



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



---

**Tema: Valoración del crecimiento del hongo Ostra Rosado (*Pleurotus djamor*) sobre formulaciones de sustratos de residuos agroindustriales y forestales de la provincia de Cotopaxi para la producción de setas comestibles en la empresa ASOPROTEC**

---

Trabajo de Titulación, Modalidad Experiencias Prácticas de Investigación y/o Intervención, previa la obtención del Título de Ingeniera Bioquímica, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

**Autor:** Lorena Estefanía Calero Guevara

**Tutor:** Ph.D. Orestes Darío López Hernández

Ambato – Ecuador

Julio 2018

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

Ph.D. Orestes López Hernández

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación bajo la modalidad de Experiencias Prácticas de Investigación y/o Intervención, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad.

Ambato, 21 de junio de 2018



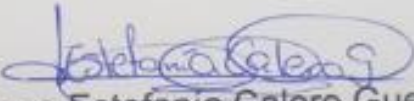
Ph.D. Orestes López Hernández

C.I. 175478486-4

**TUTOR**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Calero Guevara Lorena Estefanía manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Bioquímica, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas.



Lorena Estefanía Calero Guevara

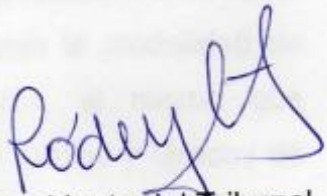
C.I. 180441082-5

**AUTOR**

## APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación modalidad Experiencias Prácticas de Investigación y/o Intervención, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:



Rodolfo  
Presidente del Tribunal



Lic. MSc. Danae Fernández Rivero

C.I. 175718120-9



Msc. Wilson Patricio Orozco Freire

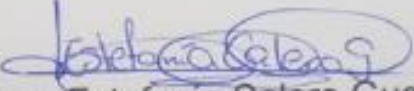
C.I. 172136300-8

Ambato, 09 de Julio de 2018

## **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 de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Trabajo de Titulación dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando no suponga una ganancia económica y se realice respetando los derechos de autor.



Lorena Estefanía Calero Guevara

C.I. 180441082-5

**AUTOR**

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

RESUMEN .....	X
ABSTRACT .....	XI
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	3
EL PROBLEMA.....	3
1.1 Tema de investigación.....	3
1.2 Justificación .....	3
1.3 Objetivos.....	7
1.3.1 Objetivo general .....	7
1.3.2 Objetivos específicos .....	7
CAPÍTULO II .....	8
MARCO TEÓRICO .....	8
2.1 Antecedentes investigativos.....	8
2.1.1 Generalidades de los hongos.....	8
2.1.3 Cultivo de hongos comestibles ( <i>Pleurotus spp.</i> ).....	10
2.1.4 Características de la especie <i>Pleurotus djamor</i> .....	11
2.2.4 Sustratos para el cultivo de <i>Pleurotus spp.</i> .....	12
2.1.5 Inóculo o semilla .....	14
2.2 Hipótesis .....	15
2.2.1 Hipótesis nula.....	15
2.2.2 Hipótesis alternativa .....	15
2.3 Señalamiento de variables de la hipótesis .....	15
2.3.1 Variables independientes .....	15
2.3.2 Variables dependientes .....	15
CAPÍTULO III .....	16
MATERIALES Y MÉTODOS .....	16
3.1 Materiales .....	16
3.1.1. Material microbiológico.....	16

3.1.2 Material orgánico.....	16
3.1.3 Material de laboratorio.....	16
3.1.4 Equipos .....	16
3.2 Métodos.....	16
3.2.1 Muestra .....	16
3.2.2 Inóculo o semilla .....	17
3.2.3 Sustratos.....	17
3.2.4 Inoculación del sustrato.....	19
3.2.5 Condiciones de crecimiento .....	19
3.3 Diseño experimental .....	20
3.3.1 Determinación de las variables de respuesta .....	20
CAPÍTULO IV.....	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
4.1 Análisis y discusión de los resultados .....	22
4.1.1 Tiempo de aparición de los primordios .....	22
4.1.2 Diámetro (cm) de los basidiomas .....	24
4.1.3 Velocidad de crecimiento de los carpóforos .....	26
4.1.4 Rendimiento en porcentaje.....	28
4.1.5 Eficiencia biológica.....	29
4.1.6 Relación costo beneficio .....	30
4.2 Verificación de hipótesis .....	31
CAPÍTULO V.....	32
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	32
5.1 Conclusiones .....	32
5.2 Recomendaciones .....	33

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1:</b> Contenido porcentual (%) de celulosa, lignina y cenizas de los sustratos elegidos .....	13
<b>Tabla 2:</b> Costos directos y ganancias obtenidas en la producción de <i>Pleurotus djamor</i> sobre diferentes sustratos .....	30

## Índice de Figuras

<b>Figura 1:</b> Morfología de un hongo (García, 2010).....	9
<b>Figura 2:</b> Tiempo (días) de aparición de los primordios en la primera cosecha .....	22
<b>Figura 3:</b> Tiempo (días) de aparición de los primordios en la segunda cosecha .....	23
<b>Figura 4:</b> Diámetro promedio de los basidiomas obtenidos al final de la primera cosecha. ....	24
<b>Figura 5:</b> Diámetro promedio de los basidiomas obtenidos al final de la segunda cosecha .....	25
<b>Figura 6:</b> Velocidad de crecimiento (mm/día) de los carpóforos durante la primera cosecha. ....	26
<b>Figura 7:</b> Velocidad de crecimiento (mm/día) de los carpóforos durante la segunda cosecha .....	27
<b>Figura 8:</b> Porcentajes de rendimiento obtenidos de la primera y segunda cosecha .....	28
<b>Figura 9:</b> Porcentajes de eficiencia biológica obtenidos de la primera y segunda cosecha .....	29



## Índice de Anexos

<b>Anexo 1:</b> Cepa de <i>Pleurotus djamor</i> .....	38
<b>Anexo 2:</b> Semilla colonizada por micelio de <i>Pleurotus djamor</i> .....	38
<b>Anexo 3:</b> Pesado del material vegetal .....	38
<b>Anexo 4:</b> Picado del material vegetal .....	38
<b>Anexo 5:</b> Hidratación del material vegetal .....	39
<b>Anexo 6:</b> Tanques para pasteurización del sustrato .....	39
<b>Anexo 7:</b> Colocación de sustratos en la cama de enfriamiento .....	39
<b>Anexo 8:</b> Elaboración de las unidades experimentales .....	40
<b>Anexo 9:</b> Aparición de primordios.....	40
<b>Anexo 10:</b> Medición de los basidiomas .....	40
<b>Anexo 11:</b> Cosecha de las setas .....	41
<b>Anexo 12:</b> Pesaje de las setas. ....	41
<b>Anexo 13:</b> Setas obtenidas del tamo de maíz durante la primera cosecha.....	41
<b>Anexo 14:</b> Contaminación por moho verde .....	42
<b>Anexo 15:</b> Tiempo (días) de aparición de primordios para la primera y segunda cosecha .....	43
<b>Anexo 16:</b> Promedio del diámetro (mm) de basidiomas obtenidos en la primera cosecha .....	43
<b>Anexo 17:</b> Promedio del diámetro (mm) de basidiomas obtenidos en la segunda cosecha .....	44
<b>Anexo 18:</b> Pesos de hongos frescos (g) de la primera y segunda cosecha ....	44
<b>Anexo 19:</b> Rendimientos obtenidos de la primera y segunda cosecha .....	44
<b>Anexo 20:</b> Eficiencia biológica obtenida de la primera y segunda cosecha ....	44

## RESUMEN

El cultivo de hongos del género *Pleurotus djamor* resulta de importancia biológica porque producen proteínas de alta calidad al crecer sobre sustratos conformados por desechos de carácter orgánico. El objetivo de esta investigación fue valorar el crecimiento del hongo Ostra Rosado (*Pleurotus djamor*) sobre formulaciones de sustratos, para determinar en cuál de estos el hongo genera mayor productividad.

Los sustratos utilizados fueron residuos agroindustriales y forestales (tamo de cebada, tambo de maíz, bagazo de caña de azúcar y viruta de eucalipto). Las mezclas a evaluar fueron empacadas en bolsas de 2 Kg de sustrato. Se esterilizaron e inocularon con 100 g de semilla de *Pleurotus djamor*.

Las variables evaluadas fueron: tiempo aparición de primordios, el diámetro de los carpóforos, velocidad de crecimiento, eficiencia biológica y rendimiento de cada sustrato, con el fin de establecer cuál brinda las mejores condiciones para el desarrollo del hongo. El tambo de maíz fue el mejor sustrato para el crecimiento y producción del hongo estudiado ya que en éste los primordios tardaron menos tiempo en aparecer (20 días), durante la primera cosecha las setas obtenidas en este sustrato crecieron en promedio 8,1 cm de diámetro (indicador de desarrollo morfológico), presentó una eficiencia biológica de 38,86 %, y un rendimiento de 9,86 % con excelentes características organolépticas, considerándose así un sustrato adecuado y eficiente para el cultivo de este hongo. También se calculó la relación costo beneficio, obteniéndose un factor de 2,12 que indica que el proyecto es rentable y viable.

**Palabras clave:** Setas comestibles, ASOPROTEC, cultivo de hongos, *Pleurotus djamor*, residuos agroindustriales y forestales.

## ABSTRACT

The growing of *Pleurotus djamor fungus* has a biological importance because they produce high quality proteins when growing on substrates formed by organic waste. The objective of this research was to evaluate the growth of the pink oyster fungus (*Pleurotus djamor*) on substrate formulations, in order to determine in which of these substrates the fungus generates higher productivity.

The substrates were agroindustrial and forest residues (barley chaff, corn chaff, sugarcane bagasse and eucalyptus shavings). The mixtures to be evaluated were packed in 2 Kg bags of substrate. They were sterilized and inoculated with 100 g of *Pleurotus djamor* seed.

The evaluated variables were: time of primordiums emergence, diameter of the carpophores, speed of growth, biological efficiency and yield of each substrate, in order to establish which provides the better conditions for the development of fungi. The corn chaff was the best substrate for the growth and production of the fungus studied because the primordiums took less time to appear (20 days), during the first harvest the fungus obtained in this substrate grew an average of 8.1 cm in diameter (indicator of morphological development), showed 38.86% of biological efficiency and a yield of 9.86%, with excellent organoleptic characteristics, thus considering a suitable and efficient substrate for the cultivation of this fungus. The cost-benefit ratio was also calculated, obtaining a factor of 2.12 which indicates that the project is profitable and viable.

