación de la célula, mejorando el metabolismo (**Mushroom growers, 2005**).

Los factores ambientales (temperatura, humedad, oxígeno, luz y pH del sustrato) son de importante consideración en el cultivo. Así, Shiitake prefiere ambientes ácidos, pueden crecer en un rango amplio de pH 3 - 7 (**Chen, 2005**). Para la fase vegetativa el óptimo de pH es entre 4,5 y 5,5 y para la fase reproductiva pH de 3,5 a 4,5 (**Gaitán, 2006**). La adición de carbonato de calcio mejora la estructura física y mantiene el pH por encima de la media de pH 4 durante la última etapa de descomposición cuando el sustrato presenta un pH extremadamente ácido (**Castillo, 2008**). La temperatura para el crecimiento vegetativo es de 24 a 26 °C, por debajo de 5 °C o por encima de 35 °C se detiene el crecimiento micelial. La humedad es necesaria para las funciones metabólicas, por lo que es importante mantener la humedad relativa atmosférica durante las diferentes fases del hongo, así para la vegetativa <75% y para la reproductiva del 85 al 95% (**Babcock, 2004**). La aireación mantiene la relación oxígeno- dióxido de carbono, afectando la velocidad de desarrollo micelial y algunas características morfológicas del hongo (**García y Merchán, 2011**).

### **1.1.9 Residuos biológicos lignocelulósicos**

Los desechos lignocelulósicos contienen varias sustancias reutilizables, siendo atractivo el desarrollo y aprovechamiento de estos residuos, entre estas sustancias se encuentran las lignocelulosas y sus componentes, constituyendo un sustrato de alto valor biotecnológico y nutricional (**Torres et al., 2017**). El hongo *L. edodes* tiene la capacidad de degradar celulosa y lignina presentes en residuos orgánicos, y su uso depende de la disponibilidad y abundancia (**Hernández, 2013**), estas moléculas están constituidas por glucosa en el caso de la celulosa, xilosa y malosa, componentes de la hemicelulosa y lignina por la unión de compuestos fenólicos (**Royse, 2002**).

La industria genera altas cantidades de residuos orgánicos que pueden ser utilizados en el cultivo de hongo Shiitake; por ejemplo, la industria de fabricación de cerveza produce 92% de residuo, la industria del aceite de palma > 81% de residuo y la industria del café 90,5% de residuo (López, 2004). En Tungurahua, el 46,6% del total de residuos es materia orgánica con diferentes tipos de residuos agrícolas y forestales. Algunos de estos residuos son aprovechados como abono para cultivos y alimentación de animales de granja; sin embargo, una gran cantidad de estos residuos no tienen un tratamiento adecuado, resultando un problema para el ambiente. (AME-INEC, 2016).

Los sustratos empleados en el cultivo de hongos deben tener las cantidades nutricionales suficientes para que cumpla las funciones de crecimiento, regulación y producción, la calidad nutricional de las setas depende del residuo que se utilice (Nieto, 2010). Para el presente estudio se han seleccionado los siguientes residuos orgánicos: el bagazo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), la fibra de coco (*Cocos nucifera*), la tusa de la mazorca de maíz (*Zea mays*) y el aserrín de eucalipto (*Eucalyptus grandis*). El hongo produce enzimas que son excretadas al ambiente transformando estos compuestos insolubles en solubles, para poder ser transportados a través de la pared celular fungal y la membrana celular hasta el citoplasma donde son metabolizados.

El bagazo de caña es un subproducto que queda de la extracción del jugo de la caña de azúcar, y está compuesto por: 41 – 44% celulosa, 25 – 27% hemicelulosa, 20 - 22% lignina y 8 - 10% otros componentes (Almazán et al, 2016). El nitrógeno se encuentra en forma orgánica en 1,23%, necesario para el crecimiento del hongo (MushWorld, 2005).

La fibra de coco, nombre que recibe el material fibroso del fruto cocotero (mesocarpio del coco), presenta elevada estabilidad y tiene la capacidad de retener bien el agua y buena aireación (Canna, 2013). Está compuesto por lignina 19,38%, celulosa 35,9% y hemicelulosa 18,56% (Rincón et al., 2016). Su pH es de 5, el nitrógeno total 0,51% (MushWorld, 2005). Cada coco contiene un peso aproximado de 375 a 400 g de mesocarpio seco (Alvarado, 2007).

El olote o tusa de maíz (*Zea mays*), está compuesta por: 45% celulosa, 33,6% hemicelulosa y 15,8% lignina (Córdoba et al., 2013). Finalmente, el aserrín de

eucalipto es un subproducto resultado del desecho de las labores de corte de la madera. Su estructura esta compuesta por: 27,99% lignina y 51,72% celulosa y 20,29% hemicelulosa (Leal, 2011).

### 1.1.10 Producción y cultivo de Shiitake

La producción de *L. edodes* se remonta a algunos siglos atrás en las regiones montañosas de China, donde el método consistía en hacer pequeñas ranuras en troncos caídos y esperar a que el viento transportara las esporas de *L. edodes* para que el micelio colonice la madera, lo cual limitaba considerablemente el éxito del cultivo. Años más tarde se desarrolló el método donde el micelio del Shiitake crece en sustratos de madera como semilla para ser luego inoculados en troncos de producción, método que hasta la actualidad se sigue aplicando (García y Merchán, 2011). El cultivo de Shiitake en bloques sintéticos (bolsas de aserrín) se desarrolló en la década de los setenta en China, alcanzando una mayor productividad, y un mejor manejo en las condiciones durante el proceso de colonización del sustrato, permitiendo utilizar residuos agrícolas (Figura 4) (Cudris, 2011).

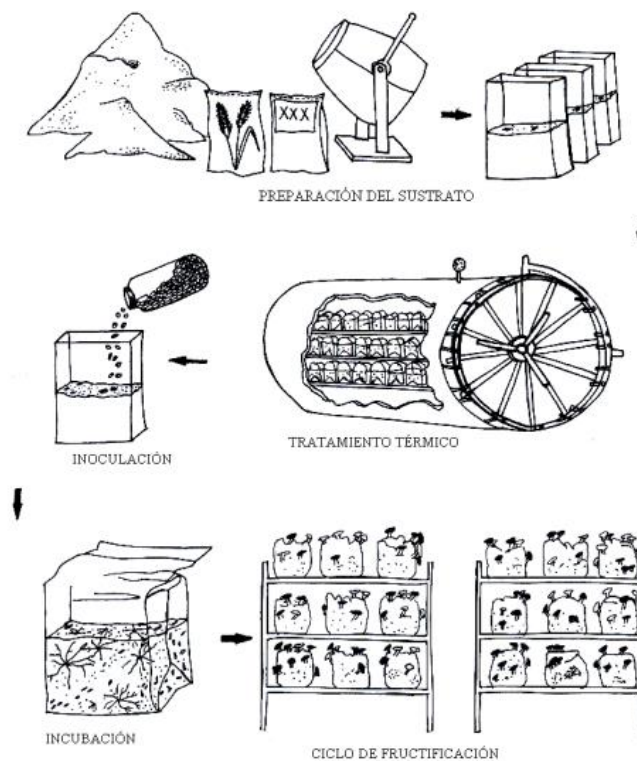


Figura 4. Cultivo de shiitake en bloques sintéticos. Fuente: Castillo (2008).

En Estados Unidos, el cultivo de hongos comestibles comenzó en 1880, seguido de Canadá en 1912, y América Latina: México en 1933 y Colombia fue el segundo país de América del Sur en 1950 (**García y Merchán, 2011**). La producción actual de este hongo va más allá de 1,5 millones de toneladas anuales (**Tejedor, 2019**).

#### **1.1.11 Comercialización y consumo**

Shiitake es el tercer hongo más comercializado a nivel mundial (**Chen, 2001**). En Ecuador, el consumo de hongos es moderado, su producción y comercialización se enfoca principalmente a los hongos champiñones (**Viteri, 2017**). La empresa CEPA, una de las mayores productoras del hongo champiñón en Ecuador, alcanza cifras de 300 toneladas anuales (**CEPA, 2017**). Entre las empresas dedicadas al cultivo de este hongo figuran: The Fungus Garden, Hortifungi y Guiipi.

El biólogo Ricardo Viteri, propietario de The Fungus Garden sostiene que la producción de Shiitake en Ecuador es muy baja, no sobrepasa los 100 kg semanales y su comercialización es en estado fresco, seco y en conserva (**Viteri, 2019**). Shiitake se puede consumir de diversas formas, como hongo fresco, deshidratado o molido como saborizante en sopas, galletas o bebidas (**Álvarez, 2008**).

Nuevas tecnologías han permitido utilizar el hongo en la producción de aromas para la industria alimentaria, elaboración de antibióticos para la industria farmacéutica, producción de ácido cítrico para la industria bioquímica, entre otros usos (**García y Merchán, 2011**). En este entorno, la propuesta de diseñar una unidad de cultivo casero del hongo Shiitake, es una alternativa novedosa que permitiría al consumidor una experiencia directa con la producción del hongo en casa y el consumo de un producto alimenticio de alta calidad nutritiva.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

- Elaborar una unidad de cultivo casero del hongo Shiitake (*Lentinula edodes*) utilizando residuos orgánicos.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Determinar la eficiencia biológica del hongo Shiitake (*Lentinula edodes*) con relación a los diferentes tipos de sustratos utilizados en la fermentación sólida.
- Evaluar las características sensoriales del hongo Shiitake de los tratamientos con la mayor eficiencia biológica.
- Analizar la composición fisicoquímica del hongo Shiitake del mejor tratamiento en base a la evaluación sensorial.

### **1.3 Hipótesis**

#### **1.3.1 Hipótesis nula (H<sub>0</sub>)**

**H<sub>0</sub>:** El uso de residuos orgánicos como sustrato para la elaboración de una unidad de cultivo casero del hongo Shiitake (*Lentinula edodes*) no influye directamente en la eficiencia biológica y propiedades sensoriales y fisicoquímicas del hongo.

#### **1.3.2 Hipótesis alternativa (H<sub>a</sub>)**

**H<sub>a</sub>:** El uso de residuos orgánicos como sustrato para la elaboración de una unidad de cultivo casero del hongo Shiitake (*Lentinula edodes*) influye directamente en la eficiencia biológica y propiedades sensoriales y fisicoquímicas del hongo.

### **1.4 Señalamiento de variables de la hipótesis**

**Variable independiente:** Sustratos (bagazo de caña de azúcar, olote de maíz, fibra de coco y aserrín de eucalipto).

**Variable dependiente:** Tamaño del carpóforo, eficiencia biológica y propiedades sensoriales y fisicoquímicas.

## CAPITULO II

### 2. MATERIALES Y METODOLOGÍA

#### 2.1 Diseño de la investigación

El presente proyecto se basa en un estudio experimental comparativo que busca encontrar el mejor tratamiento para la elaboración de una unidad de cultivo casero del hongo Shiitake (*Lentinula edodes*) utilizando residuos orgánicos.

#### 2.2 Localización

La fase experimental se llevó a cabo en el Laboratorio de Canje de Deuda Ecuador España y en los laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología (FCIAB) de la Universidad Técnica de Ambato.

