



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,  
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Evaluación del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en tuzas de maíz y  
viruta de pino, en el cantón Cuenca.**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTOR: THALÍA BELÉN OCHOA FAJARDO**

**DIRECTOR: DR. MANUEL ALVAREZ VERA., Ph.D.**

**MATRIZ CUENCA**

**2019**

## DECLARACIÓN

Yo, Thalía Belén Ochoa Fajardo, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximo expresamente a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normatividad institucional vigente.

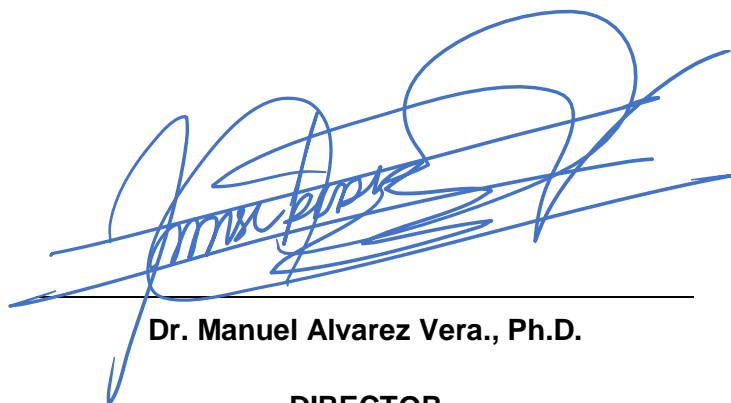


---

**Thalía Belén Ochoa Fajardo**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo de titulación denominado “Evaluación del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en tuzas de maíz y viruta de pino, en el cantón Cuenca” fue desarrollado por la Srta. Thalía Belén Ochoa Fajardo, bajo mi supervisión.



---

**Dr. Manuel Alvarez Vera., Ph.D.**

**DIRECTOR**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por haberme permitido obtener un logro más en mi vida y otorgarme salud, sabiduría y entendimiento para poder cumplir con mi investigación.

A mi familia por ser un pilar fundamental en mi vida y todo el amor que me han sabido dar.

A la Universidad Católica de Cuenca por ser parte de mi formación y forjarme como una ciudadana de buenos valores.

A mi director de Tesis, el Dr. Manuel Alvarez Vera, por haberme transmitido sus conocimientos y todo el tiempo dedicado a la corrección y revisión de mi trabajo.

Un agradecimiento especial a mi profesor, el Ing. Jorge Castillo Guevara, por siempre brindarme ánimos y su apoyo, en diferentes inconvenientes que se me han presentado.

A mi amiga, Yuliana Zambrano, con quien he compartido a lo largo de mi carrera universitaria, gracias por su afecto y amistad.

Y finalmente a todas aquellas personas que han contribuido para que pueda realizar este estudio y alcanzar una meta más en mi vida.

## **DEDICATORIA**

A mi madre Edma Fajardo Durán, por todo su esfuerzo impresionante y su amor invaluable, por ser ejemplo de perseverancia, valentía, paciencia y comprensión. Su apoyo incondicional ha sido clave en la culminación de esta investigación.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN .....	i
AGRADECIMIENTOS .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	v
LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE TABLAS .....	xi
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1    Objetivos.....	2
1.1.1    Objetivo general.....	2
1.1.2    Objetivos específicos.....	2
CAPÍTULO II.....	3
2. MARCO TEÓRICO .....	3
2.1    Hongos ostra u orellanas .....	3
2.1.1    Clasificación taxonómica .....	4
2.1.2    Ciclo de vida.....	4
2.1.3    Valor nutritivo.....	5
2.1.4    Requerimientos nutricionales.....	6
2.1.5    Usos .....	7
2.1.6    Etapas del cultivo.....	8

a.	Inoculación.....	8
b.	Incubación.....	9
c.	Fructificación.....	9
d.	Cosecha.....	10
2.1.7	Condiciones ambientales para el cultivo del hongo ostra.....	10
a.	Temperatura.....	10
b.	pH.....	11
c.	Humedad.....	11
d.	Iluminación.....	11
e.	Ventilación.....	12
2.1.8	Contaminación por plagas en hongos ostra.....	12
2.1.9	Cultivo de hongos comestibles en el Ecuador.....	7
2.2	Agroindustria.....	13
2.2.1	Contaminación ambiental causada por residuos agroindustriales.....	14
2.2.2	Residuos agroindustriales usados en el cultivo de hongos ostra.....	15
a.	Tuzas de maíz ( <i>Zea mays</i> ).....	16
b.	Viruta de pino ( <i>Pinus radiata</i> ).....	16
2.2.3	Composición de los residuos agroindustriales (sustratos).....	17
a.	Celulosa.....	17
b.	Hemicelulosa.....	17
c.	Lignina.....	18
CAPÍTULO III.....		19
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1	Localización.....	19

3.2	Tratamientos.....	19
3.3	Análisis estadístico aplicado .....	19
3.4	Adecuación del área de cultivo .....	20
3.5	Preparación del sustrato .....	21
3.6	Esterilización .....	22
3.7	Inoculación o siembra .....	22
3.8	Incubación .....	24
3.9	Fructificación .....	25
3.10	Cosecha .....	27
3.11	Variables de respuesta .....	28
3.11.1	Tiempo de brotación de primordios.....	28
3.11.2	Diámetro del carpóforo .....	28
3.11.3	Cantidad de cuerpos fructíferos por tratamiento .....	28
3.11.4	Peso total de los hongos por tratamiento .....	28
3.11.5	Eficiencia biológica .....	28
3.11.6	Rendimiento .....	29
CAPÍTULO IV .....		30
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	30
4.1	Tiempo de brotación de primordios en los hongos ostra .....	30
4.2	Diámetro del carpóforo en los hongos ostra.....	32
4.3	Peso en los hongos ostra .....	35
4.4	Cantidad de cuerpos fructíferos en los hongos ostra .....	38
4.5	Eficiencia biológica en los hongos ostra.....	41
4.6	Rendimiento en los hongos ostra.....	44

CAPÍTULO V .....	47
5. CONCLUSIONES.....	47
CAPÍTULO VI .....	49
6. RECOMENDACIONES.....	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
ANEXOS.....	57

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Morfología del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	3
<b>Figura 2:</b> Ciclo vital de los hongos ostra.....	5
<b>Figura 3:</b> Ilustración de la distribución de las unidades experimentales .....	20
<b>Figura 4:</b> Sustrato de tuzas de maíz fragmentadas .....	21
<b>Figura 5:</b> Sustrato de viruta de pino ( <i>Pinus radiata</i> ) .....	21
<b>Figura 6:</b> Esterilización de los sustratos .....	22
<b>Figura 7:</b> Determinación del peso de la semilla de <i>P. ostreatus</i> .....	23
<b>Figura 8:</b> Determinación del peso del sustrato (tuza de maíz).....	23
<b>Figura 9:</b> Inoculación de la semilla en el sustrato .....	24
<b>Figura 10:</b> Mesa de madera con tres repisas .....	24
<b>Figura 11:</b> Sustratos invadidos por el micelio .....	25
<b>Figura 12:</b> Aparición de primordios en el sustrato viruta de pino con tuza de maíz ...	26
<b>Figura 13:</b> Riego con aspersor en las bolsas de sustrato. ....	26
<b>Figura 14:</b> Fructificación del hongo <i>P. ostreatus</i> en el sustrato de viruta de pino con tuza de maíz .....	27
<b>Figura 15:</b> Determinación del peso de los carpóforos .....	28
<b>Figura 16:</b> Análisis del tiempo de brotación de primordios en el hongo <i>P. ostreatus</i> mediante boxplot .....	31
<b>Figura 17:</b> Análisis del diámetro del carpóforo del hongo <i>P. ostreatus</i> mediante boxplot .....	34
<b>Figura 18:</b> Análisis del diámetro del carpóforo del hongo <i>P. ostreatus</i> mediante gráficas de interacción .....	34
<b>Figura 19:</b> Análisis del peso del hongo <i>P. ostreatus</i> mediante boxplot.....	37
<b>Figura 20:</b> Análisis del peso del hongo <i>P. ostreatus</i> mediante gráficas de interacción .....	37