**Keywords:** Edible mushrooms, ASOPROTEC, mushroom cultivation, *Pleurotus djamor*, agroindustrial and forest residues.

## INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, permite realizar una producción en forma sostenible, evitando la generación de desechos y por ende la contaminación, buscando integrar los recursos naturales.

El cultivo de setas comestibles del hongo Ostra Rosado (*Pleurotus djamor*) sobre sustratos de residuos agroindustriales y forestales resulta ser una alternativa novedosa para producir alimentos, ya que son considerados como una fuente económica de proteína. La mayoría pueden ser generados en un corto período de tiempo a bajo costo y en áreas reducidas (Omen, 2013).

Después del proceso de cultivo y la cosecha de las setas, el sustrato remanente puede ser aprovechado como abono orgánico por su alto contenido en nitrógeno, fósforo y potasio (García-Oduardo et al., 2011).

A nivel alimenticio, los hongos comestibles, poseen el doble del contenido de proteínas que los vegetales y disponen de los nueve aminoácidos esenciales, incluyendo leucina y lisina, minerales y carbohidratos. Se caracterizan por tener propiedades medicinales conocidas como generar retardo en el crecimiento de tumores, disminuir los niveles de colesterol en la sangre, poseer sustancias antioxidantes e inmunomoduladoras (Romero et al., 2000).

El consumo de hongos comestibles ha crecido vertiginosamente en las últimas décadas. Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la producción mundial de hongos comestibles en el 2000 alcanzó los 2,6 millones de toneladas, mientras que en el 2007 ésta llegó a 3,4 millones, es decir, esta aumentó en un 30,8% (Sánchez, 2015).

Consecuentemente, la producción y cultivo de hongos en Ecuador es relativamente nueva, lo que representa una oportunidad para generar nuevos puestos de trabajo y presentar al mercado un producto económico y rico en proteínas. Además esta actividad requiere materia prima de fácil acceso y sobre todo a un módico precio.

La presente investigación se basó en un estudio experimental comparativo para establecer cuál de los residuos agroindustriales y forestales presentaron mejor rendimiento en el cultivo del hongo *Pleurotus djamor*, es decir, aquel que promovió un mayor crecimiento de éste, teniendo en cuenta las características morfológicas y organolépticas que debe tener este hongo.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1 Tema de investigación

VALORACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL HONGO OSTRA ROSADO (*Pleurotus djamor*) SOBRE FORMULACIONES DE SUSTRATOS DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES Y FORESTALES DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI PARA LA PRODUCCIÓN DE SETAS COMESTIBLES EN LA EMPRESA ASOPROTEC

### 1.2 Justificación

A nivel mundial existe una gran cantidad de problemas que afectan a la población en diferentes aspectos. Algunos de ellos están relacionados directa o indirectamente con la alimentación y todo lo que implica, desde su producción hasta su consumo.

Uno de los inconvenientes a los que se ha enfrentado la humanidad durante muchos años es la escasez de alimentos y su distribución ineficiente que afecta en su mayoría a gente de bajos recursos económicos. Además, la tasa de crecimiento poblacional va en aumento, dando como resultado una mayor cantidad de personas con limitado acceso a alimentos (Pedraza, 2003).

La pobreza extrema es una de las principales causas de la inseguridad alimentaria porque, aunque existan alimentos disponibles en el mercado, hay personas cuyos recursos económicos apenas les alcanza para sobrevivir el día a día y por tanto su presupuesto es insuficiente para adquirir una variedad de alimentos que satisfagan sus necesidades nutricionales (León, 2011).

Adicionalmente, la falta de una buena alimentación conduce a la desnutrición que puede ser causada por la escasez de calidad y/o cantidad de los alimentos consumidos (Gómez, 2003). Según el Banco Mundial (2015) el 10.8% de la población mundial sufre de desnutrición y específicamente en Ecuador la tasa es del 11%.

La base de una dieta balanceada consiste en ingerir alimentos de la forma más variada y completa posible con el fin de satisfacer los requerimientos nutricionales del organismo (Brandt, 2011).

A pesar de esto las personas de bajos recursos incluyen mayoritariamente en su dieta, glúcidos, verduras en pequeñas cantidades y granos secos debido a que éstos son mucho más económicos en comparación con alimentos proteicos, como carnes (res, cerdo, pollo y pescado). Esta diferencia de precios se debe principalmente al tiempo y dinero que se invierte en la crianza de los animales. Asimismo, es mucho más fácil y económico adquirir productos procesados a pesar de que su consumo frecuente no es recomendable porque no aportan los nutrientes necesarios que el cuerpo necesita.

En cuanto a la contaminación causada por las actividades ganaderas se destaca aquella que está relacionada con la ganadería intensiva en donde el objetivo principal es la obtención de un alto rendimiento productivo mediante la mecanización y racionalización de los procesos involucrados en la crianza y procesamiento del ganado. Esta actividad es la que más polución genera, a diferencia de la ganadería extensiva que utiliza el territorio de forma perdurable tomando en cuenta los ciclos naturales del área utilizada (Chávez, 2013).

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2017) aproximadamente 200 millones de familias de pequeños productores en África, Asia y Latinoamérica tienen como fuente principal de ingreso a la ganadería. Esto representa una amenaza para el desarrollo sustentable debido a que esta actividad involucra la degradación de suelo, pérdida de biodiversidad, deforestación y reducción del recurso hídrico. Además, parte del cambio climático se debe a que las actividades ganaderas generan el 18% del total de emisiones de gases invernadero como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) (Pérez, 2008).

Una buena alternativa para tratar de mitigar en gran medida todos los problemas mencionados anteriormente es la producción y cultivo de setas, en vista de que éstas crecen naturalmente sobre troncos descompuestos o residuos de actividades agroindustriales (Gaitán-Hernández, Salmones, Merlo, & Mata, 2002).

Lloor (2014) afirma que en el transcurso de los últimos 40 años la producción de hongos comestibles ha aumentado más de 35 veces, lo que representa alrededor de 23 millones de dólares en hongos cultivados. Por lo tanto, la demanda del consumo de hongos comestibles va en aumento y en Ecuador este mercado no se encuentra sobrevalorado por lo cual esta nueva actividad puede ser explotada y aprovechada; a más de esto el cultivo de hongos da apertura al desarrollo económico de un país porque también se generan varios puestos de trabajo, especialmente para personas propias del lugar donde se produzcan las setas.

El ciclo de cultivo de hongos es relativamente corto en comparación al tiempo necesario para la crianza de cualquier animal que sería utilizado como fuente alimenticia, ya sean vacas, pollos o cerdos.

La producción de setas dura aproximadamente 3 meses desde que se inocula el hongo para obtener semilla con micelio hasta que se realice la segunda cosecha de las setas. Mientras que la crianza de ganado vacuno lleva cerca de 14 a 16 meses hasta poderlos utilizar para la venta de cárnicos (FEP, 2017).

Velasco y Vargas (como se cita en Martínez, 2014) afirman que los hongos comestibles tiene aproximadamente del 19 al 35% de proteína en base al peso seco, en comparación con el pollo (23.8%), la carne de res (19.4%) y la leche (25.2%), además de tener un bajo contenido de calorías.

El consumo de setas presenta grandes beneficios para la salud porque aportan proteínas, vitaminas B y D, minerales y antioxidantes. Algunos hongos comestibles se destacan por el contenido de compuestos bioactivos con propiedades terapéuticas, especialmente beta-glucanos. A más de esto ayudan al control de los niveles de colesterol y refuerzan el sistema inmunológico (Juste, 2014).



Una de las ventajas más representativas del cultivo de hongos es el espacio requerido para su producción porque es significativamente más reducido que el que se utiliza para la crianza de animales. Asimismo, se puede destacar que los costos de producción de setas son más baratos debido al bajo costo de la materia prima que se emplea.

Para la producción y comercialización de hongos comestibles (setas) es importante la consideración de la diversidad de climas que tiene nuestro país. Según Wilches (2014): “La variedad de climas en Latinoamérica permite la aclimatación de las múltiples especies de setas comestibles conocidas” (p 29).

En Ecuador únicamente existen dos empresas que comercializan el hongo ostra rosado (*Pleurotus djamor*), estas son The Fungus Garden que se encuentra ubicada en la Vía Calacalí, provincia de Pichincha y Reino Fungi que se encuentra en la ciudad de Quito.

La empresa ASOPROTEC pretende utilizar los residuos agroindustriales y forestales que se generan en la provincia de Cotopaxi como sustratos para la producción de hongos comestibles. En esta zona del país existe la disponibilidad de cantidades considerables de tamo de cebada, tamo de maíz, bagazo de caña de azúcar y viruta de Eucalipto ya que sus extensas tierras rurales son ocupadas principalmente para la actividad agrícola. Además, la utilización de este tipo de residuos supone una medida amigable con el ambiente porque según investigaciones (Martínez, et al., 2004) mediante el desarrollo de esta actividad se pueden reciclar cerca de 386,000 toneladas anuales de residuos agroindustriales y forestales.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

- Valorar el crecimiento del hongo Ostra Rosado (*Pleurotus djamor*) sobre formulaciones de sustratos de residuos agroindustriales y forestales de la provincia de Cotopaxi para la producción de setas comestibles en la empresa ASOPROTEC.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Identificar el sustrato más eficaz para el crecimiento de setas del hongo Ostra Rosado (*Pleurotus djamor*).
- Determinar la velocidad de crecimiento de los carpóforos de las setas de *Pleurotus djamor* obtenido sobre los diferentes sustratos.
- Calcular el rendimiento y la eficiencia biológica en la producción de setas de *Pleurotus djamor* sobre los diferentes sustratos.
- Establecer la relación costo beneficio de la producción del hongo *Pleurotus djamor* obtenido del sustrato más eficaz.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

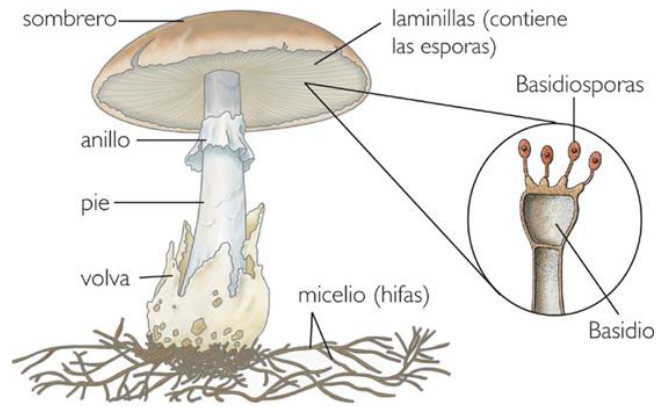
#### **2.1 Antecedentes investigativos**

##### **2.1.1 Generalidades de los hongos**

Los hongos son organismos eucariotas, heterótrofos y pluricelulares a excepción de las levaduras. Producen esporas y no contienen clorofila; su reproducción puede ser sexual o asexual y se nutren por absorción (Popoff y González, 2007). Además, son los principales descomponedores de materia orgánica como plantas y animales, por eso es muy común verlos crecer sobre alimentos descompuestos.