#### 2.3 Materiales

##### 2.3.1 Material experimental

- Cepa activa del hongo Shiitake (*Lentinula edodes*): Proveniente del laboratorio WB Laboratory – Canadá.
- Bagazo de caña de azúcar: Recolectado en los locales de venta de jugos y dulces del cantón Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua.
- Olote de maíz (tusa de maíz) y fibra de coco: Residuos recolectados en puestos de venta del mercado mayorista de la ciudad de Ambato.
- Aserrín de eucalipto: Residuo recolectado en el aserradero del Sr. Fausto Díaz, cantón Patate.

##### 2.3.2 Material de laboratorio

- Frascos de tapa azul
- Frascos de boca ancha
- Tubos de ensayo con tapa
- Crisoles



- Alcohol
- Papel aluminio
- Mechero
- Asa de inoculación

### **2.3.3 Equipos**

- Balanza de precisión
- Refrigeradora
- Incubadora Binder
- pH metro
- Mufla
- Kjeldahl
- Soxhlet
- Fiwe Velp Scientifica
- Plancha de agitación térmica Ika
- Autoclave
- Cámara de flujo laminar

### **2.3.4 Reactivos**

- Hexano  $C_6H_{14}$
- Ácido sulfúrico  $H_2SO_4$
- Hidróxido de potasio KOH
- Peróxido de hidrógeno  $H_2O_2$
- Hidróxido de sodio NaOH
- Tiosulfato de sodio  $Na_2S_2O_3$
- Ácido bórico  $B(OH)_3$
- Ácido clorhídrico HCl
- Verde bromocresol
- Rojo metilo
- Potato Dextrose Agar PDA

## 2.4 Diseño experimental y tratamientos

Para la formulación de los sustratos se planteó un diseño estadístico A\*B+1; donde: Factor A: residuos agrícolas y Factor B: cantidad de sustitución del aserrín de eucalipto por los diferentes residuos agrícolas, y un tratamiento control a base de aserrín de eucalipto. Por cada tratamiento se realizaron 5 réplicas.

**Tabla 1: Diseño experimental Factorial A\*B+1**

VARIABLES	Niveles
A: Residuos agrícolas	a0: Bagazo de caña a1: Tusa de maíz a2: Fibra de coco
B: Porcentaje de sustitución de aserrín de eucalipto por residuo agrícola (%)	b0: 20 b1: 40 b2: 60

En la Tabla 2 se indica la formulación de los sustratos de los diferentes tratamientos, de acuerdo con el diseño estadístico factorial A\*B+1 (Tratamientos 3\*3+1=10).

**Tabla 2: Formulaciones de los diferentes tratamientos**

Tratamiento: Simbología <sup>1</sup>	Combinación	Bagazo de caña (%)	Tusa de maíz (%)	Fibra de coco (%)	Eucalipto (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)
T1: EB-20	a0b0	20	--	--	80	1
T2: EB-40	a0b1	40	--	--	60	1
T3: EB-60	a0b2	60	--	--	40	1
T4: EM-20	a1b0	--	20	--	80	1
T5: EM-40	a1b1	--	40	--	60	1
T6: EM-60	a1b2	--	60	--	40	1
T7: EC-20	a2b0	--	--	20	80	1
T8: EC-40	a2b1	--	--	40	60	1
T9: EC-60	a2b2	--	--	60	40	1
T10: (control)	Control	--	--	--	100	1

<sup>1</sup>EB: eucalipto y bagazo de caña; EM: eucalipto y tusa de maíz; EC: eucalipto y fibra de coco

## **2.5 Metodología de producción del hongo Shiitake**

El diagrama de flujo de la producción del hongo Shiitake se presenta en el anexo 1.

### **2.5.1 Cultivo de la cepa**

El medio de cultivo empleado para el desarrollo del micelio de Shiitake fue el agar de papa dextrosa (PDA). Para esto, se colocó en forma aséptica una pequeña porción de micelio en los tubos con agar estériles, luego se incubaron los tubos entre 22 y 24 °C por 3 semanas hasta que el hongo cubra parte del agar (**Álvarez, 2008**).

### **2.5.2 Preparación de la semilla**

Para la preparación de la semilla se emplearon granos de trigo en buen estado, libres de impurezas, mismos que se lavaron e hidrataron durante 18 h con abundante agua. Luego, los granos se dejaron escurrir por 30 min hasta eliminar el exceso de agua. A continuación, se colocaron 300 g de grano de trigo hidratado en frascos de vidrio y se esterilizaron en autoclave a 121 °C por 20 min. Los frascos con los granos estériles se enfriaron a temperatura ambiente, previo a ser inoculados con micelio del hongo. Las inoculaciones se realizaron en una cámara de flujo laminar, luego los frascos fueron tapados con papel aluminio y llevados a una cámara de incubación a 26 °C por 30 días hasta que el micelio colonizó la totalidad de los granos de trigo.

### **2.5.3 Preparación del sustrato**

Los residuos recolectados, seleccionados y limpiados para eliminar cualquier partícula extraña, se sometieron a un proceso de secado con exposición directa al sol por un periodo de 2 semanas (**García y Merchán, 2010**). **Gaitán et al. (2006)** recomiendan aplicar a ciertos sustratos una fermentación aerobia para proporcionar una microflora capaz de proteger al micelio del hongo de otros microorganismos competidores, y para el bagazo de caña de azúcar se recomienda de 8 a 10 días. Posterior al proceso de deshidratación, se realizó el cortado y triturado para obtener partículas de tamaño entre 0,3 a 0,5 mm de los diferentes residuos (**Chan y Miles, 2004**).

#### **2.5.4 Mezclas de los componentes del sustrato**

Para la preparación de los diferentes sustratos enriquecidos, se mezclaron los componentes señalados en la Tabla 2. En los diferentes tratamientos se pesaron los residuos agrícolas y el aserrín de eucalipto, y se los remojó hasta una humedad cercana al 60% (Shen et al., 2005).

#### **2.5.5 Elaboración de bloques de sustrato**

Los diferentes componentes de cada sustrato se mezclaron, según las formulaciones preestablecidas, y se llenaron en bolsas plásticas de polipropileno (celofán) de 34x23 cm, con la cantidad de 1,5 kg (peso húmedo). El sustrato se compactó manualmente y los bloques de sustrato se esterilizaron en una autoclave a 121 °C por 20 min.

#### **2.5.6 Inoculación**

Posterior al proceso de esterilización, los bloques de sustrato se enfriaron hasta temperatura ambiente. Luego se procedió a inocular con la semilla del hongo *L. edodes* en condiciones estériles utilizando una cámara de flujo laminar, y en una proporción de inoculación de 25 g de semilla/kg de sustrato. A continuación, las fundas fueron cerradas con cinta masking, agujereadas cada 7 cm aproximadamente y trasladadas a una cámara de incubación.

#### **2.5.7 Incubación**

La incubación se realizó en una cámara de incubación marca BINDER, previamente limpiada y desinfectada, en condiciones de oscuridad a temperatura de 26 °C y 85% de humedad relativa. Los bloques de sustrato permanecieron en la cámara hasta que el micelio del hongo cumple su fase vegetativa de aproximadamente 4 meses.

#### **2.5.8 Pardeamiento de los bloques miceliales**

Completada la etapa de colonización del hongo (color blanco del micelio), las bolsas plásticas se cortaron y se retiraron antes que el pardeamiento total se complete, cuando alrededor de 1/2 a un 1/3 del micelio se ha pigmentado de color marrón (Chen, 2005).

Este periodo dura aproximadamente 30 días y para mantener la humedad relativa de la superficie del sustrato se roció ligeramente con agua (1-3 veces al día).

### **2.5.9 Formación de la corteza**

En la superficie de los bloques se formó una capa rojizo-marrón con partes marrón oscuras y secas que funcionan como una corteza de árbol, mientras el interior del sustrato se volvió suave y húmedo como consecuencia de las actividades metabólicas del hongo. Mantener la humedad entre 60 y 70% evita la contaminación (**Chen, 2001**).

### **2.5.10 Fructificación de la unidad de cultivo**

Para la fructificación de la unidad de cultivo, se sumergieron los bloques del sustrato madurado en agua fría (12 a 15 °C) por 12 h, lo cual permite estimular la aparición de los primordios. Luego los bloques se colocaron en estanterías de cuartos de cultivo entre 18 y 25 °C y 80 - 90% de humedad relativa. Los primordios del hongo aparecieron en el sustrato después de aproximadamente 7 días.

## **2.6 Respuestas experimentales**

Los resultados de las respuestas experimentales se obtuvieron al final de la fermentación sólida.

### **2.6.1 Número de hongos obtenidos por sustrato**

Se realizaron dos cosechas con un intervalo de tiempo de descanso de 18 días, y al término de cada proceso de fructificación se contabilizaron los hongos obtenidos en cada tipo de sustrato.

### **2.6.2 Peso total de hongos por sustrato**

Para la determinación del peso total de hongos por sustrato, los hongos maduros cosechados se pesaron en una balanza de precisión y se reportaron las cantidades obtenidas en gramos (g) por tipo de sustrato.

### 2.6.3 Diámetro de carpóforos

El tamaño de los carpóforos se obtuvo mediante la medición del diámetro (en cm) cuando el hongo alcanzó su madurez en cada sustrato. Esto se evidencia cuando el velo universal se rompe y las laminillas están expuestas (**García y Merchán, 2011**).

### 2.6.4 Eficiencia biológica

El rendimiento de los diferentes sustratos se determinó mediante la eficiencia biológica (EB), para lo cual se consideró el peso de los hongos frescos de cada tratamiento sobre el peso del sustrato en seco, aplicando la siguiente ecuación (**Romero et al., 2015**):

$$EB = \frac{\text{peso hongos frescos}}{\text{peso del sustrato seco}} * 100$$

### 2.6.5 Análisis organoléptico

Para determinar el efecto del sustrato sobre las características organolépticas de los hongos se evaluaron los atributos de color, olor, sabor, textura y aceptabilidad mediante una escala hedónica de cinco puntos, con las siguientes puntuaciones: 1: Muy desagradable; muy malo; disgusta mucho; 2: Desagradable; malo; disgusta poco; 3: Ni agrada ni desagrada; ni malo ni bueno; ni disgusta ni gusta; 4: Agradable; bueno; gusta poco; y 5: Muy agradable; muy bueno; gusta mucho.

Se aplicó un diseño de bloques completamente al azar con 16 catadores no entrenados (docentes y estudiantes). Para la catación, el hongo se sirvió en estado fresco para evaluar color, olor y textura, y en estado salteado para sabor y aceptabilidad. Las pruebas sensoriales se efectuaron en el laboratorio de la FCIAB y el mismo día de la cosecha.

### 2.6.6 Análisis estadístico y elección del mejor tratamiento

Con la finalidad de seleccionar el mejor tratamiento se realizó un análisis estadístico, para lo cual los resultados obtenidos se tabularon con sus respectivos promedios y desviación estándar, y se utilizó el paquete Statgraphics Centurion XVI. Se efectuó el análisis de ANOVA y para las variables donde existió diferencia significativa se

realizó el análisis de comparación de Tukey o Duncan para determinar el mejor tratamiento.