<b>Figura 21:</b> Análisis de la cantidad de cuerpos fructíferos del hongo <i>P. ostreatus</i> mediante boxplot .....	40
<b>Figura 22:</b> Análisis de la cantidad de cuerpos fructíferos del hongo <i>P. ostreatus</i> mediante gráficas de interacción.....	41
<b>Figura 23:</b> Análisis de la eficiencia biológica del hongo <i>P. ostreatus</i> mediante boxplot .....	43
<b>Figura 24:</b> Análisis del rendimiento del hongo <i>P. ostreatus</i> mediante boxplot .....	45

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Clasificación taxonómica del hongo ostra. ....	4
<b>Tabla 2:</b> Contenido Nutricional del hongo comestible <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	6
<b>Tabla 3:</b> Temperaturas mortales para agentes perjudiciales que atacan al hongo ostra .....	8
<b>Tabla 4:</b> Diversas condiciones ambientales en las etapas de producción del hongo ostra. .....	12
<b>Tabla 5:</b> Composición química de la tuza de maíz.....	16
<b>Tabla 6:</b> Composición química del pino ( <i>Pinus radiata</i> ).....	17
<b>Tabla 7:</b> Proporciones de sustratos utilizados los tratamientos.....	19
<b>Tabla 8:</b> Tiempo de brotación de primordios de cada tratamiento .....	30
<b>Tabla 9:</b> Análisis descriptivo estadístico del tiempo de brotación de primordios .....	30
<b>Tabla 10:</b> ANOVA para la variable brotación de primordios en tres tratamientos diferentes.....	30
<b>Tabla 11:</b> Diámetro del carpóforo de cada tratamiento .....	32
<b>Tabla 12:</b> Análisis descriptivo estadístico del diámetro del carpóforo con dos cosechas .....	32
<b>Tabla 13:</b> Análisis descriptivo estadístico del diámetro del carpóforo en tres cosechas .....	32
<b>Tabla 14:</b> Estadístico de prueba de una tabla ANOVA para la variable diámetro del carpóforo .....	33
<b>Tabla 15:</b> ANOVA para la variable diámetro del carpóforo en los tratamientos y sus cosechas .....	33
<b>Tabla 16:</b> Peso de los hongos de cada tratamiento .....	35
<b>Tabla 17:</b> Análisis descriptivo estadístico del peso de los hongos con dos cosechas.	35
<b>Tabla 18:</b> Análisis descriptivo estadístico del peso de los hongos con tres cosechas.	36

<b>Tabla 19:</b> Estadístico de prueba de una tabla ANOVA para la variable peso del hongo .....	36
<b>Tabla 20:</b> ANOVA para la variable peso del hongo en los tratamientos y sus cosechas .....	36
<b>Tabla 21:</b> Número de cuerpos fructíferos en cada tratamiento .....	38
<b>Tabla 22:</b> Análisis descriptivo estadístico de la cantidad de cuerpos fructíferos con dos cosechas .....	39
<b>Tabla 23:</b> Análisis descriptivo estadístico de la cantidad de cuerpos fructíferos con tres cosechas .....	39
<b>Tabla 24:</b> Estadístico de prueba de una tabla ANOVA para la variable cantidad de cuerpos fructíferos .....	39
<b>Tabla 25:</b> ANOVA para la variable cantidad de cuerpos fructíferos en los tratamientos y sus cosechas.....	40
<b>Tabla 26:</b> Eficiencia biológica (%) de cada tratamiento. ....	41
<b>Tabla 27:</b> Análisis descriptivo estadístico de la eficiencia biológica .....	42
<b>Tabla 28:</b> ANOVA para la variable eficiencia biológica en tres tratamientos diferentes .....	42
<b>Tabla 29:</b> Rendimiento (%) de cada tratamiento.....	44
<b>Tabla 30:</b> Análisis descriptivo estadístico del rendimiento de los hongos .....	44
<b>Tabla 31:</b> ANOVA para la variable rendimiento en tres tratamientos diferentes.....	45

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Fotografías de los sustratos: viruta de pino, tuza de maíz y mezcla de viruta de pino con tuza de maíz utilizados en el cultivo del hongo <i>P. ostreatus</i> .....	57
<b>Anexo 2:</b> Fotografías de la adecuación del área de cultivo .....	57
<b>Anexo 3:</b> Fotografías de la Inoculación de la semilla <i>P. ostreatus</i> en el sustrato.....	57
<b>Anexo 4:</b> Fotografías de la expansión del micelio en el sustrato .....	58
<b>Anexo 5:</b> Fotografías de la aparición de primordios en los sustratos: viruta de pino, tuza de maíz y mezcla de viruta de pino con tuza de maíz .....	58
<b>Anexo 6:</b> Fotografías de la fructificación del hongo <i>P. ostreatus</i> en los sustratos: viruta de pino, tuza de maíz y mezcla de viruta de pino con tuza de maíz.....	58
<b>Anexo 7:</b> Fotografía de la determinación de la cantidad de cuerpos fructíferos.....	59
<b>Anexo 8:</b> Fotografía de la determinación del diámetro del carpóforo.....	59
<b>Anexo 9:</b> Fotografía de la determinación del peso de los hongos .....	59

## RESUMEN

Se evaluaron dos residuos de origen agrícola y forestal (tuzas de maíz y viruta de pino), como sustratos para el crecimiento y producción del hongo *Pleurotus ostreatus*. Se establecieron tres tratamientos: T1: tuzas de maíz, T2: viruta de pino y T3: una mezcla de tuzas de maíz y viruta de pino, cada uno con 4 repeticiones; los sustratos evaluados fueron empacados en bolsas transparentes, con 2 kg de sustrato húmedo y se inocularon con 200 g de semillas de *Pleurotus ostreatus*, en un área completamente aséptica. Posteriormente fueron colocados en el sitio de incubación y fructificación, que presentaron las condiciones ambientales adecuadas para el correcto desarrollo del hongo. El diseño experimental fue de bloques completamente al azar (DBCA), y se midieron las variables: brotación de primordios, cantidad de cuerpos fructíferos, diámetro del carpóforo, peso de los hongos, eficiencia biológica y rendimiento. Los resultados obtenidos mostraron que la más alta productividad obtuvo el sustrato T3, compuesto por una mezcla de viruta de pino y tuzas de maíz, con una eficiencia biológica de 49,97% y un diámetro del sombrero de 5,72 cm; mientras que en los otros sustratos el porcentaje de eficiencia biológica fue de 39,57% para T2, tuzas de maíz, y el más bajo para T1, viruta de pino, con 27,54%. Se concluye que todos los sustratos empleados, son aptos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

**Palabras clave:** hongos ostra; cultivos; residuos; eficiencia biológica.

## ABSTRACT

Two residues from agricultural and forestry (maize husks and pine shavings) were evaluated as substrates for the grown and production of the fungus *Pleurotus ostreatus*. Three treatment were established; T1 maize husks, T2 pine shavings a mixture of maize husks and pine shavings each one with four repetitions the evaluated substrates were packet in transparent bags with 2kg of wet substrate and 200 g of *Pleurotus ostreatus* seeds were inoculated in an aseptic space. Then they were placed in an incubation and fruition area, there were right environmental conditions for the correct development of the fungus. The experimental design was randomized blocks (DBCA) and it measured the variables: beginning sprouting, fruiting bodies, carpophore diameter, fungus weight, performance and biological efficiency. The results showed that the highest productivity was gotten in substrate T3, it was a mixture of maize husks and pine shavings with a biological efficiency of 49.97% and an open cap diameter of 5.72cm, while that the others substrates the percentage of biological efficiency was 39,57% for T2 maize husks, and the lowest was for T1 pine shavings with 27,54%. It is concluded that all the substrates are suitable for the *Pleurotus ostreatus* crop.