La agrupación de las células que conforman los hongos da lugar a las hifas que pueden estar divididas por tabiques transversales denominados septos, dando lugar a las hifas septadas. A su vez el conjunto de hifas forman el micelio que constituye la parte vegetativa de los hongos. Cuando los hongos fructifican, ya sea de manera sexual o asexual se forman los ascomas (Ascomycetes) o basidiomas (Basidiomycetes) que son el cuerpo fructífero o “fruto” del hongo, comúnmente conocido como seta; es decir que los hongos están básicamente constituidos por la parte vegetativa (micelio) y la parte sexual (setas) (Moreno, 1986).

En la Figura 1 se pueden identificar fácilmente las partes de las que consta un hongo, en este caso el sombrero es la parte más representativa porque éste es el “fruto” que se consume y en el cual radica la importancia de la producción y comercialización de setas.



**Figura 1:** Morfología de un hongo (García, 2010).

De acuerdo con su forma de nutrición los hongos pueden ser saprófitos (se alimentan de materia muerta o en descomposición), simbioses (conviven con otros microorganismos y obtienen mutuo beneficio) y parásitos (se beneficia de un huésped al implantarse en él sin aportarle ninguna ventaja) (Murray, Rosenthal y Pfaller, 2009).

Los hongos tienen importancia ecológica porque suponen los principales descomponedores de materia orgánica que se puede encontrar en la naturaleza, sin embargo, también tienen gran importancia a nivel industrial, médico y alimentario. A nivel industrial se utilizan las levaduras para la producción de alcohol etílico (cerveza y vino); en medicina es utilizado el hongo *Penicillium notatum* para la producción de penicilina comercial, así como las cefalosporinas con *Cephalosporium* y estreptomycinina con *Streptomyces* y, a nivel alimentario se pueden utilizar hongos para aportar propiedades organolépticas diferentes a quesos, como ejemplo para el Camembert (*Penicillium camemberti*) y Roquefort (*Penicillium roqueforti*). A su vez se pueden encontrar variedad de setas comestibles, entre ellas la más común es el champiñón (*Agaricus bisporus*), seguido del Shiitake (*Lentinula edodes*) y el hongo Ostra (*Pleurotus spp.*)(Gómez, 2010).

### 2.1.3 Cultivo de hongos comestibles (*Pleurotus spp.*)

El cultivo de hongos comestibles existe desde hace más de doscientos años tanto en Europa como en Asia, cultivando Champiñón y Shiitake, respectivamente. Sin embargo, el primer reporte de producción de hongos ostra se realizó en Alemania en 1917, pero es a mediados de los años 70 que el cultivo de hongos se establece a nivel mundial (Rodríguez, 2007).

Dentro del reino Fungi existen alrededor de 70.000 especies de hongos, de las cuales cerca de 5000 son comestibles, sin embargo únicamente 6 especies han sido cultivadas a escala industrial. Estas especies son:

- *Agaricus bisporus* (champiñón de París)
- *Lentinula edodes* (Shiitake)
- *Volvariella volvaceae* (Hongo de la paja)
- *Auricularia spp.* (Hongo oreja de los árboles)
- *Pleurotus spp.* (Hongo ostra, Orellana)
- *Flamulina velutipes* (Hongo de Invierno)

(CIAO, 2001)

Todos los hongos del género *Pleurotus spp.* son comestibles y se caracterizan por generar basidiocarpos (sombreros) carnosos, de diferentes tamaños y colores que pueden ser blancos, grises, marrones, negros, rosados, amarillos, entre otros. Cuando el pie del hongo se encuentra presente, éste es blanco, grueso y corto (France, Cañumir y Cortez, 2000).

Este género se diferencia de los demás hongos comestibles debido a la facilidad de cultivo, especialmente porque pueden crecer sobre una amplia variedad de sustratos que en su mayoría son de bajo costo y de fácil obtención.

#### **2.1.4 Características de la especie *Pleurotus djamor***

De acuerdo con Jiménez (2009) la clasificación taxonómica del hongo ostra rosado es la siguiente:

**Reino:** Fungi

**División:** Eumycota

**Subdivisión:** Basidiomycota

**Clase:** Homobasidiomycetes

**Subclase:** Hymenomycetidae

**Orden:** Agaricales

**Familia:** *Pleurotaceae*

**Género:** *Pleurotus*

**Especie:** *P. djamor*

Esta especie es reconocida por su particular color rosado, el mismo que puede variar de claro a oscuro según las condiciones de crecimiento, además una de sus características más notables es su aroma muy similar a los mariscos. Este hongo también es conocido por otros nombres como hongo salmón u hongo flamenco (Staments, 1993).

Usualmente crece en racimos de hongos múltiples y los primordios suelen variar de color desde rojizo brillante hasta rosa opaco a medida que crecen. En cuanto a su distribución este tipo de setas se puede extender fácilmente en los trópicos y subtrópicos, por este motivo es que su producción se ve incrementada en países como Tailandia, Camboya, Singapur, Vietnam, Ceilán, Malasia, Brasil y México.

A partir de esta seta se pueden obtener esporas rosadas o beige cuyo tamaño aproximado es de 6-10 x 4-5  $\mu\text{m}$ , lisas y cilíndricas, mientras que el micelio es de color blanquecino y con estructura rizomórfica larga y divergente que a continuación toma tonos rosáceos fuertes a medida que madura en y alrededor de los sitios de formación de primordios, los mismos que a menudo crecen en

racimos alrededor del sitio de inoculación, además se puede apreciar un exudado metabólico de color gris lechoso que se acumula en la parte inferior de los recipientes de incubación (Stamets, 1993).

Esta especie es capaz de crecer sobre desechos celulósicos crudos no tratados como aserrín, hojas de banano, paja de arroz, además debido a su tasa de colonización y ciclo de fructificación cortos pero productivos hacen que esta especie sea asequible especialmente para los países en desarrollo (Zurbano, Bellere y Savilla, 2017).

#### **2.2.4 Sustratos para el cultivo de *Pleurotus spp***

La obtención de hongos comestibles consta de dos fases: la producción de semilla y la producción de hongos, que de acuerdo con Paz, (2004) ésta última se divide en las siguientes etapas:

- Preparación del sustrato
- Siembra
- Incubación
- Inducción
- Fructificación
- Cosecha
- Almacenamiento
- Comercialización

La etapa de mayor interés dentro del proyecto es la de siembra debido a que en ésta se pueden utilizar diferentes sustratos que en su mayoría suelen ser desechos de actividades agroindustriales y/o agrícolas y por tanto pueden ser aprovechados en la producción de hongos comestibles, especialmente en la obtención de hongos del género *Pleurotus spp.* que utilizan residuos vegetales ricos en lignina como maderas, cáscaras y pajas de cereales como medios para desarrollarse (France, Cañumir y Cortez, 2000).

Los residuos agroindustriales que se generan en Ecuador aún no son aprovechados eficientemente debido al escaso conocimiento sobre el valor que poseen (Peñañiel, Brito, Muñoz, Zabala y Chafla, 2015) y generalmente este tipo de residuos son quemados, generando contaminación ambiental.

Para el desarrollo de este proyecto usarán como sustratos tamo de cebada, tamo de maíz, bagazo de caña de azúcar y viruta de eucalipto. A continuación se detalla la composición de cada uno de los sustratos mencionados.

**Tabla 1:** Contenido porcentual (%) de celulosa, lignina y cenizas de los sustratos elegidos

Componente	Sustratos			
	Tamo de cebada Castillo, Rodríguez, Prieto y Román, 2012	Tamo de maíz Prinsen, 2010	Bagazo de caña de azúcar Prinsen, 2010	Viruta de eucalipto Prinsen, 2010
Celulosa	33.25	32.64	39.01	48.07
Hemicelulosa	20.36	*N/R	*N/R	*N/R
Lignina	17.13	16.85	23.09	26.91
Proteína	3.62	*N/R	*N/R	*N/R
Almidón	0.11	*N/R	*N/R	*N/R
Arabinano	*N/R	2.35	2.06	0.3
Xilano	*N/R	19.22	22.05	10.42
Manano	*N/R	0.31	0.35	1.23
Cenizas	2.18	10.22	3.66	1.22

\*N/R: No se reportan datos



Una vez que el hongo comienza a colonizar el sustrato también excreta enzimas celulasas que son las encargadas de hidrolizar la celulosa. Cabe mencionar que existen algunos factores que influyen en la descomposición de celulosa, entre estos se encuentra la proporción de lignina en los restos vegetales (Alcívar y Vera, 2013) por lo que el contenido de celulosa y lignina en los sustratos es fundamental para el desarrollo y crecimiento óptimo de los hongos debido a que representan su principal fuente de energía.

### **2.1.5 Inóculo o semilla**

El inóculo o semilla es el micelio del hongo crecido sobre granos de cereales como cebada, trigo, sorgo, etc., pero también se puede utilizar aserrín.

#### **2.1.5.1 Generación de semilla**

Dentro de la producción de semilla se pueden obtener varias generaciones. La primera generación corresponde a aquella en la que los granos de trigo son inoculados con la cepa obtenida en cajas Petri, es decir en un medio artificial; la segunda generación es aquella que se inocula con semilla totalmente colonizada obtenida de la primera generación, y así sucesivamente. Sin embargo, es recomendable obtener semillas hasta la tercera generación debido a que con cada réplica que se hace para obtener una nueva generación la cepa del hongo se va debilitando.

Se aconseja que la semilla destinada a la inoculación del sustrato (tamo de cebada, tamo de maíz, bagazo de caña de azúcar y viruta de eucalipto) pertenezca a la segunda y tercera generación, mientras que la semilla de primera generación se utilice para la obtención de las semillas de generaciones posteriores a ésta.

## **2.2 Hipótesis**

### **2.2.1 Hipótesis nula**

El tamo de cebada, tamo de maíz, bagazo de caña y viruta de eucalipto utilizados como sustrato para el crecimiento del hongo Ostra Rosado (*Pleurotus djamor*) no inciden en su rendimiento.

### **2.2.2 Hipótesis alternativa**

El tamo de cebada, tamo de maíz, bagazo de caña y viruta de eucalipto utilizados como sustrato para el crecimiento del hongo Ostra Rosado (*Pleurotus djamor*) si inciden en su rendimiento.

## **2.3 Señalamiento de variables de la hipótesis**

### **2.3.1 Variables independientes**

- Formulaciones de sustratos de residuos agroindustriales y forestales.