## **2.6.7 Análisis proximal del hongo Shiitake del mejor tratamiento**

### **2.6.7.1 Humedad**

La humedad se determinó por el método Oficial N. 925.10 (AOAC, 2017). El protocolo consistió en pesar 2 g de muestra molida en una cápsula previamente secada y pesada, colocar a secado en una estufa a  $130 \pm 3$  °C durante 1 hora, y trasladar a un desecador, antes de proceder a pesar. Se repite el proceso de secado hasta que la cápsula con la muestra seca presente peso constante. Los resultados se expresaron en porcentaje de sólidos totales y en porcentaje de humedad, calculados según las ecuaciones siguientes:

$$\% \text{ Sólidos totales} = \frac{[(\text{peso cápsula} + \text{muestra seca}) - \text{peso de la cápsula}]}{[(\text{peso de la cápsula} + \text{muestra húmeda}) - \text{peso de cápsula}]} * 100$$

$$\% \text{ Humedad} = 100 - \text{Sólidos totales}$$

### **2.6.7.2 Determinación de proteína**

Se empleó el Método Oficial N.981.10 (AOAC, 2017). El contenido de proteína cruda se calculó en base al contenido en nitrógeno determinado en un equipo Kjeldahl. Para esto, la muestra se colocó en un tubo de digestión con ácido sulfúrico concentrado en presencia de peróxido de hidrógeno y catalizadores, de forma que los componentes nitrogenados se transformen en nitrógeno inorgánico en forma de ion amonio. Después de digerida la muestra, se agregó agua, hidróxido de sodio y tiosulfato de sodio y se procedió a destilar en un medio fuertemente básico; el amonio se transforma en gas amoníaco, el cual es recogido en solución de ácido bórico con indicador de rojo de metilo y verde bromocresol. Luego, se tituló con ácido clorhídrico. Se realizó un blanco. Para determinar el contenido de proteína de la muestra se multiplicó la cantidad de nitrógeno obtenido por un factor de 6,25.

$$\% \text{ Proteína} = (V_a - V_b) * 1,4007 * N * 6,25 / W$$

V<sub>a</sub> = volumen (ml) de ácido estandarizado usado para titular la muestra; V<sub>b</sub> = volumen (ml) de ácido estandarizado usado para titular el blanco; N = normalidad del HCl; 6,25 factor para pasar el N a proteína, y W = peso (g) de porción de muestra.

### 2.6.7.3 Determinación de grasa total

La grasa total se determinó por el Método Oficial N. 920.39 (AOAC, 2017). Se pesó 2 g de muestra por duplicado. Para la extracción se utilizó un disolvente orgánico (hexano) en un equipo de determinación de grasa, en un proceso de inmersión y lavado de la muestra que se encuentra en un cartucho de celulosa. La grasa extraída se recogió en el vaso del equipo para luego ser llevado a una estufa a 90 °C hasta eliminar totalmente el solvente residual de la grasa. La diferencia de peso del vaso vacío y el vaso con grasa indica la cantidad de grasa que contiene la muestra.

$$\% \text{ Grasa cruda} = (c - v) * 100 / a$$

a = Peso muestra en g; v = Peso del vaso vacío en g y c = Peso del vaso con la grasa extraída en g.

### 2.6.7.4 Determinación de fibra

La cantidad de fibra se obtuvo mediante el Método Oficial N. 962.09 (AOAC, 2017). Consiste en determinar las sustancias orgánicas libres de grasas e insolubles en medio ácido y alcalino, denominada como fibra bruta. La muestra desengrasada se trató a ebullición sucesivamente con soluciones de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y KOH en concentraciones de 1,25%. Se separa el residuo por filtración en filtro de vidrio, se lava, se seca, se pesa y se calcina a temperatura de 550 ± 15 °C. La diferencia de peso entre el residuo seco y las cenizas corresponde a la fibra bruta de la muestra.

$$\% \text{ Fibra bruta} = [(b - c) \times 100] / a$$

a = masa de la muestra en g; b = pérdida de peso después de la calcinación del residuo de la muestra y, c = pérdida de peso después de la calcinación del residuo de la prueba en blanco.



#### **2.6.7.5 Determinación de cenizas**

La ceniza se obtuvo por el Método Oficial N. 942.05 (AOAC, 2017). Se basó en calcinar la muestra contenida en una capsula a  $550 \pm 15$  °C en una mufla, luego colocar en un desecador, pesar y calcular el residuo de la incineración por diferencia de peso. Los resultados se expresaron como porcentaje de cenizas según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(\text{peso de la capsula con cenizas} - \text{peso de la capsula})}{\text{peso muestra}} * 100$$

#### **2.6.7.6 Determinación de carbohidratos**

Los carbohidratos se estimaron por diferencia, utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Carbohidratos totales} = 100\% - (\% \text{ humedad} + \% \text{ proteína} + \% \text{ grasa} + \% \text{ ceniza} + \% \text{ fibra})$$


## CAPITULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Cambios morfológicos del Shiitake durante el cultivo

Los cambios morfológicos del Shiitake durante su cultivo en los diferentes sustratos se presentan en la Tabla 3. Una vez inoculada, la semilla de micelio del hongo Shiitake empieza el proceso de colonización y desarrollo micelial sobre el sustrato, el cual tardó aproximadamente 93 días hasta completar la fase vegetativa y reproductiva.

**Tabla 3. Cambios morfológicos del hongo Shiitake durante el cultivo**

<i>Inoculación</i>	<i>Colonización del micelio</i>	<i>Formación de corteza marrón</i>	<i>Aparición de primordios</i>	<i>Cuerpos fructíferos</i>
				
Día 1	Día 40 – 50	Día 55 – 75	Día 80 – 84	Día 91 - 93
Semilla madre con blanco de micelio	Aspecto musgoso y denso con presencia de ampollas	Evita perdida de humedad y contaminación microbiana	Consistencia interior del sustrato suave e incremento de humedad	Crecimiento y desarrollo del carpóforo

En la Tabla 3 se observa en primera instancia la formación del blanco de micelio de aspecto musgoso y denso con presencia de ampollas en la superficie de la biomasa, lo cual ocurrió entre los 40 y 50 días. Al comparar los resultados del estudio con los reportados por otros estudios, se observa variabilidad en el tiempo de colonización. Según **Mushroom Growers (2005)**, el tiempo de colonización se ve afectado por factores ambientales, genéticos de la cepa del hongo y nutricionales. **Chen (2005)**

indican que el desarrollo micelial del hongo Shiitake tarda aproximadamente de 60 a 90 días. Según **Escobar et al. (2007)**, el pH y el exceso de CO<sub>2</sub> influyen en los tiempos de colonización, demostrando que los tratamientos con adición de 1 a 2 % de CaCO<sub>3</sub> como controlador de pH, presentaron tiempos de desarrollo menores a 70 días. **Miles (2010)** menciona que la disponibilidad de hidratos de carbono en el sustrato acelera la velocidad de colonización y degradación del medio de cultivo, reduciendo el tiempo de desarrollo del micelio.

Además, el tiempo de colonización micelial se ve afectado por la capacidad de biodegradación del hongo en los diferentes residuos agrícolas y forestales (**García y Merchán, 2011**). Los tratamientos observados durante la colonización del micelio, aquellos con el 60% de sustitución de residuo agrícola (Tratamientos: EB-60, EM-60 y EC-60) presentaron mejores aspectos del micelio en el sustrato.

Completada la etapa de blanco de micelio, comenzó la etapa de pigmentación y formación de corteza que duró entre 55 y 75 días después de la siembra del hongo. Se observó que la mayoría de los tratamientos alcanzaron una pigmentación marrón, excepto el tratamiento de tusa de maíz con el 20% (EM-20) de sustitución que no logró una completa pigmentación. Para **Hen (2000)**, la pigmentación de la capa superficial del sustrato da lugar a una capa rojizo-marrón con partes oscuras y secas, funciona como una corteza de árbol que permite conservar la humedad y evitar posible contaminación microbiana.

Formada la pigmentación del sustrato, la consistencia en su interior se torna suave como consecuencia de las actividades metabólicas **Chen (2005)**. Al desintegrarse los residuos, pierden fuerza y peso, aumentando la capacidad de retención de agua (**Fung, 2002**). En esta etapa se observó la aparición de los primordios, posterior a la inducción del choque térmico con agua a 12 °C, lo cual ocurrió entre los días 80 y 84 posterior a la siembra, siendo los tratamientos de fibra de coco y tusa de maíz al 60% (EC-60 y EM-60) los primeros en presentar primordios en la superficie.

Vale señalar que durante la etapa vegetativa los bloques de sustratos son propensos a la contaminación microbiana. En el cultivo de Shiitake la contaminación es uno de los principales problemas, según **Pukahuta et al. (2010)** se generan hongos del género *Trichoderma*, *Penicillium*, *Catenulatum* y *Aspergillus*. En el presente trabajo se obtuvo

un solo bloque de sustrato con presencia de microorganismos competidores, que por su aspecto morfológico se trata de hongos del género *Trichoderma* perteneciente al tratamiento de fibra de coco al 20% (EC-20) de sustitución (Figura 5).



**Figura 5. Contaminación con *Trichoderma* en el tratamiento EC-20**

### 3.2 Número de hongos cosechados

En el Gráfico 1 se observa el número de hongos Shiitake cosechados por tratamiento y por cosecha. en él se ve que el tratamiento de eucalipto y tusa de maíz al 20% (EM-20) es el que tiene menor número con 2 hongos en la primera cosecha y 0 en la segunda cosecha, y el tratamiento de eucalipto y tusa de maíz al 60% (EM-60) hasta 58 hongos en la primera cosecha y 2 en la segunda cosecha.

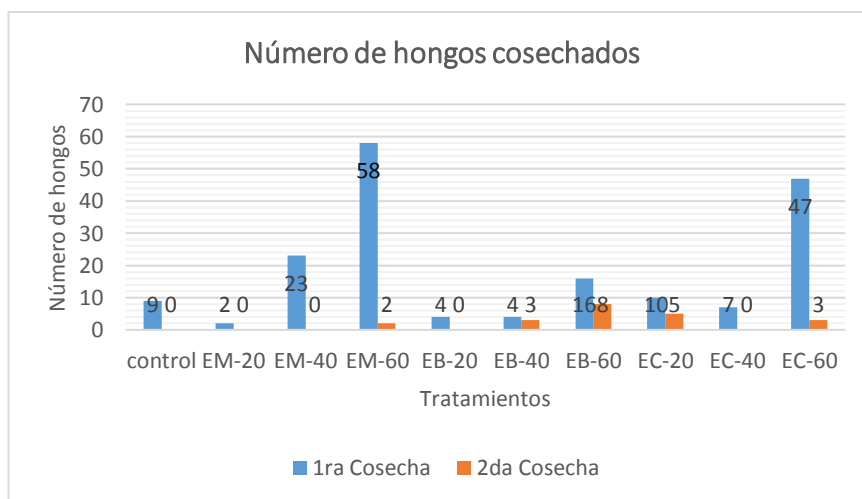


Gráfico 1. Número de hongos Shiitake cosechados. Simbología: EM: sustrato eucalipto y tusa de maíz; EB: sustrato eucalipto y bagazo de caña; EC: sustrato eucalipto y fibra de coco.