**Key words:** *Pleurotus ostreatus*, crops, residues, biological efficiency.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

En los sectores agrícola y forestal se originan desechos orgánicos entre los cuales se encuentran, las tuzas de maíz y la viruta de madera, que no tienen un manejo adecuado en su disposición final y ningún valor comercial; por lo general las industrias productoras prefieren abandonar estos residuos en terrenos baldíos, basureros, ríos y quebradas, e incluso proceden a quemarlos (Sarmiento, 2011), generando emisiones contaminantes al medio ambiente; además la degradación de estos subproductos es muy lenta lo que contribuye al calentamiento global.

Las tuzas de maíz y la viruta de madera están compuestas por materiales lignocelulósicos; su degradación en la naturaleza es causada por diferentes bacterias, y por distintos tipos de hongos entre los cuales tenemos: *Ganoderma*, *Trametes*, *Fomes*, *Polyporus*, *Pleurotus*, etc.; este último es uno de los hongos más reconocidos e investigados, ya que se desarrolla fácilmente sobre desechos ricos en fibras o de carácter leñoso (Delfín & Duran, 2003). Una vez que crecen los hongos, el sustrato en el que se desarrollan es degradado y puede ser utilizado como abono orgánico para el cultivo de hortalizas y plantas, mediante técnicas de composteo y vermicomposteo, además regenera la calidad del suelo (Velasco, 2004).

*Pleurotus spp.*, es un hongo comestible, conocido comúnmente como hongo ostra u orellana, es semianaeróbico y genera grandes cantidades de proteína de excelente calidad en sustratos constituidos de materiales residuales, con mayor eficiencia en aquellos que contienen lignocelulosa como tuzas, pajas, cáscaras, etc.; a nivel nutricional contiene, entre 0,9% a 1,8% de grasas, 11,9% de fibra, 26% de proteína y 57% a 61% de carbohidratos, también posee vitaminas como la tiamina B1, B12, niacina, vitamina C y minerales como calcio, fósforo y potasio (Barros *et al.*, 2008).

La siembra de *Pleurotus ostreatus* constituye una alternativa de producción más limpia debido a que poseen la capacidad metabólica de formar enzimas lignolíticas que intervienen en la degradación de la lignina, una sustancia natural e insoluble que forma parte de la lignocelulosa, la cual impide el aprovechamiento de componentes ricos en azúcares como la celulosa y hemicelulosa (Feng *et al.*, 2011).

La importancia de este estudio se basa en la producción de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*) sobre desechos agroindustriales, de manera que sirvan como una importante fuente de alimento de alto valor nutricional y aprovechar los subproductos de las cosechas y de la madera como sustratos para su desarrollo.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo general.**

- Evaluar el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* sobre tusas de maíz y viruta de pino en el cantón Cuenca.

### **1.1.2 Objetivos específicos.**

- Establecer el período de aparición inicial de primordios en cada uno de los sustratos.
- Determinar en que sustrato se da la mayor cantidad de cuerpos fructíferos.
- Identificar las características principales de la cosecha y establecer su rendimiento.

## CAPÍTULO II

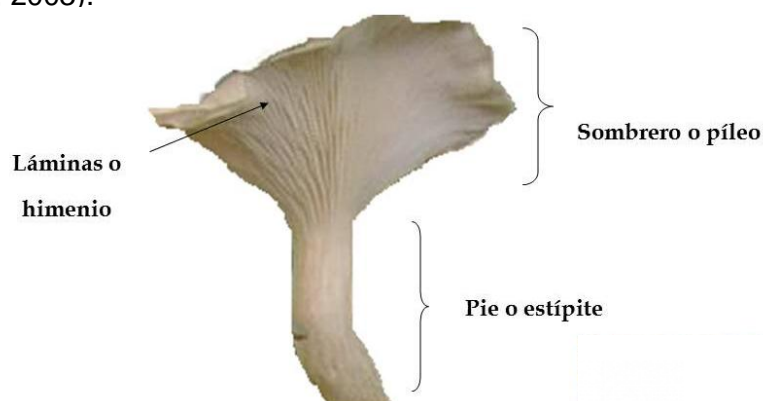
### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Hongos ostra u orellanas

La palabra *Pleurotus* proviene del griego “pleuro” que quiere decir formado lateralmente o en posición lateral, y del latín “ostreatus” que significa en forma de ostra refiriéndose principalmente al color del cuerpo fructífero y a su apariencia (Staments, 2000). Es denominado también como champiñón ostra, hongo seta, hongo oreja u orellanas, esto se debe a sus características como: su color blanco, gris o pardo y el aspecto de su carpóforo o sombrero que tiene forma redondeada y una superficie lisa (Woo Kang, 2005).

Se trata de setas saprófitas o parásitos débiles (Staments, 2000) que crecen especialmente sobre residuos leñosos o vegetales fibrosos que contienen niveles elevados de celulosa y lignina; estas sustancias son de vital importancia ya que estimulan el desarrollo de las setas (Garzón & Cuervo, 2008), según sea el tipo de especie pueden variar su color; desde tonalidades blancas, grises hasta rosadas y azuladas, sin embargo el de mayor adaptación es el de color blanco (Woo Kang, 2005).

Presenta estructuras básicas como el píleo también denominado sombrero o carpóforo que posee forma de sombrilla y mide de 4 a 15 cm de diámetro, el estípite también llamado pie o eje que es corto, el himenio que se encuentra en la cara inferior del píleo y son laminillas que van desde el centro hasta la contorno del sombrero, como se pueden apreciar en la Figura 1 (Guzmán & Mata, 1993) y las basidiosporas que están situadas en la laminilla al final del basidio y son los componentes reproductores de los hongos que constituye el micelio primario el cual mediante un proceso de plasmogénesis (fusión de hifas) forman el micelio secundario y se utiliza para la generación del hongo (Barbado, 2003).



**Figura 1:** Morfología del hongo *Pleurotus ostreatus*  
**Fuente:** Martínez (2013)

### 2.1.1 Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica del hongo *Pleurotus ostreatus* de acuerdo a Cruz *et al.* (2010), se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1:** Clasificación taxonómica del hongo ostra.

Reino	Fungi
Filo	Basidiomycota
Clase	Homobasidiomycetes
Orden	Agaricales
Familia	Pleurotaceae
Genero	Pleurotus
Especie	P. ostreatus

**Fuente:** Cruz *et al.* (2010)

### 2.1.2 Ciclo de vida

Los hongos ostra son basidiomicetos que en sus cuerpos fructíferos poseen la zona himenial, que a su vez contiene una especie de laminillas, tubos o poros en donde encontramos una estructura en forma de bolsa denominada basidio, cuyo extremo está provisto de 4 esporas o también denominadas basidiósporas reproductivas, las cuales al llegar a un ambiente favorable darán origen al micelio que se reproducirá, se ramificará y finalmente se entremezclará con micelios de otras basidiósporas para dar origen a una seta la cual nuevamente repetirá el mismo ciclo produciendo en su himenio ascos o basidios que expulsarán al medio esporas (Mendevil, 2013). Este ciclo se observa en la Figura 2.

La vida del hongo *Pleurotus ostreatus* realmente comienza con esporas, a partir de la espora este hongo crece en una hebra, con una formación de ramificación conocida como hifa; las hifas continúan alargándose y ramificándose repetidamente, para formar una red de hifas vegetativas que se conoce como micelios (IMA–Fungus, 2002).