### **2.3.2 Variables dependientes**

- Porcentaje de rendimiento
- Porcentaje de eficiencia biológica

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Materiales

##### 3.1.1. Material microbiológico

Cepa de *Pleurotus djamor*

##### 3.1.2 Material orgánico

Granos de trigo, viruta de eucalipto, tamo de trigo, tamo de cebada, bagazo de caña de azúcar, melaza.

##### 3.1.3 Material de laboratorio

Cajas Petri, tubos de ensayo, botella de tapa azul de 250 mL, asa en punta, bisturí, mecheros de alcohol, colador, balanza, fundas plásticas para 2 Kg, fundas de polipropileno, envases de vidrio, termómetro digital, guantes de caucho, guantes quirúrgicos, mascarillas, toallas de papel, fosforera, tanque de gas.

##### 3.1.4 Equipos

Autoclave, cámara con luz UV, cocineta industrial, tanques metálicos, mesa de enfriamiento, calefactor eléctrico.

##### 3.1.5 Reactivos

Medio de cultivo PDA, alcohol industrial, alcohol comercial, cal.

#### 3.2 Métodos

##### 3.2.1 Muestra

La cepa del hongo *Pleurotus djamor* se obtuvo de los laboratorios de la Carrera de Ingeniería en Biotecnología de la Escuela Politécnica del Ejército (ESPE) ubicada en Sangolquí-Quito.

Para realizar réplicas de la cepa original se utilizó un medio Agar Papa Dextrosa (PDA).

### **3.2.2 Inóculo o semilla**

Para la obtención de semilla de las setas de hongo ostra rosado se utilizaron granos de trigo.

Para la preparación de semilla se eliminó manualmente las impurezas y materiales extraños presentes en los granos. Después se lavaron con abundante agua para eliminar impurezas más pequeñas, seguido de la cocción de los granos durante 30 minutos aproximadamente o hasta que el grano salga de la cascarilla al momento de presionarlo con los dedos. Se recomienda evitar la sobre cocción del grano porque éste se hidrata demasiado, lo que puede generar problemas de fermentación durante la fase de crecimiento del hongo en la semilla.

Una vez cocidos los granos se escurrieron durante 1 hora para eliminar el exceso de agua, transcurrido este tiempo se colocó el trigo en fundas de plástico resistentes al calor. Cada funda se llenó con 1 Kg de grano que se esterilizó en el autoclave durante 1 hora a 121 °C y 15 psi.

Las fundas con granos de trigo ya estériles se colocaron en la cámara de inoculación previamente desinfectada con alcohol al 97%, se dejó enfriar las semillas hasta que alcanzaron una temperatura aproximada de 20-25 °C. Adicionalmente se irradiaron las semillas con luz UV durante 15 minutos para asegurar su inocuidad.

Para la inoculación de los sustratos se utilizaron semillas de segunda generación.

### **3.2.3 Sustratos**

Los sustratos que se utilizaron fueron tamo de cebada, tamo de maíz, bagazo de caña de azúcar y viruta de eucalipto, los mismos que fueron adquiridos dentro de la provincia de Cotopaxi.

#### **3.2.3.1 Preparación del sustrato**

A continuación se detalla el proceso por el que pasaron los sustratos seleccionados antes de ser inoculados con las semillas de trigo completamente colonizadas.

#### **3.2.3.1.1 Secado**

Para el caso de la viruta y el bagazo de caña de azúcar se dejó a los sustratos al sol durante un par de días. En el caso de la viruta este paso permitió eliminar compuestos volátiles (aceite esencial) que aunque sean pequeñas cantidades pueden interferir en el rendimiento, además no es aconsejable utilizar maderas resinosas como sustrato para la producción de hongos comestibles.

En cuanto al bagazo de caña el secado tiene como objetivo hacer que la caña pierda la clorofila que posee dado que los hongos no crecen en sustratos que contengan este compuesto.

#### **3.2.3.1.2 Picado del material vegetal**

De acuerdo con Carvajal (2010) el tamaño del material vegetal entre 2 a 5 cm es el que mejores resultados proporciona. Se obtuvo este tamaño utilizando una picadora de pasto. Este paso no fue necesario en el caso de la viruta debido a que tiene un tamaño aproximado a los 5 cm.

#### **3.2.3.1.3 Hidratación**

Antes de hidratar los sustratos cada uno se pesó en seco y posteriormente se adicionó cal y melaza al 1% (%P/P). Una vez pesado el sustrato se colocó en contenedores metálicos en donde se sumergió en agua durante 24 horas para proporcionarle al sustrato la humedad óptima (70-80%) que requiere el hongo para su crecimiento (Carvajal, 2010).

#### **3.2.3.1.4 Pasteurización**

Todos los sustratos se pasteurizaron por vapor. Este método consistió en colocar cada uno de los sustratos en contenedores metálicos por separado, estos contenedores tienen doble fondo. En la parte inferior se colocó agua que se calentó en una cocina industrial para la generación de vapor de agua, el cual pasteurizó el sustrato durante 2 horas. Una vez transcurrido este tiempo el agua sobrante se eliminó a través de una llave que se encuentra en la parte más baja del contenedor metálico.

### **3.2.3.1.5 Adición de suplementos**

Los suplementos que se utilizaron son melaza y carbonato de calcio (cal).

Se colocaron sobre el sustrato la cal y la melaza pesadas con anterioridad, aclarando que se adicionaron al 1% (%P/P) con relación al sustrato seco y finalmente se mezcló e incorporó manualmente todos los materiales mencionados antes de realizar la pasteurización de los sustratos. Para mezclar se utilizaron guantes con el fin de evitar cualquier contaminación del sustrato.

Como menciona García (1985) el carbonato de calcio se suele adicionar para que el pH sea casi neutro (6,5), mientras que la melaza se utiliza como fuente de carbono.

Una vez pasteurizado el sustrato se colocó en una cama de enfriamiento por aproximadamente 5 minutos hasta que la temperatura disminuyó ligeramente, facilitando su manipulación.

### **3.2.4 Inoculación del sustrato**

Una vez preparado el sustrato se colocó en una funda plástica, en este caso se utilizó la técnica por capas que consistió en colocar una capa de sustrato al fondo de la funda, seguido de una capa de semilla colonizada. Esto se repitió hasta tener 3 capas de sustrato y 3 capas de semilla, teniendo en cuenta que cada funda se llenó sólo con 2 Kg de sustrato y 5% de semilla (100 g) colonizada con relación al peso húmedo del sustrato, es decir que se repartió equitativamente la semilla en cada capa de sustrato. Finalmente, se cerró la funda tratando de sacar la mayor cantidad de aire de ella y se etiquetó con la fecha, el nombre del hongo utilizado, generación de la semilla y sustrato utilizado.

### **3.2.5 Condiciones de crecimiento**

A continuación se describe de manera general las condiciones en las que se desarrolló la fase experimental del presente proyecto.

**Incubación en la oscuridad:** 25°C durante 20 días.

**Primera perforación de las fundas:** A los 3 días de incubación.

**Fructificación en la luz:** 15°C durante 10 días aproximadamente

### **3.3 Diseño experimental**

En este proyecto se utilizó el diseño completamente al azar con 4 sustratos y 10 repeticiones, es decir que se obtuvieron un total de 40 unidades experimentales. Las variables de respuesta fueron: rendimiento en porcentaje, eficiencia biológica en porcentaje, tiempo de aparición de los primordios, diámetro de los basidiomas y relación costo beneficio.

#### **3.3.1 Determinación de las variables de respuesta**

##### **3.3.1.1 Tiempo de aparición de los primordios**

Este dato se reportó en número de días en que se observó la aparición de los primeros brotes del hongo a partir de la fecha que se inoculó la semilla en el sustrato. En el caso de la segunda cosecha se tomó como día 0 aquel en el que se realizó la cosecha del cultivo precedente.

##### **3.3.1.2 Diámetro de los basidiomas**

Se registró el promedio del diámetro de los basidiomas en milímetros (mm) para cada sustrato empleado. Este dato fue tomado cada 24 horas a partir de la aparición de los primordios hasta el día de la cosecha. Se repitió este procedimiento hasta la segunda cosecha.

##### **3.3.1.3 Velocidad de crecimiento de los carpóforos**

Se calculó la relación en mm/día tomando como referencia el diámetro de los carpóforos.

##### **3.3.1.4 Rendimiento en porcentaje**

Este parámetro se obtuvo a través de la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Peso(g) de hongos frescos}}{\text{Peso(g) del sustrato húmedo}} * 100 \quad \text{Ec. 1}$$

El dato correspondiente al peso de los hongos frescos se tomó en la primera y segunda cosecha

### 3.3.1.5 Eficiencia biológica

La eficiencia biológica se calculó con la fórmula:

$$\frac{\text{Peso (g) de hongos frescos}}{\text{Peso (g) de sustrato seco}} * 100 \quad \text{Ec. 2}$$

El dato correspondiente al peso de los hongos frescos se tomó en la primera y segunda cosecha.

### 3.3.1.6 Relación costo beneficio

Este factor se obtuvo mediante la fórmula:

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} = \frac{\text{Ingresos totales netos}}{\text{Costos totales}} \quad \text{Ec. 3}$$

En donde el valor de costos totales está conformado por los costos directos de producción del hongo ostra rosado obtenido del sustrato más eficaz.

Si:

B/C > 1, El proyecto puede ser considerado.

B/C=1, Aquí no hay ganancias porque los beneficios son iguales a los costes.