Se obtuvo un total de 201 hongos en las dos cosechas, 180 hongos (89,5%) en la primera cosecha y 21 hongos (10,5%) en la segunda, determinándose que el mayor número de hongos corresponde a la primera cosecha donde las condiciones del cultivo son óptimas, como la concentración de nutrientes. Los mejores resultados en las dos cosechas se lograron cuando el nivel de sustitución de eucalipto fue mayor (60%) por tusa de maíz (EM-60), fibra de coco (EC-60) y bagazo de caña (EB-60) con 60, 50 y 24 unidades, respectivamente, lo que permite destacar a la tusa de maíz como el mejor sustrato de crecimiento del hongo, seguido de la fibra de coco y finalmente el bagazo de caña.

Los resultados señalados fueron superiores a la cantidad de hongos obtenidos con otro sustrato y nivel de sustitución; así (**Pazmiño, 2010**) reportó 33 setas cosechadas en tres cosechas en sustratos a base de 80% de aserrín de eucalipto y 20% de brócoli. Según **Royse (2002)**, la cantidad de hongos que se puede cosechar depende de la fuente de carbono y nitrógeno que proporciona la mezcla del sustrato. **Tokimoto (2005)** menciona que cultivos en troncos con alto contenido de glucosamina producen mayores rendimientos de cuerpo fructíferos. Estudios realizados por **Keisuke (2000)** revelaron que un contenido de agua libre mayor al 20% junto a un alto contenido de volumen de aire (32 – 43%) dan como resultado una buena fructificación.

### **3.3 Tamaño del carpóforo del hongo en los diferentes tratamientos**

En el Gráfico 2 se observa el tamaño promedio del carpóforo del hongo Shiitake en los diferentes tratamientos en un rango entre 3,70 cm (EM-40) y 6,57 cm (EB-40). Esta variabilidad del tamaño se explicaría por las condiciones ambientales (temperatura, humedad, oxígeno, luz y pH del sustrato), nutricionales y genéticas del cultivo (**Vázquez, 2018**). La estandarización de la calidad a determinados parámetros de tamaño que debe cumplir el hongo Shiitake para ser comercializado y considerado de alta calidad, siendo: pequeño (3,5 - 4 cm); mediano (4 – 6 cm) y grande de (6 – 8 cm) (**Pedreiros J., 2007**).

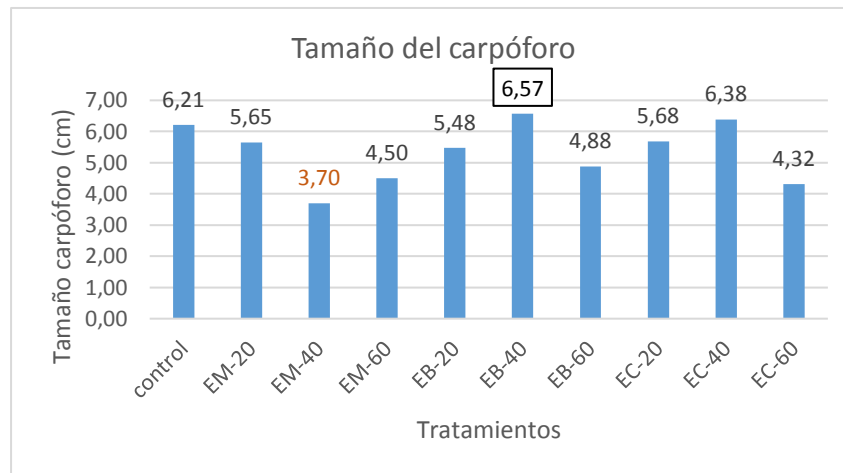


Gráfico 2. Tamaño del carpóforo del hongo Shiitake. Simbología: EM: sustrato eucalipto y tusa de maíz; EB: sustrato eucalipto y bagazo de caña; EC: sustrato eucalipto y fibra de coco.

El análisis de varianza para el tamaño del carpóforo indicó una diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) para los tratamientos (Tabla 24, Anexo 3). Mediante la prueba de comparación Duncan (Tabla 4) se observó dos grupos homogéneos, destacándose los tratamientos EB-40, EC-40 y control con la producción de carpóforos de mayor tamaño y el EM-40 con el menor tamaño. Estudios demuestran en ambientes fríos, el micelio crece lento, pero produce sombreros de hongos más grandes y carnosos; mientras en ambientes cálidos el micelio crece rápidamente, pero produce pequeños sombreros y más delgados (**Kang, 2005**). **Tokimoto (2005)** menciona que las temperaturas por debajo o por encima de la óptima, la cepa del hongo produce cuerpos fructíferos de menor tamaño.

Al igual que el número de hongos que se puede obtener en un bloque de sustrato, el tamaño del carpóforo depende de la cepa utilizada y de la cantidad de nutrientes presente en cada mezcla. **Mushroom Grower's (2005)** señala en sus trabajos que uno de los factores de calidad de las setas es el tamaño, por cuanto influye en el precio.

**García y Merchán (2011)** mencionan que en la mayoría de los casos se presenta una alta producción de hongos, pero de pequeños tamaños, y otros sustratos generan hongos de gran tamaño, pero en poca cantidad. Esta relación inversa de la cantidad de hongos cosechados y el tamaño del carpóforo se confirmó en el presente estudio (Gráfico 3).

**Tabla 4: Prueba de comparación Duncan**

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
EM-40	4	3,70434	0,64253	B
EC-60	5	4,322	0,563382	B A
EM-60	5	4,5	0,563382	B A
EB-60	5	4,876	0,563382	B A
EB-20	4	5,47684	0,64253	B A
EC-20	3	5,62081	0,75156	B A
EM-20	1	5,64266	1,35813	B A
control	4	6,22529	0,63841	A
EC-40	5	6,38	0,563382	A
EB-40	3	6,51081	0,75156	A

Simbología: **EM:** sustrato eucalipto y tusa de maíz; **EB:** sustrato eucalipto y bagazo de caña; **EC:** sustrato eucalipto y fibra de coco.

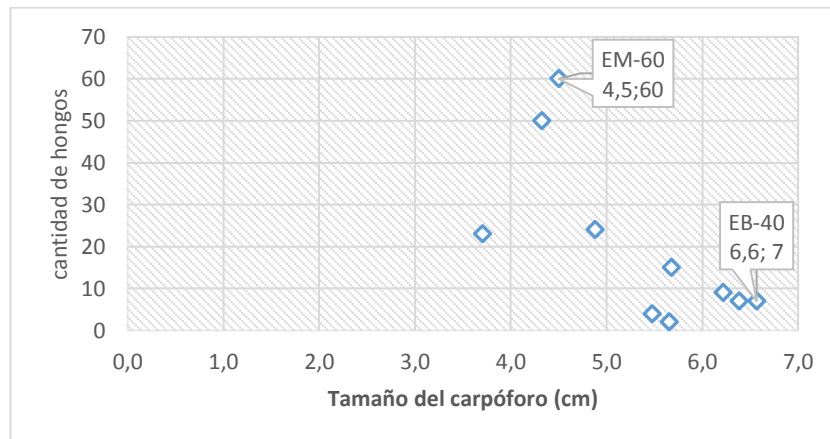


Gráfico 3: Relación cantidad de hongos cosechados vs. tamaño del carpóforo

### 3.4 Peso del hongo Shiitake cosechado en los diferentes tratamientos

En la Tabla 5 se muestra el peso total de hongo fresco cosechado en cada tratamiento en las dos cosechas realizadas, y la relación del peso cosechado por kilogramo de sustrato húmedo (SH). Se puede observar que el mejor tratamiento corresponde al sustrato con la mayor sustitución de eucalipto por tusa de maíz EM-60 con 527,99 g de hongo cosechado y 135,35 g/kg SH, seguido del EC-60 con 444,46 g y 94,91 g/kg SH y finalmente el EB-60 con 274,53 y 53,56 g/kg. Según (Royse, 2002), el peso

fresco de los hongos es uno de los parámetros relevantes que permite considerar si un tratamiento es adecuado y rentable para su cultivo y se mide por su porcentaje de eficiencia biológica.

**Tabla 5. Peso del hongo Shiitake cosechado y relación peso/sustrato húmedo**

<i>Tratamientos</i>	<i>Total (g)<sup>1</sup></i>	<i>g/kg SH<sup>2</sup></i>
Control	117,87 ± 83,3	16,72
EM-20	24,54 ± 17,4	4,73
EM-40	186,19 ± 131,7	43,14
EM-60	<b>527,99 ± 356,2</b>	<b>135,35</b>
EB-20	80,40 ± 56,9	14,00
EB-40	122,79 ± 38,5	23,95
EB-60	<b>274,53 ± 119,3</b>	<b>53,56</b>
EC-20	186,60 ± 1,3	35,06
EC-40	136,22 ± 96,3	24,23
EC-60	<b>444,46 ± 271,3</b>	<b>94,91</b>

EM: sustrato eucalipto y tusa de maíz; EB: sustrato eucalipto y bagazo de caña; EC: sustrato eucalipto y fibra de coco. <sup>1</sup> peso total de dos cosechas. <sup>2</sup>relación peso/sustrato húmedo.

### 3.5 Eficiencia biológica del hongo Shiitake en los diferentes tratamientos

La eficiencia biológica (EB) se obtuvo de la relación del peso de los hongos frescos por la cantidad del sustrato seco y multiplicado por cien (Tabla 6). En la tabla se observa que la mejor EB (42,78%) correspondió al tratamiento EC-60, seguido del EM-60 (29,52%) y finalmente el EB-60 (26,72%).

Cálculo de eficiencia biológica:

$$EB = \frac{117,87 \text{ g}}{2414,08 \text{ g}} * 100 = 4,88\%$$



**Tabla 6: Porcentaje de eficiencia biológica de los tratamientos en el cultivo del hongo Shiitake (en %)**

<i>Tratamiento</i>	<i>EB 1<sup>ra</sup> cosecha</i>	<i>EB 2<sup>da</sup> cosecha</i>	<i>EB total</i>
Control	4,88 ± 3,19	0 ± 0	4,88 ± 3,46
EM-20	0,81 ± 0	0 ± 0	0,81 ± 0,57
EM-40	10,70 ± 7,54	0 ± 0	10,70 ± 7,57
EM-60	28,86 ± 10,98	0,66 ± 1,48	29,52 ± 19,94
EB-20	3,83 ± 3,38	0 ± 0	3,83 ± 2,71
EB-40	6,06 ± 5,73	2,11 ± 3,30	8,17 ± 2,79
EB-60	21,94 ± 16,03	4,78 ± 4,68	26,72 ± 12,13
EC-20	4,22 ± 5,39	4,50 ± 2,60	8,72 ± 0,19
EC-40	7,04 ± 2,93	0 ± 0	7,04 ± 4,98
EC-60	39,85 ± 3,90	2,93 ± 4,67	42,78 ± 26,10

Simbología: **EM:** sustrato eucalipto y tusa de maíz; **EB:** sustrato eucalipto y bagazo de caña; **EC:** sustrato eucalipto y fibra de coco

Los resultados estadísticos del análisis de varianza de los tratamientos muestran una alta diferencia significativa en cuanto al porcentaje de sustitución en el sustrato (Tabla 25, Anexo 3). La prueba de comparación de Tukey al 95% mostró que los tratamientos con el mayor porcentaje de sustitución (60%) de residuos agrícolas en su formulación presentaron mejores valores de EB con respecto a los tratamientos con el menor porcentaje de sustitución (40 y 20%) de residuo agrícola (Tabla 7).