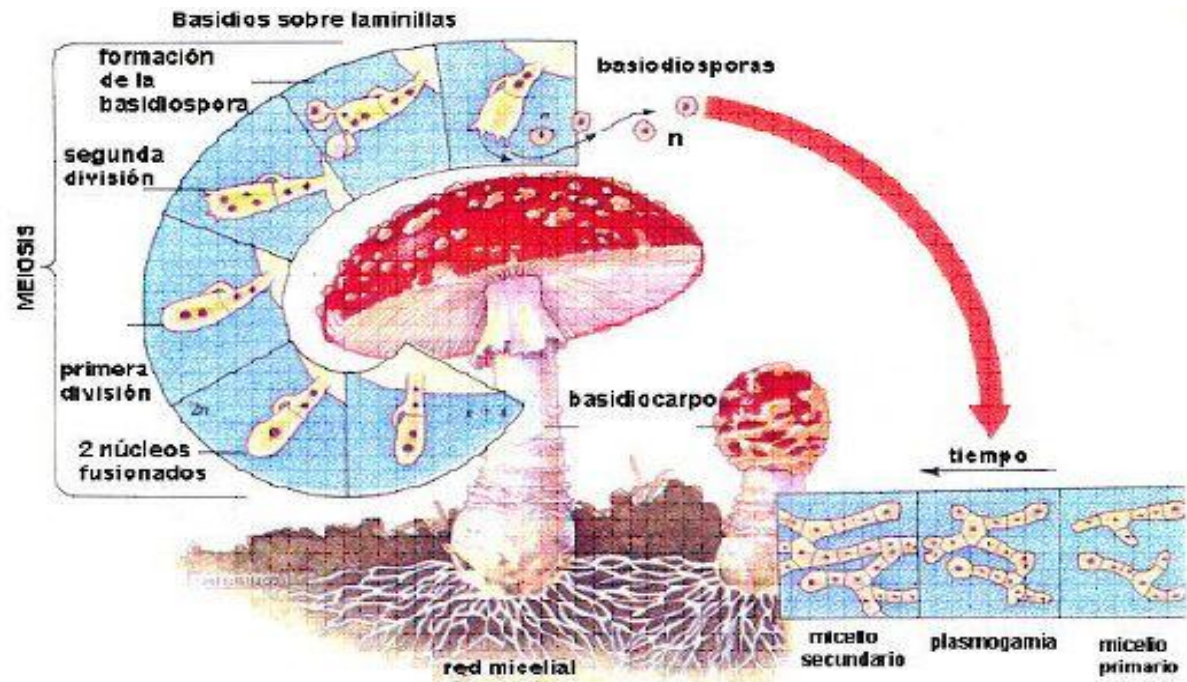


Figura 2: Ciclo vital de los hongos ostra  
Fuente: Meneses (2006)

### 2.1.3 Valor nutritivo

Los hongos ostra poseen minerales importantes para el ser humano como el selenio, potasio y fósforo, además contienen aminoácidos como la valina, lisina, leucina, metionina, treonina, isoleucina, fenilalanina y triptófano, de igual manera ciertas vitaminas como el ácido ascórbico, tocoferol, tiamina, cobalamina, entre otros y presenta excelentes propiedades por su alto contenido de estatinas que impide la formación de tumores y minimiza el colesterol (Velez *et al.*, 2006). Las proteínas presentes en el hongo contienen una mayor digestibilidad que varía entre 76,7% y 80% en comparación a diversas leguminosas como la arveja, la lenteja y las vainas que tienen un 73% de digestibilidad proteica (Roncero, 2015).

La mayor parte de la población consume generalmente el sombrero del hongo, pero en el caso de las orellanas, también se puede consumir su tallo, de manera que existe una mayor rentabilidad en su producción (Cisterna, 2002).

Los hongos del género *Pleurotus ostreatus* participan en la descomposición de la materia orgánica de los sustratos en el que es sembrado, degradando en primer lugar la lignina (Luley, 2006). Esta sería una de las soluciones para transformar los residuos de las industrias agroforestales en una biomasa comestible, que puede ser destinada para balanceado animal por su posible digestión del "compost gastado" (Otero *et al.*, 2003). En la Tabla 2 se presentan los contenidos nutricionales del hongo ostra.

**Tabla 2:** Contenido Nutricional del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*.

Sustancia	Porcentaje
Agua	92,20%
Materia seca	7,80%
Cenizas	9,50%
Grasas	1,00%
Proteínas brutas	39,00%
Fibra	7,50%
Fibra cruda	1,40%
Nitrógeno total	2,40%
Calcio	33 mg/100g
Fósforo	1,348 mg/100g
Potasio	37,93 mg/100g
Hierro	15,20 mg/100g
Ácido ascórbico (vitamina c)	90-144 mg/100g
Tiamina (vitamina B1)	1,16-4,80 mg/100g
Niacina (vitamina B5)	46-108,7 mg/100g
Ácido fólico	65 mg/100g

Fuente: Romero *et al.* (2000)

#### 2.1.4 Requerimientos nutricionales

La capacidad de un hongo de sintetizar enzimas para degradar el sustrato está influenciada por la cepa, la composición del sustrato y la concentración de nitrógeno en el medio de cultivo (Elishashvili *et al.*, 2008).

El sustrato en el que se cultiva el hongo debe contener los nutrientes específicos necesarios para el cultivo de orellanas y sus principales fuentes nutricionales son: celulosa, hemicelulosas y lignina (Kang, 2004). La celulosa y las hemicelulosas, que son las principales fuentes de carbohidratos para los hongos ostra, generalmente se encuentran incrustadas en la lignina, que forma un sello físico alrededor de la celulosa y las hemicelulosas; estos tres componentes estructurales junto con el nitrógeno afectan el crecimiento del micelio, la calidad de los hongos y el rendimiento del cultivo (Philippoussis & Diamantopoulou, 2011); sin embargo, los residuos agroindustriales poseen alto contenido celulósico pero baja cantidad de nitrógeno por lo que es necesario que se suplementen con fuentes adicionales de nitrógeno como: sorgo, salvado de arroz, mijo, salvado de trigo o harina de maíz; además se pueden usar otros aditivos como caliza, yeso y azúcar que nos ayudarán a controlar el pH del sustrato (Kwon & Byung, 2005).

### **2.1.5 Usos**

Los hongos ostra son consumidos por personas que padecen problemas de hipertensión y cardiovasculares, además poseen propiedades inmunomoduladoras y antioxidantes, también generan retardo en el crecimiento de tumores y reducen los niveles de colesterol presentes en la sangre y en ciertos países es usado como afrodisíaco (Bocel, 2009; Romero *et al.*, 2000).

Los hongos ostra actúan también como descomponedores de residuos agroindustriales, por lo cual, una vez cosechados, el material residual es utilizado como abono para otros cultivos o como alimento para animales (Bocel, 2009).

En el mercado el *Pleurotus* posee aun cierta desventaja en comparación con el champiñón ya que no es muy popular, sin embargo, en los últimos años ha sido un alimento que ha ido adquiriendo mayor demanda en los diferentes países del mundo debido a su composición nutricional y su facilidad de cultivo.

### **2.1.6 Cultivo de hongos comestibles en el Ecuador**

En el Ecuador se dio la producción de hongos comestibles con la llegada de la empresa Kennet S.A., establecida en la ciudad de Quito, en el año de 1969, y según una entrevista personal con Sofía Palma, del departamento de ventas de dicha empresa, Kennet S.A. vendió en el año 2011, aproximadamente 300 toneladas de hongos comestibles, con un precio promedio de \$3,025 dólares; existen también otras empresas dedicadas a la producción de hongos comestibles como Cepa Producciones Cía. Ltda., empresa que fue fundada en el año 2010 y alcanzó en el 2011 una venta aproximada de 200 toneladas de champiñones frescos, con un precio promedio de \$2,80 dólares, mientras que la Distribuidora de Alimentos del Valle tuvo una venta de 60 toneladas, con un precio de \$2,595 dólares, así mismo en el año 2011 (Pérez, 2013), sin embargo, existe una empresa dedicada únicamente al cultivo de hongos ostra en el Ecuador y se trata de la empresa Hortifungi, ubicada en la ciudad de Quito fundada el año 2004 y cuenta con una zona de cultivo de 1800 metros cuadrados y sus procesos de producción son totalmente orgánicos, comercializa sus productos a tres cadenas de supermercados así como restaurantes de Quito, también entrega pedidos en las ciudades de Guayaquil y Cuenca bajo las marcas Ken Koo y como Fungi Gourmet (Enriquez, 2018).