B/C < 1, No se debe considerar el proyecto.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

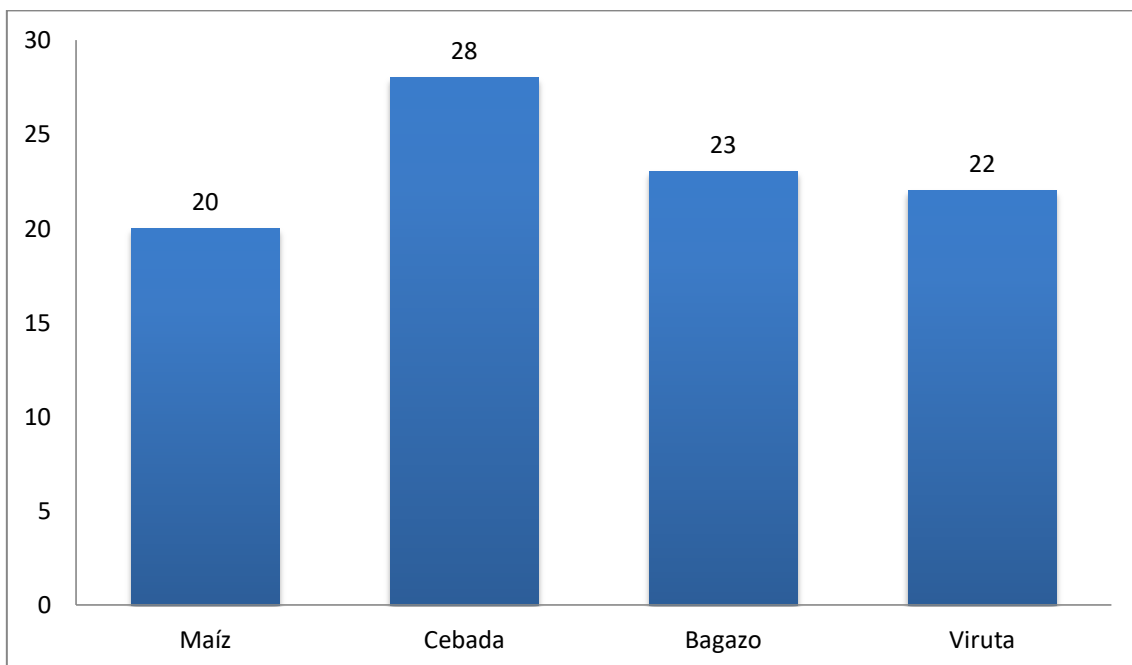
#### 4.1 Análisis y discusión de los resultados

##### 4.1.1 Tiempo de aparición de los primordios

La fase de fructificación comienza una vez el sustrato es invadido por el micelio del hongo y se pueden observar los primordios, los cuales originan el cuerpo fructífero, siendo necesario aumentar la humedad y las condiciones de oscuridad para inducir la formación de los hongos.

Para mantener la humedad de los hongos se los roció con agua de 2 a 3 veces por día durante la fase de fructificación hasta el día de cosecha.

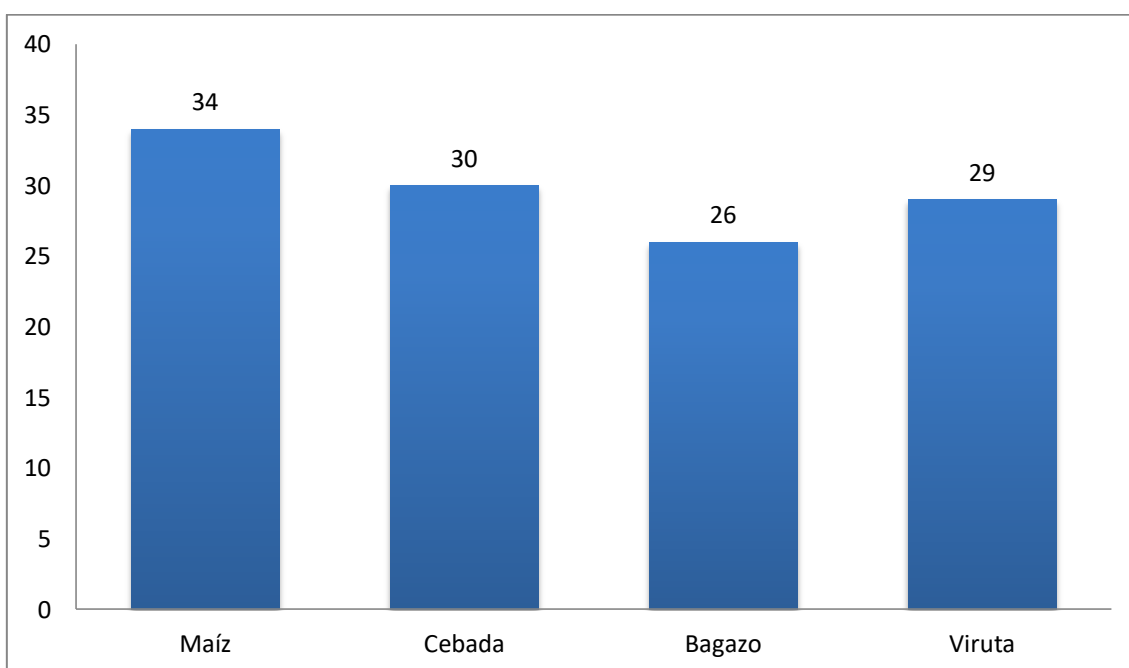
A continuación en la Figura 2 se compara el tiempo en días de aparición de los primordios en los diferentes sustratos respecto a la primera cosecha.



**Figura 2:** Tiempo (días) de aparición de los primordios en la primera cosecha

Como se observa en la Figura 2, el tamo de maíz fue el sustrato en el cual los primordios tardaron menos tiempo en aparecer (20 días), mientras que en el bagazo y la viruta tardaron aproximadamente el mismo tiempo de 22 a 23 días, a diferencia del tamo de cebada en el que el tiempo de brote se aplazó hasta los 28 días.

Cuando el hongo se encuentra en su etapa de crecimiento micelial, es decir, durante la incubación, éste utiliza preferiblemente hemicelulosa y carbohidratos solubles en lugar de emplear celulosa y lignina (Garzón y Cuervo, 2008). Es por eso que a pesar de que el bagazo de caña tenga mayor contenido de celulosa y lignina (39,01% y 23,09% respectivamente) en comparación con el tamo de maíz (37,69% y 18,59%, respectivamente) los primordios de este último sustrato tardaron menor tiempo en fructificar.



**Figura 3:** Tiempo (días) de aparición de los primordios en la segunda cosecha

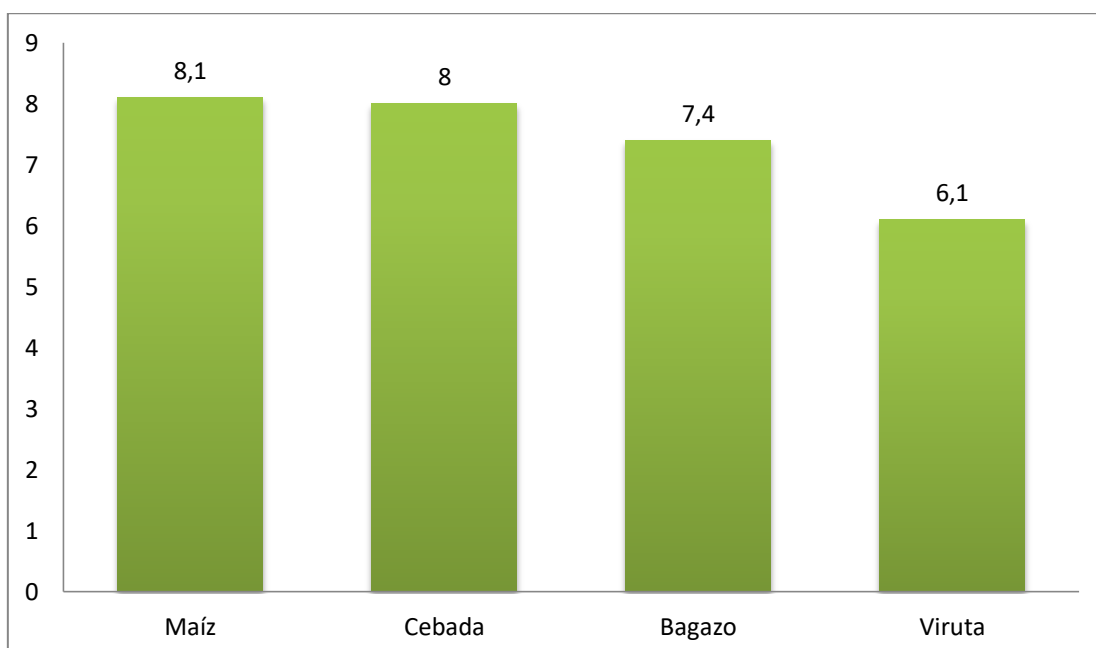
Como se aprecia en la Figura 3 se comparó el tiempo de aparición de primordios durante la segunda cosecha. En el bagazo de caña transcurrieron 26 días hasta la aparición de los primeros brotes de setas, en la viruta de eucalipto este tiempo se extendió 3 días, en el tamo de cebada tardó 30 días y el

sustrato que más tiempo llevó este proceso fue en el tamo de maíz con 34 días.

El tiempo promedio de fructificación o aparición de primordios del hongo *Pleurotus djamor* se encuentra entre 7 a 21 días después de la inoculación (BIOMICELIOS, 2018). Sin embargo, para la segunda cosecha este tiempo se incrementó debido a que parte de los nutrientes de cada sustrato se consumieron durante la primera cosecha y por tanto para la siguiente cosecha los hongos tardaron más tiempo en crecer hasta obtener la cantidad necesaria de nutrientes, además que el factor temperatura también representó un papel importante ya que se evidenció que en días que la temperatura del ambiente disminuyó, las setas tardaron más tiempo en alcanzar su tamaño máximo.

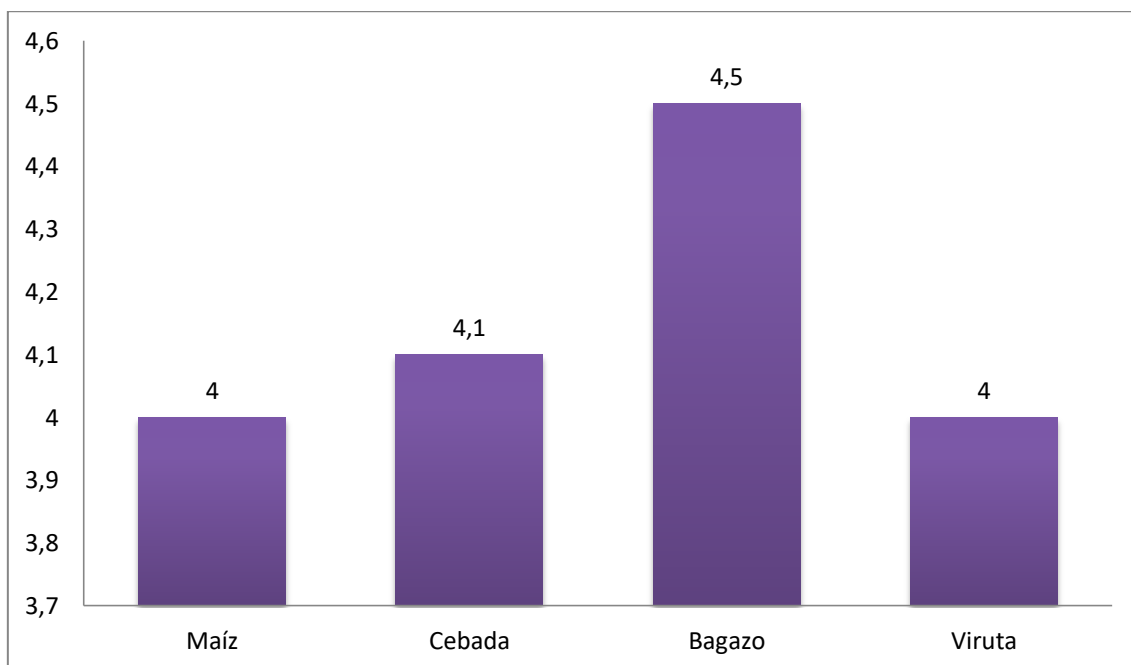
Es importante señalar que durante el desarrollo de la parte experimental del proyecto las muestras inoculadas en los diferentes sustratos no se realizaron al mismo tiempo, es decir que las condiciones de temperatura variaron en pequeñas proporciones debido a que ciertos días la temperatura del ambiente era mayor o menor y, esto influyó en el tiempo de aparición de primordios.