**Pazmiño (2010)** en su estudio del hongo Shiitake en sustratos a base de brócoli y aserrín de eucalipto determinó que a mayor cantidad de aserrín de eucalipto en su composición (80% de eucalipto) se generaron mejores resultados de EB (68,44%). **García y Merchan (2011)** obtuvieron resultados semejantes de EB de Shiitake (74,1%) en sustratos a base de aserrín de eucalipto, concluyendo que la variabilidad de la respuesta se debe al contenido nutricional de los sustratos. También la EB puede ser afectada por la edad del árbol, **Tokimoto (2005)** señala que maderas de árboles viejos pueden presentar insuficientes nutrientes para una buena fructificación, y maderas muy tiernas un alto contenido de resinas y compuestos fenólicos de difícil degradación.

**Tabla 7: Prueba de comparación de Tukey de la eficiencia biológica según el porcentaje de sustitución**

<i>PORCENTAJE DE SUSTITUCIÓN (%)</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
20	15	4,45333	2,29069	B
40	15	8,636	2,29069	B
60	15	33,0053	2,29069	A

El Gráfico 4 muestra las interacciones entre el porcentaje de residuo agrícola sustituido en las diferentes formulaciones y el porcentaje de EB obtenido del hongo.

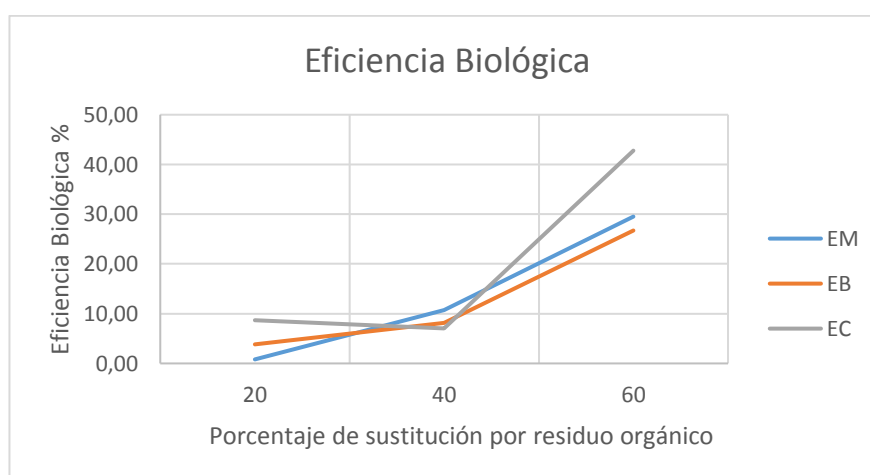


Gráfico 4: Interacciones entre el porcentaje de sustitución de residuo agrícola y la eficiencia biológica del hongo

### 3.5.1 Eficiencia biológica de acuerdo con el tratamiento

Se comparó los resultados de la EB de los diferentes tratamientos, incluido el tratamiento control (T1: sustrato aserrín de eucalipto), y se realizó un análisis de varianza utilizando un diseño de bloques (Tabla 26, Anexos 3), obteniéndose una diferencia altamente significativa ( $p < 0,01$ ) en los tratamientos. La prueba de Duncan determinó la formación de tres grupos homogéneos (Tabla 8), observándose que el tratamiento EC-60 (combinación de eucalipto con fibra de coco al 60%) presenta la mejor EB con 42,78%, seguido por el grupo formado por los tratamientos EM-60 (eucalipto con tusa de maíz al 60%) y EB-60 (eucalipto con bagazo de caña al 60%) con valores de EB de 29,52% y 26,72% respectivamente, y por último el grupo

conformado por los tratamientos EM-40, EC-20, EB-40, EC-40, control, EB-20 y EM-20 con valores de EB inferiores al 11%.

En el presente estudio se observa que la EB de 42,78% del tratamiento EC-60 es cercano al reportado por **Bernabé (2006)** con 44,2% en sustratos elaborados a base de bagazo de caña. Así mismo, **Álvarez (2008)** reporta valores de 38,34% en borra de café y 37,71% en bagazo de caña, utilizando Shiitake con la cepa Wb - Laboratory – Canadá. **Romero et al. (2015)** reportan porcentajes de 83,55% de EB en sustratos de aserrín de roble con olote de maíz al 38,5% y rastrojo de maíz al 20% de sustitución. La diferencia de valores de EB en los estudios está relacionada a lo que menciona **Tokimoto (2005)** que la temperatura durante el desarrollo de los cuerpos fructíferos afecta la forma y el rendimiento. Además, la edad del árbol afecta el contenido de nutrientes, pues árboles viejos pueden presentar insuficientes nutrientes para una buena fructificación. **Chen (2005)** señala que para la construcción del protoplasma y elementos estructurales del Shiitake es indispensable el nitrógeno.

**Tabla 8: Prueba de comparación de Duncan**

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
EM-20	5	0,812	3,17072	C
EB-20	5	3,832	3,17072	C
Control	5	4,882	3,17072	C
EC-40	5	7,044	3,17072	C
EB-40	5	8,166	3,17072	C
EC-20	5	8,716	3,17072	C
EM-40	5	10,698	3,17072	C
EB-60	5	26,718	3,17072	B
EM-60	5	29,522	3,17072	B
EC-60	5	42,776	3,17072	A

## Evaluación Sensorial del hongo Shiitake

Para la evaluación sensorial se seleccionaron los tratamientos con el mayor porcentaje de EB (Tabla 8); esto es, los tratamientos EC-60 (42,78%), EM-60 (29,72%) y EB-60 (26,72%), y el tratamiento control para la comparación respectiva.

**Tabla 9: Análisis sensorial del hongo Shiitake con la mayor eficiencia biológica**

<i>Tratamiento</i>	<i>Color</i>	<i>Olor</i>	<i>Sabor</i>	<i>Textura</i>	<i>Aceptabilidad</i>
Control	3,40 ± 1,06 a	3,50 ± 0,97 a	3,13 ± 1,26 a	3,50 ± 1,10 a	3,38 ± 1,15 a
EM-60	3,67 ± 0,72 a	3,19 ± 0,91 a	3,63 ± 0,89 a	3,19 ± 1,22 a	3,50 ± 0,89 a
EB-60	3,40 ± 1,06 a	3,38 ± 0,81 a	3,94 ± 0,68 a	3,19 ± 1,17 a	3,81 ± 0,83 a
EC-60	3,27 ± 1,22 a	3,69 ± 1,01 a	3,56 ± 0,96 a	3,13 ± 1,09 a	3,44 ± 1,03 a

Letras iguales en las columnas significa que no existe diferencia significativa (P=95%)

El ANOVA de los resultados de las características sensoriales del hongo Shiitake (Tabla 9) determinó que no existe diferencia significativa entre tratamientos (P<0,05) en ninguno de los parámetros evaluados: color, olor, sabor, textura y aceptabilidad (Tablas 28-32, Anexo 3). Es decir, todos los sustratos producen hongos de la misma calidad organoléptica, pese a la sustitución de eucalipto por bagazo de caña, tusa de maíz o fibra de coco en un 60%. Las cuatro muestras analizadas presentaron valores de puntuación entre 3 y 4 que corresponden a “ni agrada ni desagrada” y “agrada”, respectivamente. Resultado similar obtuvo (**Pedreiros J., 2007**) en el cultivo del hongo Shiitake en sustratos a base de aserrín de roble y eucalipto, en donde los catadores no mostraron diferencias en su aceptabilidad. Sin embargo, para (**Omarini A., 2010**) han comprobado que setas cultivadas en laurel y eucalipto cambian los atributos sensoriales, incrementando la intensidad del color marrón, el gusto ácido, el sabor característico del hongo y la gomosidad.

**Álvarez (2008)** menciona que el hongo Shiitake se caracteriza por presentar un color castaño claro u oscuro con tonalidades rojas. **Alonso (2014)** recomienda que el olor de los hongos se debe percibirse en ejemplares en buen estado y lo más pronto posible a la recogida, ya que en varios casos pierde intensidad progresivamente; también menciona que, para comprobar el sabor peculiar de un hongo en estado fresco, debe

probarse en ejemplares en buen estado, aunque muchas especies de hongos presentan sabores fuertes y producen astringencia en la boca.

### **3.6 Selección del mejor tratamiento**

Dado que la evaluación sensorial no presentó diferencias significativas en ninguno de los parámetros evaluados: color, olor, sabor, textura y aceptabilidad del hongo Shiitake, el mejor tratamiento se determinó en base a la eficiencia biológica, debido a que tiene una relación directa con el peso de los hongos cosechados. Por consiguiente, el mejor tratamiento fue el sustrato con la combinación de aserrín de eucalipto y fibra de coco al 60% (EC-60) con la mayor eficiencia biológica de 42,78 %. Cabe mencionar que la fibra de coco brinda mayor facilidad al momento de la preparación del sustrato, y posee capacidad de retención de agua y aireación, lo que permite un buen desarrollo micelial y una buena fructificación.

### **3.7 Análisis proximal del mejor tratamiento**

En la Tabla 10 se presenta el análisis proximal del hongo shiitake cultivado en eucalipto con fibra de coco al 60%. Se destaca los contenidos en base seca: alto en proteína (21,2%), valor comparable a la carne de pollo, res o cerdo; bajo en grasa (5,15%) que corresponde a una carne magra; y alto en fibra (18,09%). Los contenidos de proteína y fibra del Shiitake en el presente trabajo fueron superiores a los obtenidos en hongos cultivados en pino y roble con valores en base seca entre 17,3 y 18,1 g respectivamente (**Kwon and Hobbs, 2005**). La **OMS (2018)** recomienda el consumo de fibra de 25 a 35 g/d para reducir los riesgos cardiovasculares y prevenir la obesidad y alteraciones asociadas.

**Tabla 10: Análisis proximal del hongo Shiitake del mejor tratamiento (EC-60)**

<i>Constituyentes (base seca)</i>	<i>Promedio (%) y desviación estándar</i>
Humedad (%)	94,57 ± 1,10
Proteína	21,20 ± 0,87
Grasa	5,15 ± 0,76
Fibra	18,09 ± 2,35
Cenizas	10,56 ± 0,11
Carbohidratos totales	45,00

El contenido de cenizas del hongo fue de 10,56%, valor superior al reportado por **Álvarez (2008)** de 4,47% en sustrato de borra de café utilizando la misma cepa de Wb - Laboratory - Canadá. **Mushroom growers (2005)** reporta cenizas de 4,8 a 4,5 g en base seca en sustratos a base de pino y roble, además menciona que el Shiitake seco posee un alto contenido de potasio, hierro, fósforo y vitaminas B y D. **Greenfield et al. (2012)** hace referencia al alto contenido de ergosterol presente en la membrana celular del hongo Shiitake, lo cual constituye una importante fuente de vitamina D2 que ayuda a la absorción de calcio y fósforo en presencia de la luz solar. Finalmente, el hongo presentó una buena cantidad de carbohidratos (45%), menor a los reportados por **Álvarez (2008)** con 58,49% en Shiitake con sustrato a base de borra de café.