### 2.1.7 Etapas del cultivo

El cultivo presenta cuatro etapas para el desarrollo del hongo ostra, cada una de estas requiere distintas condiciones ambientales.

#### a. Inoculación

La inoculación es una fase muy crítica, por lo tanto, debe realizarse en un área completamente desinfectada (Rodríguez & Gómez, 2001). La persona encargada del cultivo debe poseer: ropa limpia, guantes estériles y mascarillas, también la puerta y ventanas del sitio donde se realiza el cultivo, deben permanecer cerradas para evitar la entrada de corrientes de aire (Donado, 2014). Esta actividad puede realizarse en una cámara de flujo laminar o en un cuarto, con una mesa previamente desinfectada con detergente y alcohol para evitar la contaminación del micelio y de esta manera se dé un desarrollo favorable del hongo (Forero *et al.*, 2016).

En esta etapa se adicionan las semillas de *P. ostreatus* al sustrato que ha sido sometido a un proceso de esterilización (Rodríguez & Gómez, 2001), el cual consiste en una desinfección parcial del material a una temperatura que destruye los microorganismos dañinos sin producir cambios importantes en la química del sustrato, esto se realiza para evitar la formación de malezas, plagas, bacterias y otro tipo de hongos (Kurtzman, 2010).

La pasteurización se produce a una temperatura de 60°C durante al menos 6 horas, para eliminar todos los posibles microorganismos dañinos (Kang, 2004). En la Tabla 3 se muestran los agentes más frecuentes que atacan a un cultivo de *Pleurotus ostreatus* y las temperaturas a las que pueden ser destruidos.

**Tabla 3:** Temperaturas mortales para agentes perjudiciales que atacan al hongo ostra

Agentes contaminantes	Temperatura letal °C
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	≥ 50
Moscas	≥55
Esporas de <i>Agaricus bisporus</i>	≥65
Ácaros	≥60

Fuente: Cha (2005)

El sustrato debe poseer una temperatura de 25°C y una humedad entre el 70% y 80% (Michel *et al.*, 2015). Para comprobar si la humedad del sustrato es la correcta se efectúa una prueba de mano que consiste en tomar el sustrato con la palma de la mano y escurrirlo, en caso de que la palma quede húmeda se encuentra preparado para el cultivo de la semilla, por lo contrario, si gotea quiere decir que existe exceso de humedad, ocasionando que el aire no fluya y se contamine la muestra (Kwon & Byung, 2005).

Para el relleno de las bolsas se debe agregar una capa de sustrato y una capa de semilla, y continuamos de esta manera hasta que la funda se llene, se debe evitar que las bolsas se compacten ya que esto provocaría el aumento de temperatura superando las condiciones óptimas, ocasionándose la muerte del micelio por un intercambio gaseoso inapropiado (Cisterna, 2002).

### ***b. Incubación***

En la fase de incubación el micelio debe extenderse a través del sustrato, a una temperatura entre 20°C y 28°C (Fernández, 2004) debido, a que una temperatura elevada provocaría la muerte del hongo y una temperatura inferior no permitiría su desarrollo (Otero *et al.*, 2010); además el sustrato previamente esterilizado debe poseer una humedad entre 70% y 80 % y el ambiente debe ser completamente cerrado y obscuro (Fernández, 2004).

La humedad se debe controlar a través de un sistema de riego, el cual se realiza ya sea, en las paredes o en el piso, pero no directamente sobre el micelio; esta etapa culmina cuando el sustrato es invadido completamente por el micelio y se genera una capa blanca que envuelve al mismo (Vivero *et al.*, 2008).

### ***c. Fructificación***

En la fase de fructificación, el micelio del hongo invade completamente al sustrato (Fernández, 2004) y se observan los primeros primordios o pines que presentan la dimensión de una aguja, que se desarrollan con el paso de los días para conformar el cuerpo fructífero (Cisterna, 2002). En esta etapa es necesario cambiar las condiciones ambientales como la humedad relativa la cual se debe aumentar, también la luminosidad, es decir el área debe contar con luz para la formación de los hongos (Hernández & López, 2006).

La humedad debe encontrarse entre 80% y 90% con un período de luminosidad entre 8-12 horas (Forero *et al.*, 2016) esta debe estar controlada para evitar detrimentos en la formación del hongo; su riego no debe ser directo, además debe existir ventilación en el área donde crecen los hongos para su intercambio gaseoso (Boa, 2006). La temperatura se puede disminuir a un rango entre 14°C y 25°C (Cisterna, 2002).

El desarrollo del hongo en esta etapa se da muy rápido que tiende a finalizar aproximadamente en tres o cuatro días (Tuchan, 2004).

#### **d. Cosecha**

En la etapa de la cosecha se recogen los cuerpos fructíferos (Fernández, 2004). Generalmente se realiza cortando el estípote con una cuchilla que debe estar previamente desinfectada para que no contamine otros puntos del sustrato, también se realiza en forma manual delicadamente sin estropearlos y sin dejar huecos en el sustrato (Manyoma, 2013). La cosecha se clasifica en tres ciclos, en donde se recolectan porcentajes del 50%, el 30% y el tercer ciclo con el 20%; no se puede realizar más de tres cosechas ya que su producción es muy baja y el riesgo de contaminación es más alto (OEI, 2003).

#### **2.1.8 Condiciones ambientales para el cultivo del hongo ostra**

Para el crecimiento del hongo ostra es necesario que se presenten las condiciones ambientales adecuadas; donde la zona de cultivo debe estar completamente esterilizada, con una iluminación apropiada y la debida ventilación para evitar que el sustrato y los cuerpos fructíferos se contaminen (Vivero *et al.*, 2008).

##### **a. Temperatura**

La temperatura va a variar según el progreso del hongo en cada fase, presentando un amplio rango de adaptación que va desde los 15°C hasta los 35°C; al no cumplir con este rango de temperatura provocaría la muerte o un estado de latencia en el hongo (Chang, 2007).

En la etapa de incubación es recomendable que se mantenga una temperatura entre 20°C y 28°C (Fernández, 2004), mientras que en la fase de fructificación es necesario una disminución de la temperatura para un adecuado crecimiento de los cuerpos fructíferos.

La temperatura ambiental debe ser controlada, a pesar de ser amplia, puesto que esta incide inmediatamente sobre la temperatura del sustrato y posteriormente en el desarrollo de las setas; a una temperatura menor a 10°C el micelio del hongo crece muy lento, por lo tanto, es imprescindible que exceda esta temperatura (France *et al.*, 2000).

#### **b. pH**

El pH del sustrato debe presentar un rango entre 5,0 a 7,0 de lo contrario se presentará una baja producción y una incubación incorrecta, ya que a estas condiciones se da una mayor facilidad de absorción de los nutrientes (Cuevas, 2008). En este rango el tamaño de los carpóforos es mayor y también su rendimiento, sin embargo, si el pH aumenta el crecimiento del hongo disminuye, pero no llega a un estado latente (Pereira *et al.*, 2007).