#### 4.1.2 Diámetro (cm) de los basidiomas



**Figura 4:** Diámetro promedio de los basidiomas obtenidos al final de la primera cosecha.

El diámetro de los basidiomas es un indicador de desarrollo morfológico (Martínez, 2014) que permitió identificar fácilmente cuál fue el mejor sustrato. Como se observa en la Figura 4, durante la primera cosecha las setas obtenidas en el tamo de maíz crecieron en promedio 8,1 cm de diámetro, en el tamo de cebada la diferencia de tamaños fue mínima, alcanzando los 8 cm de diámetro, seguidos de las setas cosechadas en viruta con un diámetro de 7,4 cm, mientras que las setas más pequeñas fueron cosechadas de la viruta de eucalipto, con un diámetro promedio de 6,1 cm.



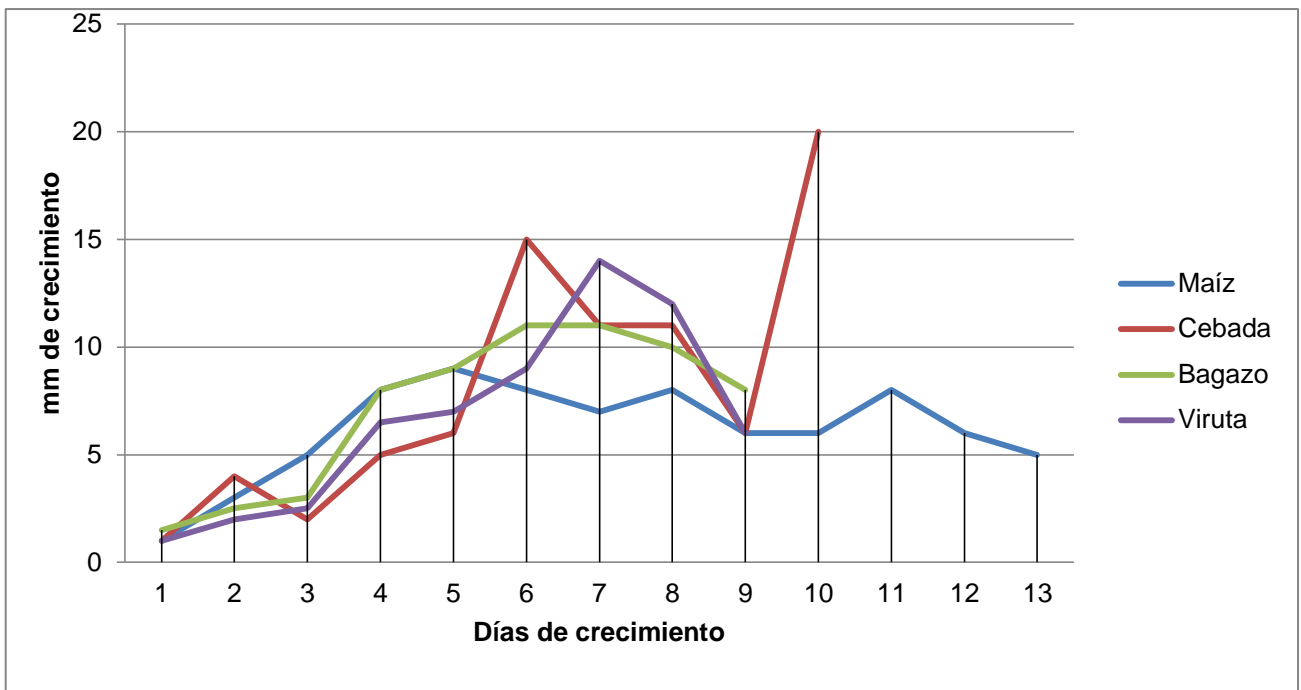
**Figura 5:** Diámetro promedio de los basidiomas obtenidos al final de la segunda cosecha

A través de la Figura 5 se identificó que las setas cosechadas del bagazo de caña crecieron hasta alcanzar un diámetro promedio de 4,5 cm a diferencia de las setas cosechadas en el tamo de maíz y viruta que consiguieron un diámetro de 4 cm en promedio, sin embargo la diferencia de los tamaños registrados no variaron en grandes proporciones.

El tamaño que alcanzaron las setas estuvo influenciado por los nutrientes que contiene cada sustrato, como ya se explicó con anterioridad, además que la temperatura también influyó en este aspecto debido a que era evidente que en días soleados y de mayor temperatura los basidiomas crecían un poco menos,

a diferencia de los días que la temperatura fue ligeramente más baja y por tanto las setas crecieron un poco más, esto se ocasionó debido a que, según datos bibliográficos, la etapa de fructificación de este hongo se produce a 15°C aproximadamente.

#### 4.1.3 Velocidad de crecimiento de los carpóforos

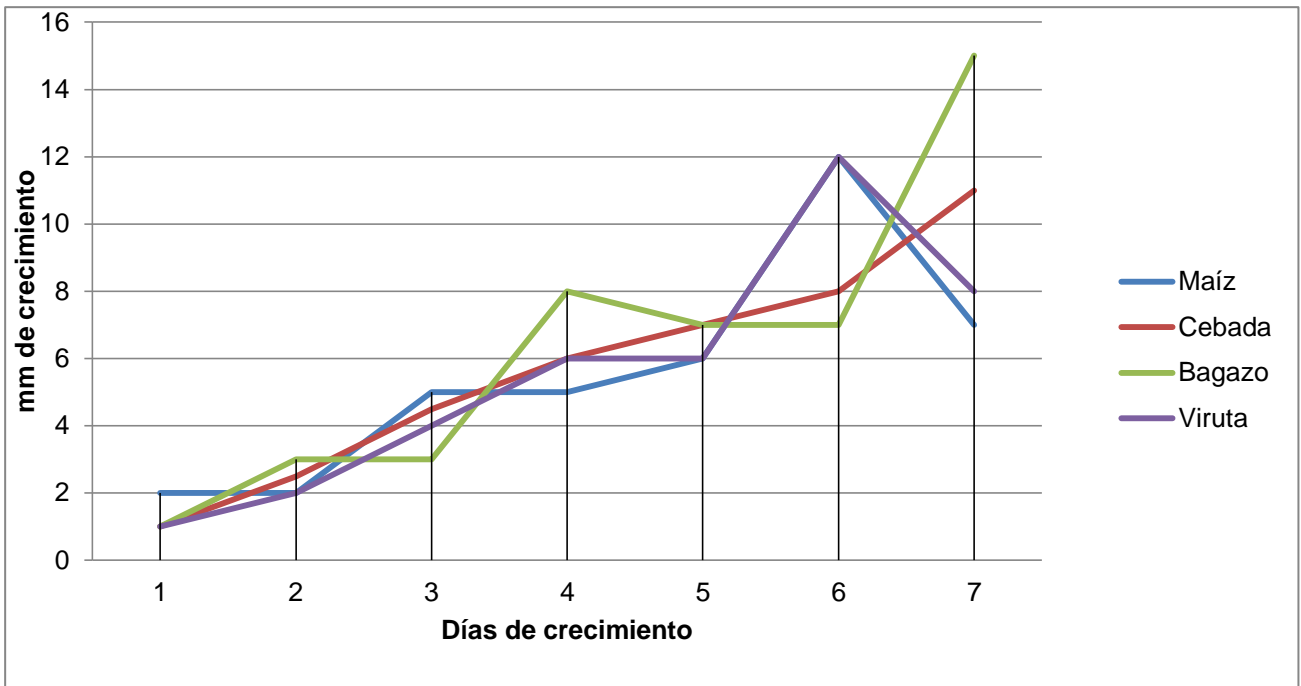


**Figura 6:** Velocidad de crecimiento (mm/día) de los carpóforos durante la primera cosecha.

La Figura 6 representa los días que tardaron las setas en crecer desde que aparecieron como primordios hasta el día de cosecha, además de indicar cuántos mm crecieron los basidiomas por día. Es decir que permitió identificar los días requeridos de crecimiento de las setas de *Pleurotus djamor* hasta alcanzar su tamaño máximo antes de ser cosechados.

Las setas obtenidas en tamo de maíz fueron aquellas que tardaron más días en crecer hasta ser cosechadas, mientras que los hongos del tamo de cebada, bagazo de caña y viruta de eucalipto tuvieron una velocidad de crecimiento similar y mayor a la del tamo de maíz.

Es importante aclarar que este indicador no influye en los porcentajes de rendimiento y eficiencia biológica que son las variables que determinaron cuál fue el mejor sustrato.



**Figura 7:** Velocidad de crecimiento (mm/día) de los carpóforos durante la segunda cosecha

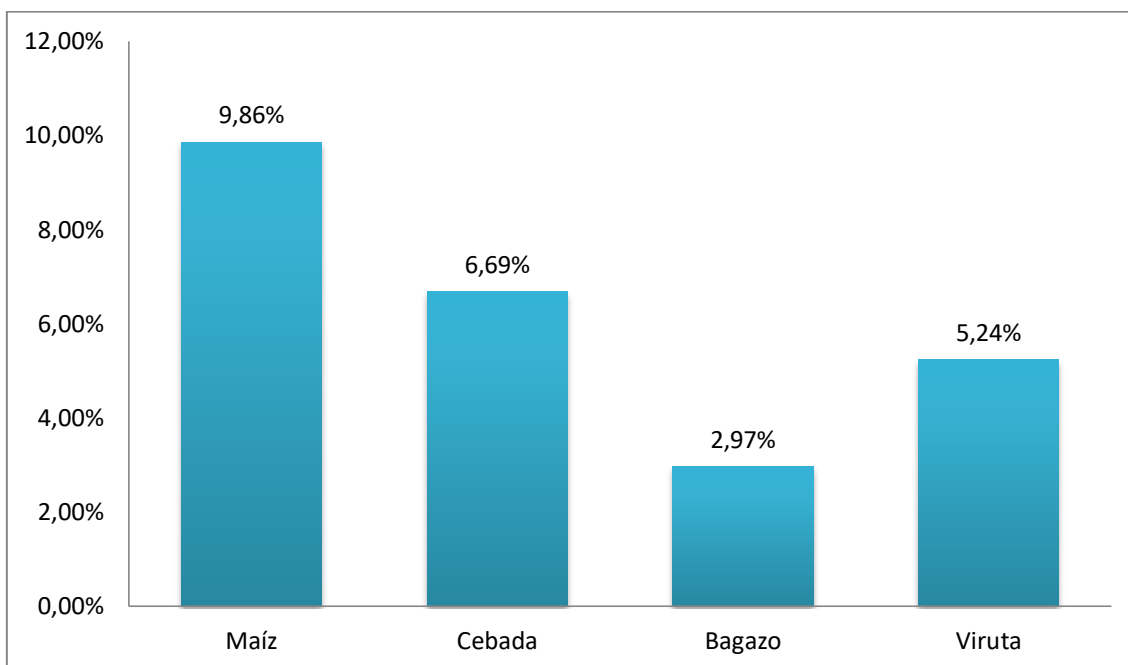
En la Figura 7 se evidenció que la velocidad de crecimiento en todos los sustratos es muy similar para la segunda cosecha, se requirió de 1 semana para que los hongos crezcan y puedan ser cosechados, incluso los diámetros de los basidiomas fueron muy parecidos como se observa en la Figura 5.