## Capítulo IV

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

Todos los tratamientos presentaron respuestas favorables para el cultivo del hongo Shiitake; sin embargo, los hongos que mejor se adaptaron al sustrato durante la etapa vegetativa fueron los tratamientos que en su composición contienen 60% de residuo agrícola combinados con aserrín de eucalipto. El menor tiempo de desarrollo micelial fue de 64 días para el tratamiento EM-60 y de 68 días para los tratamientos EB-60 y EC-60; estos tratamientos presentaron el mejor aspecto en cuanto a la densidad de micelio colonizado, pigmentación marrón rojiza, presencia de ampollas y consistencia blanda de la biomasa.

Los tratamientos que en su composición contenían el 60% de sustitución con residuo agrícola presentaron mejores resultados de eficiencia biológica, destacándose como el mejor tratamiento el EC-60 de eucalipto con fibra de coco al 60% con 42,78% de eficiencia biológica. Al evaluar las características sensoriales de los hongos Shiitake de los tratamientos, se observó que no existía diferencia significativa en los parámetros evaluados, como: color, olor, sabor, textura y aceptabilidad, sugiriendo que los sustratos utilizados producen hongos Shiitake de la misma calidad organoléptica.

Los hongos Shiitake cultivados en aserrín de eucalipto y fibra de coco al 60% (EC-60) son una fuente de nutrientes con elevado contenido de proteína (21,2% en base seca), bajo en grasa (5,14%) y alto en fibra (18,08%) y cenizas (10,56%), lo que le presenta como un alimento dietético recomendado para personas con problemas cardiovasculares, digestivos y de obesidad.

Se evidenció que el uso y aprovechamiento de residuos agrícolas y forestales como medio de sustrato para la elaboración de unidades de cultivo casero del hongo Shiitake (*Lentinula edodes*) es factible, lo que permitiría a los consumidores una relación

directa con la producción de esta especie de hongo y aportaría de una manera indirecta al medio ambiente.

#### **4.2 Recomendaciones**

Determinar el contenido nutricional de los sustratos, lo que permitiría evaluar el efecto de los nutrientes en el crecimiento y desarrollo del hongo Shiitake en sus diferentes etapas, determinar formulaciones más idóneas para el cultivo del hongo y aprovechar de mejor manera los residuos orgánicos que se generan en la provincia de Tungurahua.

Investigar los compuestos bioactivos y los micro y macronutrientes del hongo Shiitake con el propósito de establecer componentes químicos que permitan mejorar la salud humana.

Se recomienda diseñar preparados alimenticios atractivos que permita potenciar el uso de este hongo en la cocina gourmet, y, por ende, mejorar los niveles de aceptación del hongo Shiitake.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almazán O., C. E. (2016). El bagazo de la caña de azúcar propiedades, constitución y potencial. *Academia de Ciencias de Cuba*, 7(1). Obtenido de <http://www.revistaccuba.cu/index.php/revacc/article/viewFile/479/469>
- Alonso J. (2014). *Curso básico de micología*. España: scrib. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/311655567/Curso-Micologia-Basico-Completo-v2014>
- Alvarado K., B. A. (2007). Fibra de coco, una alternativa ecológica como sustrato agrícola. *Agricultura Orgánica*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/54288922/Alvarado-k-Blanco-a-y-Taquechel-a-Fibra-de-Coco-2007>
- Álvarez M. (2008). *Cultivo de hongos comestibles Pleurotus y Shiitake*. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato y CONESUP.
- AME-INEC. (2016). *Registro de gestión integral de residuos sólidos*. Instituto Nacional de Estadística y Censo. Obtenido de [www.ecuadorencifras.gob.ec](http://www.ecuadorencifras.gob.ec)
- AOAC. (2017). *Official methods of analysis 17 th edition*. Obtenido de [https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty\\_EN\\_CB72096013.htm](https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB72096013.htm)
- Babcock G. (2004). Reuse of substrate in specialty mushroom production. *The International Society for Mushroom Science*, 16. Obtenido de <http://www.isms.biz/florida/volume-16-part-1-article-73/>
- Canna. (2013). Uso de la fibra de coco como concepto de cultivo. *Canna*. Obtenido de [http://www.canna.es/el\\_uso\\_fibra\\_coco\\_como\\_concepto\\_cultivo](http://www.canna.es/el_uso_fibra_coco_como_concepto_cultivo)
- Carbonero E., G. A. (2008). Lentinula edodes heterogalactan: antinociceptive and anti-inflammatory effects. *Food Chemistry*, 531-537. Obtenido de [https://www.academia.edu/14206311/Lentinus\\_edodes\\_heterogalactan\\_Antinociceptive\\_and\\_anti-inflammatory\\_effects](https://www.academia.edu/14206311/Lentinus_edodes_heterogalactan_Antinociceptive_and_anti-inflammatory_effects)
- Castillo C. (2008). *Comparación de tres sustratos para la producción de shiitake Lentinula edodes*. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Imbabura.
- CEPA. (2017). *cepaproducción.com*. Recuperado el 10 de 12 de 2019, de <http://www.cepaproduccion.com/content/about.php>
- Chang, S., & Miles, P. (2004). *Mushrooms cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact*. Florida, Estados Unidos de America: CRC Press. Obtenido de <https://sayedmaulana.files.wordpress.com/2011/02/mushrooms.pdf>

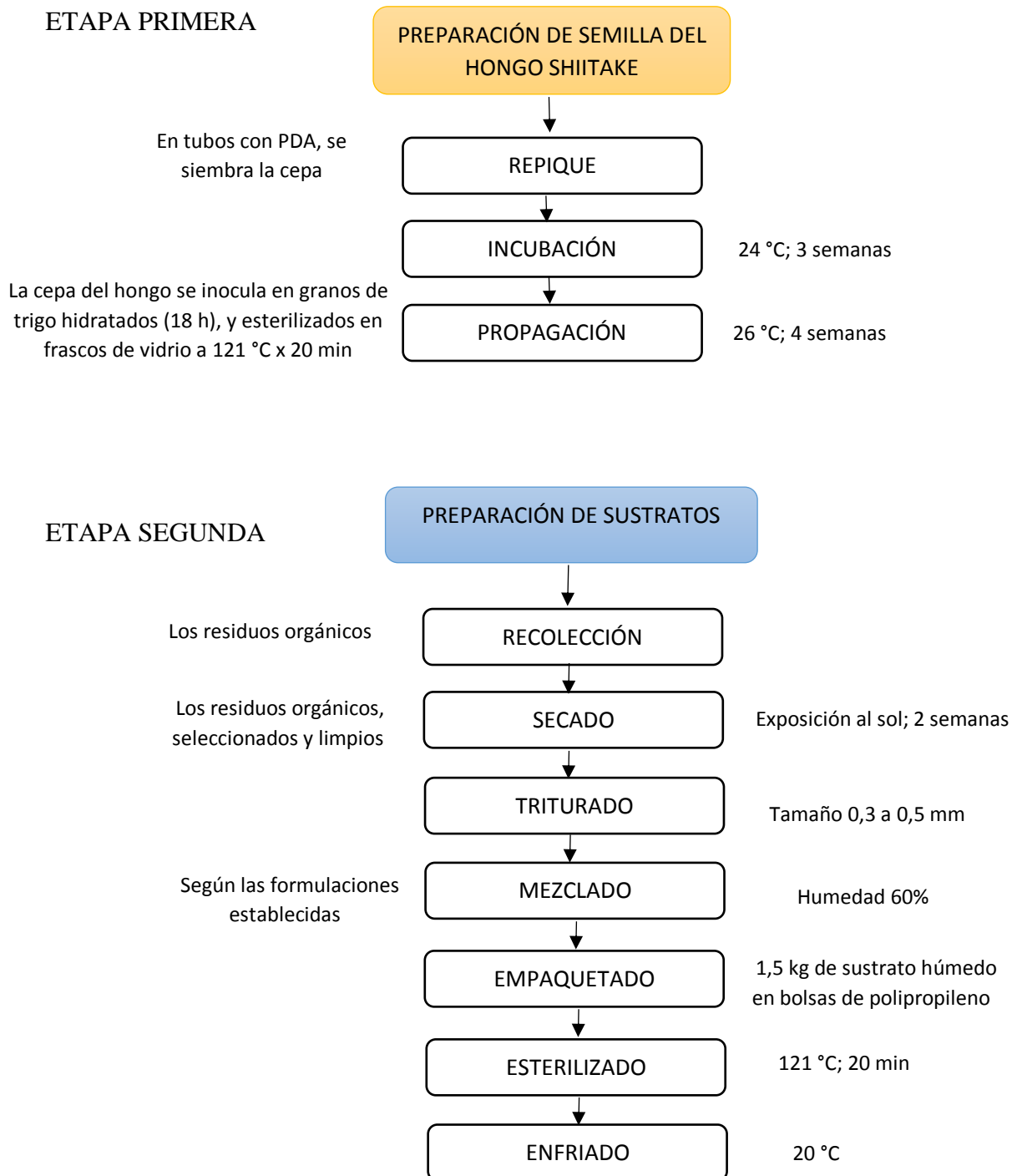
- Chen A. (2005). Cultivation of *Lentinula edodes* on synthetic logs. *Mushroom Growers*, 3-9.
- Chen W. (2001). *Shiitake cultivation systems*. Holanda: Van Griensven. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=TOEMcHwWRAsC&oi=fnd&pg=PA771&dq=Shiitake+cultivation+systems&ots=-fLJ1s\\_-8u&sig=poGNC8qqcKQYdp0LYAV3GRTVbpQ#v=onepage&q=Shiitake%20cultivation%20systems&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=TOEMcHwWRAsC&oi=fnd&pg=PA771&dq=Shiitake+cultivation+systems&ots=-fLJ1s_-8u&sig=poGNC8qqcKQYdp0LYAV3GRTVbpQ#v=onepage&q=Shiitake%20cultivation%20systems&f=false)
- Chen, A. (2005). What is Shiitake. *Mushroom Grower's*, 1-11. Obtenido de [http://www.fungifun.org/mushworld/Shiitake-Mushroom-Cultivation/mushroom-growers-handbook-2-mushworld-com-chapter01-01\\_p.1.pdf](http://www.fungifun.org/mushworld/Shiitake-Mushroom-Cultivation/mushroom-growers-handbook-2-mushworld-com-chapter01-01_p.1.pdf)
- Contreras R. (2016). *El micelio de los hongos*. Recuperado el 04 de Noviembre de 2019, de <https://biologia.laguia2000.com>
- Cudris N. (2011). *Caracterización de la Microbiota Contaminante del cultivo de Lentinula edodes (Shiitake) en diferentes residuos agroforestales*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/6694/1/186287.2011.pdf>
- Escobar V., P. M. (2007). Evaluación de la producción del hongo *Lentinula edodes* Pegler en bloques sintéticos a base de residuos groindustriales. *Vol. 3(6)*, 23-39.
- Gaitán R. (2006). *Obtención de carpóforos de Lentinula Y pleurotus en residuos de madera de pino y bagazo de la caña de azúcar*. México: Instituto de Ecología.
- García C. y Merchán P. (2011). *Evaluación, caracterización y aprovechamiento del hongo Lentinula edodes, para la disposición final del residuo de la industria maderera en la provincia de Chimborazo*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
- Greenfield J., P. P. (2012). Solar ultraviolet radiation and vitamin D. *Public Health*. Obtenido de <https://bmcpublikealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2458-12-660>
- Hernández R., L. C. (s.f.). *Evaluación del crecimiento y producción de Pleurotus Ostreatus sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca*. Bogota. Recuperado el 01 de Noviembre de 2019, de <https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis257.pdf>
- J, S., T, L., & J, G. (2002). *Lo que usted de saber de las setas cultivadas*. San jorge: Sociedad Micológica Leonesa.
- Kang S. (2005). *Shiitake spawn preparation chiefly with sawdust*. Korea: Mush World.