#### **c. Humedad.**

Depende la etapa de cultivo en la que se encuentren las orellanas, varía el porcentaje de humedad, es así, que en la fase de incubación que es la etapa más crítica, la humedad debe mantenerse en un 60% a 70%, esta se obtiene cuando el sustrato es dispuesto en las bolsas, previo a la inoculación (Vivero *et al.*, 2008), es decir las muestras deben contener aproximadamente este rango de humedad ya que el cuarto donde son almacenadas debe mantenerse cerrado y sin iluminación. En la etapa de fructificación se debe mantener una humedad entre el 80% y 90% (Chang, 2007).

#### **d. Iluminación.**

Cuevas (2008), manifiesta que la expansión del micelio se debe dar en condiciones de completa oscuridad, aquí se desarrollan los basidiocarpos que son unas estructuras deformes, de color blanco en forma coraloide y de sabor amargo, en estas estructuras no se diferencian el sombrero ni el pie, mientras que, en la etapa de fructificación debe existir luz, debido a que estos hongos poseen fototropismo positivo, que es una de las características indispensables para que se dé el crecimiento de los pines o primordios, de lo contrario tienden a poseer un sombrero muy reducido con un pie alargado y débil; esto sucede cuando la iluminación se sitúa por debajo de 300 lux.

La luminosidad que se recomienda la más apropiada debe ser tenue con una intensidad de 400-600 lux en un fotoperiodo de 12 horas como mínimo ya sea para la formación de primordios como del cuerpo fructífero (Bermúdez *et al.*, 2003). El exceso de luminosidad afecta en forma negativa a los hongos ya que puede retrasar el crecimiento de los primordios, esto sucede cuando la intensidad de la luz es superior a 2000 lux, también las radiaciones rojas son perjudiciales para la formación de los cuerpos fructíferos (Lainez & Navarro, 2008). La luz no debe incidir de manera directa sobre las muestras;

según el manejo de la iluminación será el color del hongo, es decir, si no existe una apropiada iluminación el color del hongo será pálido (Vivero *et al.*, 2008).

#### **e. Ventilación**

Royse & Sánchez (2001), mencionan que según la etapa productiva del hongo la ventilación puede variar, es así que, en la fase de incubación no deben existir ventilación debido a que la acumulación del CO<sub>2</sub> ayuda al desarrollo del micelio; en la fase de fructificación es necesario la entrada de aire en un porcentaje de al menos 60% ya que un porcentaje menor no permitiría el crecimiento de los hongos. La aireación puede ser cada dos horas y si el cultivo de setas se da en un invernadero, este debe contar con una entrada de aire controlada ya que las corrientes de aire podrían transportar partículas contaminantes o de otros hongos que provocaría una competencia por nutrientes en el sustrato, disminuyendo su producción (Ardon, 2007).

Cuando la aireación es abundante se corre el riesgo de que el sustrato se seque lo que conduce a que los cuerpos fructíferos no se desarrollen adecuadamente, además se origina contaminación en los sustratos y en los cuerpos fructíferos (Kwon & Byung, 2005). En la Tabla 4 se presenta los distintos rangos de condiciones ambientales a los cuales debe estar sometido el hongo dependiendo de la fase en la que se encuentre.

**Tabla 4:** Diversas condiciones ambientales en las etapas de producción del hongo ostra.

<b>Etapa</b>	<b>Descripción</b>	<b>Condición ambiental</b>
Inoculación	Sustrato	Temperatura: 25°C Humedad 70% – 80% Iluminación: no necesaria
Incubación	Ambiente	Temperatura: 22°C – 27°C Humedad: 60% – 70% Iluminación: no necesaria
Fructificación	Ambiente	Temperatura: 14°C – 25°C Humedad: 80% – 90% Iluminación: 12 horas
Cosecha	Ambiente	Temperatura: 12°C– 14°C

**Fuente:** Cisterna (2002)

#### **2.1.9 Contaminación por plagas en hongos ostra**

La contaminación sobre un cultivo de hongos ostra se puede dar por varios factores entre ellos está una inadecuada pasteurización del sustrato, el manejo incorrecto del mismo o la falta de esterilización en el cuarto de siembra o a los instrumentos que se utilizan en dicho proceso, también que en el riego o en el caso de que la entrada de

aire traiga consigo polvo, microorganismos patógenos o insectos que perjudiquen a las setas (Cuevas, 2008).

Las moscas son una de las principales plagas que afectan al hongo ostra, entre ellas se encuentran varios tipos: Sciáridos (*Lycoriella auripila*), Cécidos (*Mycophila sp.*), etc., estas plagas cuando se encuentran en estado larvario, se nutren del micelio provocando perforaciones en su tallo y un cambio en su coloración a tonos marrones, además retardan el desarrollo de los cuerpos fructíferos; la razón principal por la que se produce contaminación en el sustrato con este tipo de moscas es que, en el cuarto de cultivo no se realizó una desinfección correcta o a su vez el sustrato no tuvo una adecuada esterilización (Cha, 2005).

Los ácaros también son considerados como microorganismos perjudiciales en la producción de los hongos, ya que a pesar de no ser visibles a simple vista, no afectan únicamente al crecimiento de los hongos si no que originan molestias a las personas que se encuentren en contacto con estos, provocándoles ronchas y picazón (Otero *et al.*, 2003).

## **2.2 Agroindustria**

Entre varias de las definiciones que existen sobre la agroindustria podemos decir que es una actividad que se compone por la producción primaria agrícola, forestal o pecuaria, también incluye procesos de transformación y beneficio, así como la mercantilización del producto, sin olvidar aspectos de financiamiento, administración y mercadotecnia (Saval, 2012). La agroindustria posee la capacidad de promover un desarrollo social, económico y ambiental global siempre que se dé un equilibrio entre la actividad productiva y el cuidado del medio ambiente en cada una de las fases del proceso, es decir desde la manipulación de la materia prima hasta la distribución y disposición final de los desechos generados (Vargas & Perez, 2018).

La agroindustria se clasifica en dos tipos, la primera que se encuentra integrada por las industrias alimentarias y las no alimentarias y la segunda está conformada por las industrias que distribuyen materia prima y las consumidoras de dicha materia, sin embargo en la actualidad es complicado clasificar de manera precisa una actividad industrial y esto se debe a varios factores como: la complejidad creciente de los insumos, los efectos de los procesos de innovación y nuevas tecnologías, la especialización y la gama cada vez mayor de procesos de transformación (FAO, 1997).

Actualmente las agroindustrias no son valoradas únicamente por su desarrollo económico y productivo, sino por su trato con el medio ambiente, es decir que la defensa hacia este no consiste únicamente en una exigencia sujeta a sanciones o multas sino, se ha convertido en una condición para que puedan prevalecer dentro del mercado, de manera que el uso eficaz de estos subproductos a bajos precios y ecológicamente racional es cada vez más importante, y más que nada por la aplicación de las leyes, van surtiendo mayor efecto en varios países (Wadhwa *et al*, 2013).

El aprovechamiento de los desechos agroindustriales es una alternativa para la solución de varios impactos ambientales negativos que se originan por la generación y disposición de estos residuos y otros factores que son el resultado del crecimiento de varios sectores productivos como los ingenios azucareros, las industrias cárnicas, pesqueras, oleaginosas y lácteas; además limitan el uso de los recursos naturales renovables y no renovables como materia prima para la creación de varios productos, generar empleo y recursos económicos (Vargas & Perez, 2018), por lo tanto la agroindustria debe ser susceptible a la solución de los problemas ambientales, enfocándose en crear una conciencia social que exige no producir a costa del planeta, sino de una forma sostenible, teniendo en cuenta que los residuos agroindustriales generados en el cultivo y los que proceden de su manejo y comercialización constituyen un grave problema de generación de desechos en gran parte del mundo por el crecimiento poblacional y consecuentemente el aumento en su producción; dado esto, surge la necesidad de aprovechar los mismos proporcionándoles un manejo útil y con mayor valor agregado, que no solucione únicamente la problemática ambiental, sino que también genere ingresos económicos (Yepes *et al.*, 2008).