La única diferencia es que los picos que se observan indican que en esos días los basidiomas crecieron unos mm más o menos con referencia al día anterior.

Como se describió anteriormente, estos indicadores de crecimiento se encuentran influenciados por factores como la disponibilidad de nutrientes, temperatura y exposición a la luz que influyen directamente en el crecimiento de las setas y es por ello que se hizo énfasis en cada uno de ellos.

#### 4.1.4 Rendimiento en porcentaje

Según Magae et al. (1995), el diámetro de los carpóforos de los hongos producidos por bolsa no es relevante como su peso fresco, ya que lo importante de un sustrato es el rendimiento y la productividad en cuanto al peso fresco que éste pueda generar.



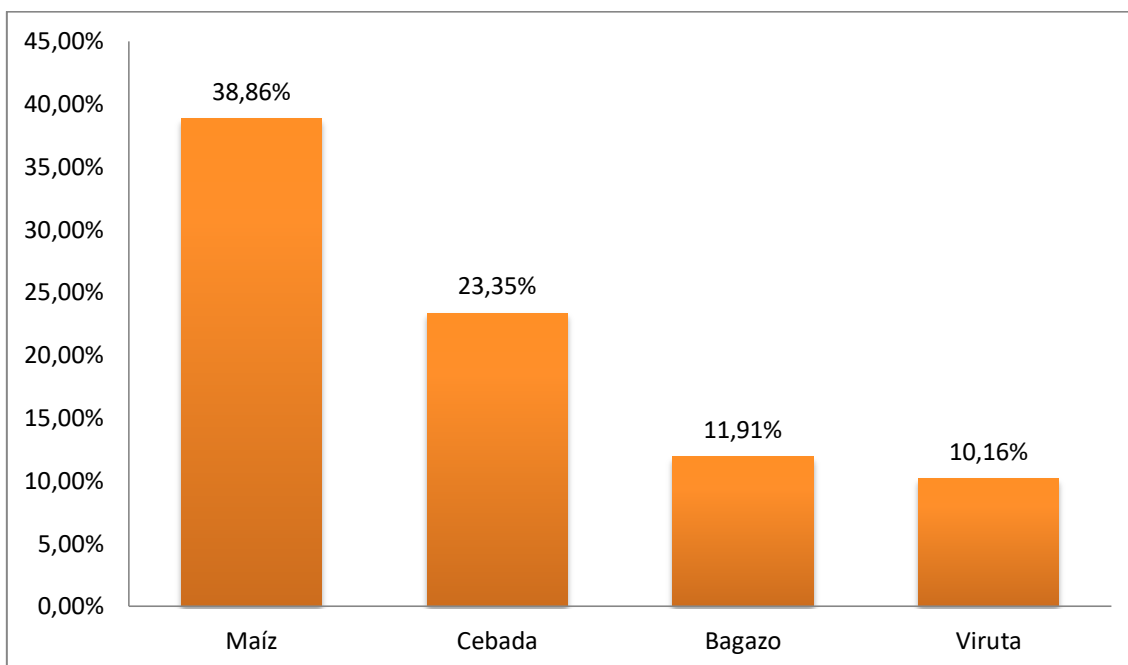
**Figura 8:** Porcentajes de rendimiento obtenidos de la primera y segunda cosecha

En la Figura 8 se identificó que el sustrato que presentó un mayor rendimiento (%) en las dos cosechas fue el maíz con un valor de 9,86 %, sugiriendo que este sustrato es el más idóneo para la producción de setas de *Pleurotus djamor*, mientras que el bagazo de caña fue el sustrato del que se obtuvo el rendimiento más bajo, con un 2,97%. Además, cabe mencionar que en los últimos días de la fase de fructificación (después de la segunda cosecha) se observó la presencia, aunque en muy baja cantidad, de mohos verdes, especialmente en el bagazo de caña, lo cual indica que este sustrato es el menos indicado para la producción de hongo ostra rosado.

Por otra parte, el tamo de cebada tiene un porcentaje de rendimiento del 6.69%. Además este sustrato tiene un costo económico mucho mayor al tamo de maíz, el cual no tuvo ningún valor económico al momento de adquirirlo ya que fue una donación por parte de los agricultores de la zona.

#### 4.1.5 Eficiencia biológica

El porcentaje de eficiencia biológica permite evaluar la producción midiendo el peso en fresco de hongos cosechados sobre el peso del sustrato húmedo por cien en cada uno de los residuos evaluados durante el total de cosechas realizadas (López, Hernández, Suárez y Borrero, 2008).



**Figura 9:** Porcentajes de eficiencia biológica obtenidos de la primera y segunda cosecha

Al comparar los porcentajes de eficiencia biológica para los diferentes sustratos respecto a la primera y segunda cosecha se determinó que el mejor sustrato para el crecimiento y producción del hongo Ostra Rosado (*Pleurotus djamor*) fue el tamo de maíz debido a que alcanzó una eficiencia biológica de 38,86 % considerándose así un sustrato adecuado y eficiente para el cultivo de este hongo. Incluso este porcentaje supera al 22% que se reporta bibliográficamente (BIOMICELIOS, 2018).



#### 4.1.6 Relación costo beneficio

A continuación, en la Tabla 2 se detallan los costos directos que se involucraron en la producción del hongo Ostra Rosado, seguido del cociente calculado de la relación costo beneficio.

**Tabla 2:** Costos directos y ganancias obtenidas en la producción de *Pleurotus djamor* sobre diferentes sustratos

<b>Costos directos</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Unidades</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
<b>Insumos</b>				
Sustrato (tamo de maíz)	Kg	5	0	0
Semillas de trigo	Kg	6	0,60	3,60
Bolsas plásticas	Unidad	50	0,05	2,50
Guantes de nitrilo	Set.	1	2,00	2,00
Guantes de hule	Set.	1	1,25	1,25
Alcohol industrial	L	2	5,60	11,20
Jabón desinfectante	Unidad	1	2,50	2,50
Cal	Kg	1	0,30	0,30
Melaza	Kg	1	0,50	0,50
Hojas de bisturí	Unidad	5	0,40	2,00
Etiquetas	Paquete	1	0,80	0,80
Tanque de gas doméstico	Unidad	1	2,00	2,00
Cinta de embalaje	Unidad	1	1,50	1,50
		<b>TOTAL</b>		<b>30,15</b>

**Costo por tratamiento:** \$7,54

**Ganancias obtenidas del mejor tratamiento:** \$16,00

**Relación costo beneficio:** 2,12

Debido a que se obtuvo una relación costo-beneficio de 2,12 esto indica que el proyecto puede ser considerado porque resulta rentable, sin dejar de considerar que se utilizó al tamo de maíz como sustrato.

## 4.2 Verificación de hipótesis

Con los resultados obtenidos en la parte experimental en cuanto a la incidencia en el rendimiento, la utilización de diferentes sustratos: tamo de cebada, tamo de maíz, bagazo de caña y viruta de eucalipto, para el crecimiento del hongo Ostra Rosado (*Pleurotus djamor*) con respecto a las hipótesis planteadas:

**$H_0 \neq 0$**  La hipótesis nula se rechaza

**$H_a = 0$**  La hipótesis alternativa se acepta

Lo que significa que el uso de diferentes sustratos: tamo de cebada, tamo de maíz, bagazo de caña y viruta de eucalipto para el crecimiento del hongo Ostra Rosado (*Pleurotus djamor*) si inciden en el rendimiento.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Se valoró el crecimiento del hongo Ostra Rosado (*Pleurotus djamor*) sobre formulaciones de sustratos de residuos agroindustriales y forestales de la provincia de Cotopaxi para la producción de setas comestibles en la empresa ASOPROTEC a través de parámetros como la velocidad de crecimiento, diámetro de basidiomas, rendimiento y eficiencia biológica.
- Se identificó el sustrato más eficaz para el crecimiento de setas del hongo Ostra Rosado (*Pleurotus djamor*) que fue el tamo de maíz, se llegó a esta conclusión una vez analizados los parámetros de la velocidad de crecimiento, rendimiento y eficiencia biológica.
- Se determinó la velocidad de crecimiento de los carpóforos de las setas de *Pleurotus djamor* obtenido sobre los diferentes sustratos. Estos datos se obtuvieron de la medición diaria de los carpóforos durante la fase de fructificación.
- Se calculó el rendimiento y la eficiencia biológica en la producción de setas de *Pleurotus djamor* sobre los diferentes sustratos. A través de los porcentajes obtenidos se identificó al tamo de maíz como el mejor sustrato ya que el porcentaje de rendimiento y eficiencia biológica fue de 9,86% y 38,86%, respectivamente.
- Se estableció la relación costo beneficio de la producción del hongo *Pleurotus djamor* obtenido del sustrato más eficaz que fue el tamo de maíz. El factor obtenido fue de 2,12 lo que indica que el proyecto es viable y rentable.