- Kuhar F., C. V. (2013). Reino Fungi: Morfología y estructuras de los hongos. *Boletín biológica*, 11-18.
- Kwon H, H. C. (2005). Nutritional and medicinal values of shiitake. *MushWorld*.
- Leal L. E., J. V. (Diciembre de 2011). Composición química de la madera de eucalyptus grandis hill ex maiden procedente de finca Las Maravillas, Departamento de Orán, Salta. *Quebracho*, 19(2). Obtenido de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-30262011000200003](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-30262011000200003)
- Miles P., a. J. (2010). *Comercial cultivation, shiitake in sawdust - fill bags*.
- Mushroom growers. (2005). *nutritional and medicinal values of shiitake*. Korea: Handbook 2.
- Mushroom Growers. (2005). Shiitake cultivation. *Mush Word*.
- Nieto I., C. C. (2010). *Rev. Colombia Biotecnología*, 169 .
- Omarini A., N. V. (2010). Sensory analysis and bodies characterisation of the edible mushrooms. *International Journal of Food Science and Technology*. Recuperado el 14 de 06 de 2020, de [https://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/noticias\\_275.htm](https://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/noticias_275.htm)
- OMS. (2018). *Alimentación sana*. España. Obtenido de <https://www.who.int/es>
- Pazmiño P. (2010). *Empleo de los desechos del procesamiento del brócoli (Brassica olerácea Itálica) generados en la industria PROVEFRUT S.A. y desechos forestales de eucalipto(Eucaliptus globulus) generados en la provincia de Cotopaxi para la producción densetas Shiitake*. Universidad Técnica de Amabato, Ambato.
- Pedrerros J. (2007). *Evaluación del crecimiento y producción de Lentinula edodes ( Shiitake), en residuos agroindustriales*. Pontetificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Pukahuta C., L. S. (2010). Species diversity of trichoderma contaminating shiitake production. *Nat. Sci.*, 478 - 485.
- Rivera O, A. W. (2017). Componentes Bioactivos del Shiitake (Lentinula edodes Berk Pegler) y su impacto en la salud. *archivos venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 36, 67 - 71.
- Rojas E. (2004). *Evaluación de paja de trigo, triticum sativum; broza de encino, Quercus sp. y rastrojo de maíz (Zea mays) para el cultivo del hongo comestible Pleurotus ostreatus, bajo condiciones artesanales en San Rafael la Independencia*. Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Royse D. (2002). *Cultivation of shiitake on natural and synthetic logs*. Pennsylvania: Pennstate.

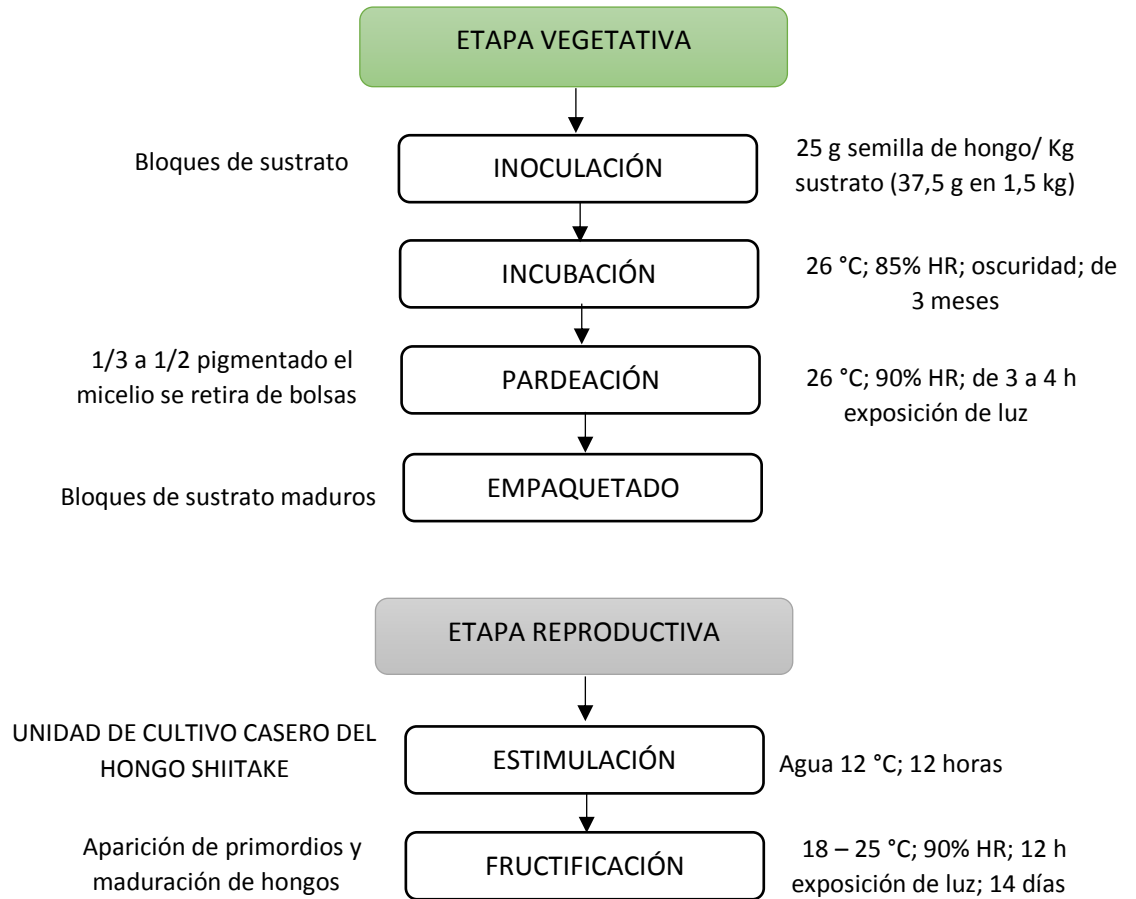
- Shen D. J., R. a. (2005). Shiitake Bag Cultivation. *Mushroom Grower`s Handbook 2*, 88.
- Tejedor E., G. S. (2019). Biodeterioro microbiológico en shiitake (*Lentinula edodes*). doi:10.26754/c\_agroing.2019.com.3385
- Tokimoto K. (2005). Shiitake log cultivation. *Mushroom Growers´*, 46-59.
- Torres D., M. S. (2017). Chemical petreatments evaluation on lignocellulosic materials. *Chilena de Ingeniería*, 25(4), 733-743.
- Vázquez J. (2018). *Manual para la producción de los hongos comestibles*. México. Obtenido de [https://www.academia.edu/9405380/Manual\\_para\\_la\\_producci%C3%B3n\\_de\\_hongos\\_comestibles](https://www.academia.edu/9405380/Manual_para_la_producci%C3%B3n_de_hongos_comestibles)
- Viteri R. (1 de Junio de 2017). Ecuador el maravilloso reino de los hongos. *La Hora*. Obtenido de <http://elproductor.com/noticias/ecuador-el-maravilloso-reino-de-los-hongos/>
- Wrolstad R., A. T. (2010). *Handbook of food analytical chemistry*. New Jersey: John Wiley and Sons.

## ANEXOS

### Anexo 1: Diagrama de producción del hongo Shiitake



## ETAPA TERCERA Y CUARTA



## Anexo 2. Resultados del cultivo de hongos Shiitake cosechados

Tabla 11: Tamaño de los carpóforos de hongos Shiitake cosechados (en cm).

Tratamiento	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Réplica 4	Réplica 5	Tamaño Promedio	Desviación estándar
Control	6,50	7,50	5,10	-	5,75	6,21	2,92
EM-20	-	-	-	-	5,65	5,65	2,53
EM-40	3,45	3,46	4,08	3,82	-	3,70	1,68
EM-60	4,92	5,48	3,37	4,78	3,95	4,50	0,84
EB-20	6,10	3,00	4,50	8,30	-	5,48	3,14
EB-40	6,00	6,50	-	7,20	-	6,57	3,62
EB-60	3,48	4,50	6,25	4,85	5,30	4,88	1,02
EC-20	8,30	5,00	-	3,73	-	5,68	3,53
EC-40	6,75	6,50	6,00	5,35	7,30	6,38	0,74
EC-60	4,60	4,24	4,96	3,77	4,04	4,32	0,47

Tabla 12: Número de hongos Shiitake cosechados de la primera cosecha

Tratamiento	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Réplica 4	Réplica 5	Total
control	2	1	4		2	9
EM-20					2	2
EM-40	4	5	4	10		23
EM-60	15	6	11	10	16	58
EB-20	1	1	1	1		4
EB-40	1	1		2		4
EB-60	4	3	4	4	1	16
EC-20	1	1		8		10
EC-40	2	1	1	2	1	7
EC-60	8	7	7	13	12	47

Tabla 13: Número de hongos Shiitake cosechados de la segunda cosecha

Tratamiento	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Réplica 4	Réplica 5	TOTAL
control						0
EM-20						0
EM-40						0
EM-60	2					2
EB-20						0
EB-40	3					3
EB-60	8					8
EC-20	5					5
EC-40						0
EC-60	3					3

Tabla 14: Número total de hongos Shiitake cosechados

<b>Tratamiento</b>	<b>1ra cosecha</b>	<b>2da cosecha</b>	<b>TOTAL</b>
control	9	0	9
EM-20	2	0	2
EM-40	23	0	23
EM-60	58	2	60
EB-20	4	0	4
EB-40	4	3	7
EB-60	16	8	24
EC-20	10	5	15
EC-40	7	0	7
EC-60	47	3	50
<b>TOTAL</b>	<b>180</b>	<b>21</b>	<b>201</b>

Tabla 15: Peso de los hongos Shiitake de la primera cosecha (en g).

<b>Tratamiento</b>	<b>Réplica 1</b>	<b>Réplica 2</b>	<b>Réplica 3</b>	<b>Réplica 4</b>	<b>Réplica 5</b>	<b>Peso total</b>
control	32,3	23,35	41,4		20,82	117,87
EM-20					24,54	24,54
EM-40	23,98	32,17	57,43	72,61		186,19
EM-60	149,33	66,83	64,53	115,68	119,5	515,87
EB-20	22,3	6,23	11,68	40,19		80,4
EB-40	28,61	31,89		28,15		88,65
EB-60	21,61	30,53	83,53	65,66	20,28	221,61
EC-20	24,73	9,12		58,55		92,4
EC-40	40,51	18,01	14,09	32,33	31,28	136,22
EC-60	81,12	71,92	74,7	93,18	93,12	414,04

Tabla 16: Peso de los hongos Shiitake de la segunda cosecha (en g)

<b>Tratamiento</b>	<b>Réplica 1</b>	<b>Réplica 2</b>	<b>Réplica 3</b>	<b>Réplica 4</b>	<b>Réplica 5</b>	<b>Peso total</b>
control						
EM-20						
EM-40						
EM-60	12,12					12,12
EB-20						
EB-40	25		9,14			34,14
EB-60	28,5	11,54		8,78	4,1	52,92
EC-20	24	23	25	22,2		94,2
EC-40						
EC-60	8,1	22,32				30,42



Tabla 17: Peso total de los hongos Shiitake cosechados en gramos/kilogramos sustrato húmedo (g/kg s.h.)