### **2.2.1 Contaminación ambiental causada por residuos agroindustriales**

Los residuos agroindustriales son materiales que se encuentran en estado sólido o líquido que se generan por el consumo directo de productos primarios o de su industrialización y que no son utilizados en el proceso que los originó, pero se pueden aprovechar o transformar para la creación de otros productos de interés comercial con un valor económico (Saval, 2012).

Entre varios de los factores que generan contaminación al medio ambiente se encuentra el desarrollo agroindustrial que se origina de manera natural o antropogénica y se relacionan con las actividades humanas por lo tanto los residuos agroindustriales al no ser procesados o reutilizados correctamente pueden producir daños en la salud y generar focos potenciales de contaminación (Guerrero & Valenzuela, 2011).

Uno de los mayores problemas que se generan al producir estos subproductos es que no se les da un manejo adecuado provocando impactos al ambiente, a esto se añade también la falta de recursos económicos y capacidad tecnológica para una disposición final adecuada, además la falta de una legislación que obligue a darles a estos materiales un manejo adecuado desde su generación hasta su destino final; debido a que es un problema que se da a nivel mundial (Saval, 2012). Actividades relacionadas con el cultivo y la obtención de materia prima originan estos desechos que al no ser reutilizados y dispuestos adecuadamente ocasionan distintos impactos ambientales negativos a recursos como el suelo, el agua tanto subterránea como superficial esta última tiene mayores riesgos, también ocasiona daños a la atmósfera debido a que las bacterias anaerobias podrían generar malos olores y la emisión de gases como el ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ) y el metano ( $CH_4$ ) (Guerrero & Valenzuela, 2011).

Los residuos agroindustriales generalmente poseen una estructura orgánica y sólida, en su mayoría corresponden a biomasa lignocelulósica rica en polímeros de celulosa y hemicelulosa con un porcentaje entre 75% y 80%, estos componentes provocan que su degradación sea muy lenta y por lo tanto al no ser aprovechados, la mayor parte posee una disposición final deficiente, arrojando estos residuos a terrenos baldíos o espacios verdes sin ningún control (Mejía *et al.*, 2007), incrementando la contaminación en nuestro medio.

La agroindustria contribuye en gran medida a la contaminación ya que la mayoría de este tipo de industrias descargan grandes cantidades de residuos líquidos derivados de los procesos productivos y de la limpieza de la maquinaria e instrumentos que contienen una elevada carga orgánica, también se genera un alto contenido de desechos orgánicos en procesos productivos de áreas administrativas y actividades de empaque (Sánchez *et al.*, 2009). En este sentido es necesario recalcar que los residuos agroindustriales no provocarían contaminación si no fueran colocados directamente en el medio y además se les diera un valor útil y de esta manera sean menos contaminantes para conservar nuestro entorno y al mismo tiempo contribuir a la economía, promoviendo un desarrollo sostenible.

### **2.2.2 Residuos agroindustriales usados en el cultivo de hongos ostra**

Los residuos agroindustriales que se utilizan como sustratos, para que presenten un rendimiento óptimo en el cultivo de hongos comestibles deben contener: celulosa en un porcentaje de 60%, la hemicelulosa en 20% y la lignina hasta un 15% (Ardon, 2007).

### **a. Tuzas de maíz (*Zea mays*)**

Las tuzas de maíz son residuos o subproductos agrícolas que se generan en grandes cantidades en el proceso de separación del grano de la mazorca y se estima que por cada tonelada de maíz se obtienen 170 kg de olote (CIMMYT, 1995).

La tuza de maíz se encuentra entre las fuentes de recursos no maderables con un alto contenido de xilanas, por lo que ha sido considerado de interés como fuente alternativa de diferentes compuestos químicos para beneficios comerciales o industriales, entre otras fuentes de biomasa (Córdoba *et al.*, 2010). En la Tabla 5 se presenta el porcentaje de los componentes químicos que contiene la tuza de maíz.

**Tabla 5:** Composición química de la tuza de maíz.

<b>Componentes</b>	<b>Tuza de maíz (%)</b>
Hemicelulosa	31,1
Celulosa	34,3
Lignina	18,8
Cenizas	No reporta

**Fuente:** Garrote *et al.* (2007)

### **b. Viruta de pino (*Pinus radiata*)**

*Pinus radiata* es una de las fundamentales especies forestales, cultivada ampliamente a nivel mundial, se estima actualmente que existen implantadas unas cuatro millones de hectáreas (Mead, 2013). La primera parcela de esta especie que se sembró en el Ecuador fue en la región de la Sierra en el páramo del volcán Cotopaxi en el año de 1925 (Miller, 2000). Esta especie es exótica y tiene bastante acogida por su acelerado crecimiento, adaptabilidad y genera una producción de madera y resina muy rentable, además se suma a estos beneficios la utilización de estas especies como sumideros de carbono y la producción de biomasa (Merino *et al.*, 2003).

La viruta de esta especie comprende residuos de pequeña dimensión que se esparcen en el aire y son capaces de ser removidos sobre la superficie del suelo por acción del viento, generalmente son creados en el aserrado, cepilladora, garlopa, tupí, etc. (Medina, 2012). En la Tabla 6 se presenta la composición química del pino.

**Tabla 6:** Composición química del pino (*Pinus radiata*).

<b>Componentes</b>	<b><i>Pinus radiata</i> (%)</b>
Hemicelulosa	23,62
Celulosa	37,88
Lignina	33,72
Cenizas	No reporta

**Fuente:** Berrocal *et al.* (2004)

### **2.2.3 Composición de los residuos agroindustriales (sustratos)**

La materia prima utilizada como sustrato para el cultivo de hongos comestibles es de tipo lignocelulósico y está constituida por celulosa y hemicelulosa enlazadas a través de la lignina; se pueden distinguir más de 200 sustratos posibles para la siembra de *Pleurotus ostreatus* con un porcentaje de celulosa que varía entre 45% y 60%, hemicelulosa entre 15% y 20% y lignina entre 10% y 30% (Ardon, 2007). A continuación, se describen cada uno de los compuestos de un material lignocelulósico:

#### **a. Celulosa**

La celulosa es un polímero que contiene un alto peso molecular, polidisperso y lineal (García B, 2013), compone principalmente las paredes celulares de los vegetales y es el polímero más abundante del planeta; su estructura es blanca, fibrosa y estable, también es resistente a la tracción mecánica y a ataques químicos (Barroso, 2010).

La celulosa es una molécula que provee de estructura y soporte a la planta, además es insoluble en el agua ya que forma un cristal envasado que es impermeable impidiendo de esta manera el paso del agua y también es resistente a la hidrólisis (Atlas & Bartha, 2002). Una célula vegetal joven, en su pared posee aproximadamente un 40% de celulosa; mientras que en células de maderas antiguas alcanza un porcentaje de 50% (Basaure, 2008).

#### **b. Hemicelulosa**

La hemicelulosa comprende polímeros heterogéneos que se encuentra conformada por cadenas cortas y contienen tanto hexosas que son azúcares de seis carbonos como la manosa, glucosa y galactosa, también contiene pentosas que son azúcares de cinco carbonos como la xilosa y arabinosa; según sea el tipo de especie estos azúcares se unen a ácidos urónicos, estableciéndose distintas estructuras poliméricas que pueden estar relacionadas con la celulosa y la lignina (Atlas & Bartha, 2002) sin embargo el

contenido total de hemicelulosa puede variar entre los tipos de especies, dentro de la misma especie e incluso según su tejido anatómico y fisiológico (Prinsen, 2010).

Su función principal es proveer rigidez a la pared celular mediante su interacción con la lignina y la celulosa; su carácter físico – químico, especialmente su capacidad de enlace y su condición visco-elástico, son de gran importancia en la producción del papel ya que aportan distintas propiedades tales como la rehidratación, flexibilidad, plasticidad, dureza, rigidez, etc. (Prinsen, 2010).