## 5.2 Recomendaciones

- Verificar que la cepa que se va a utilizar en la inoculación se encuentre 100% viable.
- Investigar una alternativa para el Benomyl que ayuda en el control de la aparición del moho verde sobre las semillas y sustratos inoculados.
- Maximizar la inocuidad de los lugares de incubación de la semilla y sustratos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcívar, M. y Vera, V. (2013). *Aislamiento de bacterias celulolíticas a diferentes profundidades en plantación de teca (*Tectona grandis*) y pechiche (*Vitex gigantea*)* (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, Calceta, Ecuador.
- Banco Mundial. (2015). Prevalencia de desnutrición (% de la población). Recuperado de <https://datos.bancomundial.org/indicador/SN.ITK.DEFC.ZS?view=chart>
- BIOMICELIOS. (2018). CCL18. Recuperado de <http://biomicelios.com/ccl18/>
- Carvajal, G. (2010). *Evaluación de la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* sobre cinco tipos de sustrato (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 grado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ibarra, Ecuador.
- Castillo, F., Rodríguez, R., Prieto, F. y Román, A. (2012). Caracterización Física y Química Proximal de Paja, Grano y Almidón de Cebada de la Variedad Esmeralda. *BioTecnología*, 16 (3), 9-20.
- Centro Internacional de Agricultura Orgánica (CIAO). (2001). *Manual: Producción Casera de Hongos Comestibles *Pleurotus spp.** Colombia. pp 6.
- Chávez, L. (22 de febrero de 2013). La ganadería en Ecuador [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://ganaderiaecuador.blogspot.com/>
- FAO. (2017). Ganadería sostenible y cambio climático en América Latina y el Caribe. Recuperado de <http://www.fao.org/americas/perspectivas/ganaderia-sostenible/es/>
- FEP. (2017). *La cría de ganado para “carne”*. Recuperado de <http://www.foodispower.org/es/la-cria-de-ganado-para-carne/>
- France, A., Cañumir, J. y Cortez, M. (2000). *Producción de Hongos Ostra*. Chillán, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- Gaitán-Hernández, R., Salmones, D., Merlo, R. P., & Mata, G. (2002). Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción. *Instituto de Ecología, Xalapa, Ver. México*.

- García, A. (15 de noviembre de 2010). Características de los hongos [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://conomedioblog.blogspot.com/2010/11/>
- García, M. (1985). *Nuevas técnicas del cultivo del Pleurotus ostreatus*. Madrid, España.
- García-Oduardo, N.; Bermúdez-Savón, R.C. y Serrano-Alberni, M. (2011). Formulaciones de sustratos en la producción de setas comestibles *Pleurotus*. *Tecnología Química*, XXXI (3), 15-22
- Garzón, J. y Cuervo, J. (2008). Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. *NOVA*, 6 (10), 126-140. Páginas
- Gómez, F. (2003). Desnutrición. *salud pública de méxico*, 45, 576-582.
- Gómez, H. (6 de febrero de 2010). Importancia de los hongos [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://bios0910.blogspot.com/2010/02/importancia-de-los-hongos.html>
- Jiménez, L. (2009). *Evaluación de cinco sustratos complementarios a la pulpa de café para el cultivo de hongo comestible (Pleurotus ostreatus) en el Municipio de San Ildefonso Ixtahuacán, Huehuetenango* (Tesis de grado). Universidad Rafael Landívar, Quetzaltenango Guatemala.
- Juste, A. (26 de octubre de 2014). Comer setas ¿es bueno para nuestra salud? [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://libredelacteos.com/alimentacion/comer-setas-es-bueno-para-nuestra-salud/>
- León, C. J. C. (2011). *Seguridad Alimentaria en Ecuador Desde un Enfoque de Acceso a Alimentos*: Flacso-Sede Ecuador.
- Loor, B. (2014). *Estudio de factibilidad para la industrialización de hongos comestibles en la provincia del Guayas* (tesis de grado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- López, C., Hernández, R., Suárez, C. y Borrero, M. (2008). Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. Recuperado de <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/1417/44>

- Magae, Y., Kakimoto, Y., Kashiwagi, Y., Sasaki, T. (1995). *Fruting body formation from regenerated mycelium of Pleurotus ostreatus protoplasts. Applied and environmental Microbiology*.49: 441-442.
- Martínez, D., Curveto, N., Sobal, M., Morales, P. y Mora, V. (2010). Hacia un desarrollo sostenible del sistema de producción-consumo de los hongos comestibles y medicinales en Latinoamérica: Avances y Perspectivas en el Siglo XXI. Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales. Puebla. México.
- Martínez, D., Sobal, M., Morales, P., Martínez, W., Martínez, M. y Mayett, Y. (2004). *Los hongos comestibles: propiedades nutricionales, medicinales, y su contribución a la alimentación mexicana*. Recuperado de <http://hongoscomestiblesymedicinales.com/P/P/25.pdf>
- Martínez, D. (2014). *Producción de tres especies de Pleurotus spp. utilizando diferentes sustratos; Nuevo Progreso, San Marcos* (Tesis de grado). Universidad Rafael Landívar, Coatepeque, Guatemala.
- Moreno, G. (1986). *Generalidades de los hongos*. Universidad de Alcalá, Madrid, España.
- Murray, P., Rosenthal, K. y Pfaller, M. (2009). *Microbiología médica*. Barcelona, España. Elsevier España.
- Omen, R., Martínez, C. y Morales, S. (2013). Evaluation of agricultural waste as substrate for the production of *Pleurotus ostreatus*. *Luna Azul*, (37), 89-100
- Paz, M. (2004). *Aspectos principales sobre producción y comercialización de hongos Girgolas*. Recuperado de [https://issuu.com/mauretoo/docs/manual\\_girgolas](https://issuu.com/mauretoo/docs/manual_girgolas)
- Pedraza, D. F. (2003). *Seguridad alimentaria familiar*.
- Peñafiel, S., Brito, G., Muñoz, G., Zabala, A. y Chafía, A. (2015). Utilización de residuos agroindustriales para la producción de proteína microbiana. *European Scientific Journal*, 11(27), 201.
- Pérez, R. (2008). El lado oscuro de la ganadería. *Problemas del desarrollo*, 39(154), 217-22
- Popoff, O. y González, A. (2007). *Reino Fungi*. Recuperado de <http://www.biologia.edu.ar/fungi/fungi.htm>

- Romero, J.; Rodríguez, M.; Pérez, R. (2000). *Pleurotus ostreatus. Importancia y tecnología del cultivo*. Grupo de Nutrición, Departamento de Física-Química, Facultad de Mecánica Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez. Cuatro caminos. Ciudad de Cienfuegos. Cuba.
- Rodríguez, G. (2007). Cultivo de hongos comestibles (Ed). *Fruticultura & Diversificación* (pp. 10-12). Río Negro, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Sánchez Palacios, A. (2015). *Producción de hongos comestibles del género Pleurotus a partir de los residuos vegetales provenientes de la plaza de mercado del municipio de Quibdó* (Tesis de pregrado). Universidad de Manizales, Colombia.
- Staments, P. (1993). *Growing gourmet and medicinal mushrooms*. Oregon, Estados Unidos.
- Wilches, J. (2014). *Valoración y crecimiento de hongos comestibles nutraceuticos y nutricéticos en sustratos agroindustriales del Valle del Cauca* (tesis de maestría). Universidad de Manizales, Manizales, Colombia.
- Zurbano, L., Bellere, A. y Savilla, L. (2017). *Mycelial Growth, Fruiting Body Production and Proximate Composition of Pleurotus djamor on Different Substrate*. doi: 10.22137/ijst.2017.v2n1.03



## ANEXOS

**Anexo 1:** Cepa de *Pleurotus djamor*



**Anexo 2:** Semilla colonizada por micelio de *Pleurotus djamor*



**Anexo 3:** Pesado del material vegetal



**Anexo 4:** Picado del material vegetal



**Anexo 5:** Hidratación del material vegetal



**Anexo 6:** Tanques para pasteurización del sustrato



**Anexo 7:** Colocación de sustratos en la cama de enfriamiento



**Anexo 8:** Elaboración de las unidades experimentales



**Anexo 9:** Aparición de primordios



-

**Anexo 10:** Medición de los basidiomas



**Anexo 11: Cosecha de las setas**



**Anexo 12: Pesaje de las setas.**



**Anexo 13: Setas obtenidas del tamo de maíz durante la primera cosecha**



**Anexo 14:** Contaminación por moho verde



**Anexo 15:** Tiempo (días) de aparición de primordios para la primera y segunda cosecha

	<b>Tamo de maíz</b>	<b>Tamo de cebada</b>	<b>Bagazo de caña</b>	<b>Viruta de eucalipto</b>
<b>1ª Cosecha</b>	20	23	28	22
<b>2ª Cosecha</b>	34	26	30	29

**Anexo 16:** Promedio del diámetro (mm) de basidiomas obtenidos en la primera cosecha

<b>Días</b>	<b>Tamo de maíz</b>	<b>Tamo de cebada</b>	<b>Bagazo de caña</b>	<b>Viruta de eucalipto</b>
<b>1</b>	1	1	1	1
<b>2</b>	2	2	2,5	2
<b>3</b>	5	6	5	4
<b>4</b>	10	8	8	6,5
<b>5</b>	18	13	16	13
<b>6</b>	27	19	25	20
<b>7</b>	35	34	34	29
<b>8</b>	42	44	45	43
<b>9</b>	50	54	56	55
<b>10</b>	56	60	66	61
<b>11</b>	62	80	74	-
<b>12</b>	70	-	-	-
<b>13</b>	76	-	-	-
<b>14</b>	81	-	-	-

**Anexo 17:** Promedio del diámetro (mm) de basidiomas obtenidos en la segunda cosecha

<b>Días</b>	<b>Tamo de maíz</b>	<b>Tamo de cebada</b>	<b>Bagazo de caña</b>	<b>Viruta de eucalipto</b>
<b>1</b>	1	1	1	1
<b>2</b>	3	2	2	2
<b>3</b>	5	4,5	5	4
<b>4</b>	10	9	8	8
<b>5</b>	15	15	16	14
<b>6</b>	21	22	23	20
<b>7</b>	33	30	30	32
<b>8</b>	40	41	45	40

**Anexo 18:** Pesos de hongos frescos (g) de la primera y segunda cosecha

	<b>Tamo de maíz</b>	<b>Tamo de cebada</b>	<b>Bagazo de caña</b>	<b>Viruta de eucalipto</b>
1ª cosecha	1487	1090	24	893
2ª cosecha	456	260	584	237
<b>TOTAL</b>	<b>1943</b>	<b>1350</b>	<b>608</b>	<b>1130</b>

**Anexo 19:** Rendimientos obtenidos de la primera y segunda cosecha

<b>Tamo de maíz</b>	<b>Tamo de cebada</b>	<b>Bagazo de caña</b>	<b>Viruta de eucalipto</b>
9.86%	6.69%	2.97%	5.24%

**Anexo 20:** Eficiencia biológica obtenida de la primera y segunda cosecha

<b>Tamo de maíz</b>	<b>Tamo de cebada</b>	<b>Bagazo de caña</b>	<b>Viruta de eucalipto</b>
38.86%	23.35%	11.91%	10.16%