Tratamientos	1ra cosecha	2da cosecha	Total	Peso total (g/Kg s.h.)
Control	117,87	0	117,87	16,72
EM-20	24,54	0	24,54	4,73
EM-40	186,19	0	186,19	43,14
EM-60	515,87	12,12	527,99	135,35
EB-20	80,4	0	80,4	14,00
EB-40	88,65	34,14	122,79	23,95
EB-60	221,61	52,92	274,53	53,56
EC-20	92,4	94,2	186,6	35,06
EC-40	136,22	0	136,22	24,23
EC-60	414,04	30,42	444,46	94,91

Tabla 18: Peso sustratos seco en cada tratamiento (en g)

Tratamientos	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Réplica 4	Réplica 5	TOTAL
control	482,61	478,84	484,67	486,38	481,58	2414,08
EM-20	588,26	594,83	631,86	675,46	604,99	3095,40
EM-40	296,04	338,21	315,66	410,45	441,76	1802,12
EM-60	366,58	348,44	413,57	360,54	325,65	1814,78
EB-20	349,88	276,60	512,61	486,39	437,17	2062,66
EB-40	331,88	254,78	303,57	307,78	346,03	1544,04
EB-60	238,40	178,95	178,12	233,82	236,11	1065,40
EC-20	450,36	344,54	450,04	451,63	-	1696,57
EC-40	454,59	450,74	380,64	358,21	326,66	1970,83
EC-60	206,28	208,27	196,09	216,25	210,71	1037,61

Tabla 19: Eficiencia Biológica primera cosecha de hongo Shiitake (en %)

Tratamientos	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Réplica 4	Réplica 5	Promedio	Desv. estand.
control	6,69	4,88	8,54	0,00	4,32	4,88	3,19
EM-20	0,00	0,00	0,00	0,00	4,06	0,81	0,00
EM-40	8,10	9,51	18,19	17,69	0,00	10,70	7,54
EM-60	40,74	19,18	15,60	32,09	36,70	28,86	10,98
EB-20	6,37	2,25	2,28	8,26	0,00	3,83	3,38
EB-40	8,62	12,52	0,00	9,15	0,00	6,06	5,73
EB-60	9,06	17,06	46,89	28,08	8,59	21,94	16,03
EC-20	5,49	2,65	0,00	12,96	0,00	4,22	5,39
EC-40	8,91	4,00	3,70	9,03	9,58	7,04	2,93
EC-60	39,33	34,53	38,10	43,09	44,19	39,85	3,90

Tabla 20: Eficiencia Biológica segunda cosecha de hongo Shiitake (en %)

Tratamientos	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Réplica 4	Réplica 5	Promedio	Desv. estand.
control	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EM-20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EM-40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EM-60	3,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	1,48
EB-20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EB-40	7,53	0,00	3,01	0,00	0,00	2,11	3,30
EB-60	11,95	6,45	0,00	3,75	1,74	4,78	4,68
EC-20	5,33	6,68	5,56	4,92	0,00	4,50	2,60
EC-40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EC-60	3,93	10,72	0,00	0,00	0,00	2,93	4,67

Tabla 21: Eficiencia Biológica de las dos cosechas de hongo Shiitake (en %)

Tratamientos	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Réplica 4	Réplica 5	Promedio	Desv. estand.
control	6,69	4,88	8,54	0,00	4,32	4,88	3,19
EM-20	0,00	0,00	0,00	0,00	4,06	0,81	1,81
EM-40	8,10	9,51	18,19	17,69	0,00	10,70	7,54
EM-60	44,04	19,18	15,60	32,09	36,70	29,52	11,93
EB-20	6,37	2,25	2,28	8,26	0,00	3,83	3,38
EB-40	16,15	12,52	3,01	9,15	0,00	8,17	6,65
EB-60	21,02	23,51	46,89	31,84	10,33	26,72	13,65
EC-20	10,82	9,32	5,56	17,88	0,00	8,72	6,61
EC-40	8,91	4,00	3,70	9,03	9,58	7,04	2,93
EC-60	43,25	45,25	38,10	43,09	44,19	42,78	2,75

Tabla 22: Eficiencia Biológica promedio (en %)  $\pm$  desviación estándar

Tratamiento	1ra cosecha	2da cosecha	EB Total
control	4,88 $\pm$ 3,19	0 $\pm$ 0	4,88 $\pm$ 3,46
EM-20	0,81 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0,81 $\pm$ 0,57
EM-40	10,70 $\pm$ 7,54	0 $\pm$ 0	10,70 $\pm$ 7,57
EM-60	28,86 $\pm$ 10,98	0,66 $\pm$ 1,48	29,52 $\pm$ 19,94
EB-20	3,83 $\pm$ 3,38	0 $\pm$ 0	3,83 $\pm$ 2,71
EB-40	6,06 $\pm$ 5,73	2,11 $\pm$ 3,30	8,17 $\pm$ 2,79
EB-60	21,94 $\pm$ 16,03	4,78 $\pm$ 4,68	26,72 $\pm$ 12,13
EC-20	4,22 $\pm$ 5,39	4,50 $\pm$ 2,60	8,72 $\pm$ 0,19
EC-40	7,04 $\pm$ 2,93	0 $\pm$ 0	7,04 $\pm$ 4,98
EC-60	39,85 $\pm$ 3,90	2,93 $\pm$ 4,67	42,78 $\pm$ 26,10

Tabla 23: Evaluación sensorial de hongos Shiitake con mayor eficiencia biológica

<b>Tratamiento</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>	<b>Aceptabilidad</b>
Control	3,40 ± 1,06	3,50 ± 0,97	3,13 ± 1,26	3,50 ± 1,10	3,38 ± 1,15
EM-60	3,67 ± 0,72	3,19 ± 0,91	3,63 ± 0,89	3,19 ± 1,22	3,50 ± 0,89
EB-60	3,40 ± 1,06	3,38 ± 0,81	3,94 ± 0,68	3,19 ± 1,17	3,81 ± 0,83
EC-60	3,27 ± 1,22	3,69 ± 1,01	3,56 ± 0,96	3,13 ± 1,09	3,44 ± 1,03

### Anexo 3: Análisis estadístico

Tabla 24: Análisis de Varianza para tamaño del carpóforo

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón -F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	32,7666	9	3,64074	2,29	0,0489
B: Réplica	1,13067	4	0,282668	0,18	0,9476
Residuos	39,6749	25	1,587		
TOTAL (CORREGIDO)	74,3975	38			

Tabla 25: Análisis de Varianza de la eficiencia biológica total

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Porcentaje de Sustitución	7132,88	2	3566,44	45,31	0,0000
B: Réplica	296,068	4	74,017	0,94	0,4551
C: Sustratos	391,437	2	195,718	2,49	0,1014
INTERACCIONES					
AB	55,2667	8	6,90834	0,09	0,9993
Residuos	2203,84	28	78,7086		
TOTAL (CORREGIDO)	10079,5	44			

Tabla 26: Análisis de varianza de la eficiencia biológica total con el tratamiento control

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	8556,78	9	950,753	18,91	0,0000
B: Réplica	248,026	4	62,0066	1,23	0,3140
Residuos	1809,62	36	50,2672		
TOTAL (CORREGIDO)	10614,4	49			

**Análisis de varianza de la evaluación sensorial del hongo shiitake de los tratamientos: control, EC-60; EM-60; EB-60**

Tabla 27: Promedios y desviaciones estándares de la evaluación sensorial del hongo Shiitake

Tratamiento	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptabilidad
Control	3,40 ± 1,06	3,50 ± 0,97	3,13 ± 1,26	3,50 ± 1,10	3,38 ± 1,15
EM-60	3,67 ± 0,72	3,19 ± 0,91	3,63 ± 0,89	3,19 ± 1,22	3,50 ± 0,89
EB-60	3,40 ± 1,06	3,38 ± 0,81	3,94 ± 0,68	3,19 ± 1,17	3,81 ± 0,83
EC-60	3,27 ± 1,22	3,69 ± 1,01	3,56 ± 0,96	3,13 ± 1,09	3,44 ± 1,03

Tabla 28: Análisis de varianza de color del hongo Shiitake

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	1,625	3	0,541667	0,92	0,4368
B: Catadores	37,0	15	2,46667	4,21	0,0001
Residuos	26,375	45	0,586111		
TOTAL (CORREGIDO)	65,0	63			

Tabla 29: Análisis de varianza de olor del hongo Shiitake

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	2,125	3	0,708333	1,34	0,2748
B: Catadores	27,75	15	1,85	3,49	0,0006
R	23,875	45	0,530556		
TOTAL (CORREGIDO)	53,75	63			

Tabla 30: Análisis de varianza del sabor del hongo Shiitake

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	5,375	3	1,79167	2,55	0,0676
B: Catadores	24,75	15	1,65	2,35	0,0139
Residuos	31,625	45	0,702778		
TOTAL (CORREGIDO)	61,75	63			

Tabla 31: Análisis de varianza de textura del hongo Shiitake

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	1,375	3	0,458333	0,64	0,5920
B: Catadores	46,5	15	3,1	4,34	0,0001
Residuos	32,125	45	0,713889		
TOTAL (CORREGIDO)	80,0	63			

Tabla 32: Análisis de varianza de aceptabilidad del hongo Shiitake

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	1,8125	3	0,604167	0,86	0,4698
B: Catadores	26,4375	15	1,7625	2,50	0,0090
Residuos	31,6875	45	0,704167		
TOTAL (CORREGIDO)	59,9375	63			

**Anexo 4: Imágenes del proceso de elaboración de la unidad de cultivo casero shiitake**



## Anexo 5: Hoja de cata de la evaluación sensorial

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

Hoja de evaluación de cata del hongo *Lentinula edodes*

*De la muestra cruda realizar los análisis de color, olor, textura*

*De la muestra salteada realizar el análisis de sabor, aceptabilidad*

Fecha: 13 / 01 / 2020

COLOR	355	636	464	131
Muy desagradable				
Desagradable			x	x
Ni agrada ni desagrada		x		
Agradable				
Muy Agradable	x			
OLOR				
fúngico muy desagradable				
fúngico desagradable		x		
Ni agrada ni desagrada	x			x
fúngico agradable			x	
fúngico muy agradable				
TEXTURA				
Muy desagradable				
Desagradable	x			
Ni agrada ni desagrada		x	x	
Agradable				x
Muy Agradable				
SABOR				
Muy malo				
Malo				
Ni malo ni bueno	x		x	x
Bueno		x		
muy bueno				
ACEPTABILIDAD				
Disgusta mucho				
Disgusta poco				
Ni disgusta ni gusta	x		x	x
Gusta poco		x		
Gusta mucho				

Observación: \_\_\_\_\_