### ***c. Lignina***

La Lignina está conformada por alcoholes aromáticos que proporcionan rigidez, soporte estructural, impermeabilidad y protección a los polisacáridos estructurales; este heteropolímero amorfo es muy resistente a la degradación biológica y química (Aro, 2005). La composición química de la lignina se basa en tres componentes: cumaril (H), guaiacil (G) y siringil (S) (Prinsen, 2010).

La lignina presenta distintas funciones en las especies vegetales como el transporte de agua, metabolitos y nutrientes en el sistema vascular debido a su estructura macromolecular, es de gran importancia en la permeabilidad de los poros entre las células vegetales y ocupa el tercer lugar de mayor abundancia en el planeta siendo el primero y el segundo la celulosa y la hemicelulosa consecuentemente (Prinsen, 2010).

## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización

El presente estudio se desarrolló en la provincia del Azuay, en el cantón Cuenca, en un predio ubicado dentro del área urbana, en las calles Estévez de Toral y Mariscal Lamar, zona 17 M coordenada este 721371,34 y coordenada norte 9679902,29. La siembra del hongo *P. ostreatus* se realizó a partir del mes de enero del 2019, en una habitación con dimensiones de 2m x 3m, cuya infraestructura es de bloque y madera.

#### 3.2 Tratamientos

La siguiente investigación se realizó con tres tratamientos, cuatro repeticiones, teniendo un total doce unidades experimentales.

Por cada tratamiento o sustrato se emplearon 200 g de semilla de *P. ostreatus* y 2000 g de sustrato húmedo empacados en bolsas de polietileno transparentes; los tratamientos utilizados fueron: T1 conformado por viruta de pino, T2 consta de tuzas de maíz y T3 contiene una mezcla de viruta de pino y tuzas de maíz.

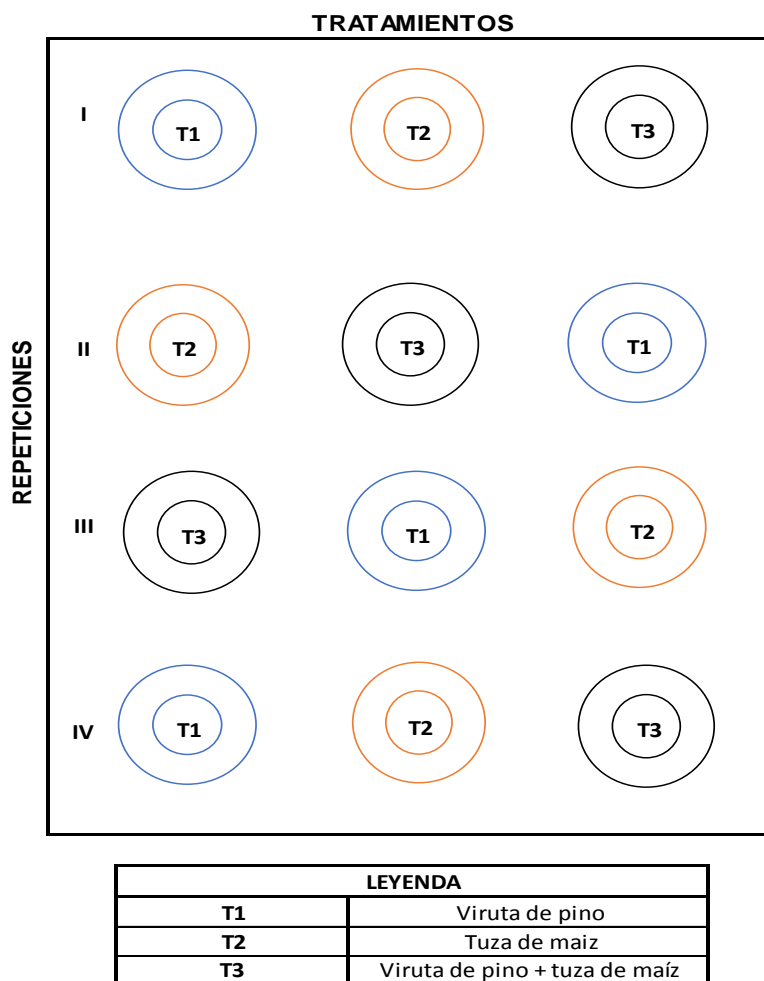
A continuación, se presenta en la Tabla 7 los porcentajes de los sustratos utilizados en cada tratamiento.

**Tabla 7:** Proporciones de sustratos utilizados los tratamientos

Tratamiento	Sustrato	Porcentaje
T1	Viruta de pino	100%
T2	Tuza de maíz	100%
T3	Viruta de pino + Tuza de maíz	50% y 50%

#### 3.3 Análisis estadístico aplicado

El análisis estadístico se realizó en el programa RStudio, con un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), mediante tablas estadísticas descriptivas, validación de supuestos estadísticos con ANOVA, análisis de gráficos con Boxplot y gráficas de interacción; para las variables: brotación de primordios, diámetro del carpóforo, peso del hongo, cantidad de cuerpos fructíferos, eficiencia biológica y rendimiento. En la Figura 3 se observa la distribución de las unidades experimentales.



**Figura 3:** Ilustración de la distribución de las unidades experimentales

### 3.4 Adecuación del área de cultivo

Para que se dé un desarrollo óptimo de los hongos ostra es necesario que se cumplan diversas condiciones ambientales en cada una de sus etapas. En la etapa de inoculación se instaló un espacio cubierto para impedir la entrada de corrientes de aire; también se procedió a desinfectar toda el área y los instrumentos que se utilizaron para evitar la contaminación tanto de las semillas como del sustrato. En la etapa de incubación se colocaron las muestras en un espacio, completamente cerrado, sin ventilación y obscuro.

Ya que la investigación fue a pequeña escala, para la etapa de incubación se ubicaron las muestras en una mesa de madera que contiene repisas de diferentes niveles y para la etapa de fructificación se utilizó una mesa de mayor tamaño, de manera que todas las muestras se expongan en la parte superior y reciban la misma cantidad de luz; en esta etapa se aumentó la humedad, la luminosidad y la ventilación en el área.

### 3.5 Preparación del sustrato

Los sustratos evaluados en esta investigación fueron: tuzas de maíz (Figura 4), y viruta de pino (Figura 5), que son residuos de origen agroindustrial y se recolectaron en diciembre del año 2018.



**Figura 4:** Sustrato de tuzas de maíz fragmentadas



**Figura 5:** Sustrato de viruta de pino (*Pinus radiata*)

Estos materiales fueron colocados en un área libre de contaminación, ya sea por animales u otros factores como: polvo, moho, polen o ácaros, también se limpió el polvo del sitio y demás elementos que pudieron afectar a los tratamientos.

Fue fundamental cortar las tuzas de maíz en fragmentos de aproximadamente 4 cm y 7 cm, esto permitió que el micelio del hongo se expanda con mayor facilidad, ya que los trozos grandes dificultan la acción enzimática del hongo sobre el sustrato (Cisterna, 2002).

### 3.6 Esterilización

La esterilización consistió en eliminar todos los microorganismos que pudieran provocar contaminación, sometiendo el sustrato a temperaturas elevadas. En esta etapa se llenaron dos canecas metálicas con agua y mediante el uso de una hornilla doméstica el agua llegó a su punto ebullición (Figura 6), en ese momento se sumergieron los sustratos que previamente se colocaron en un saco, en el que se realizaron varias perforaciones, durante una hora y media.



**Figura 6:** Esterilización de los sustratos

Una vez realizado este proceso se procedió a colocar los sustratos en una mesa para que se escurrieran y se enfriaran a temperatura ambiente.

### 3.7 Inoculación o siembra

Para la siembra se adquirió la semilla de *P. ostreatus* en una casa comercial denominada Dikarya Hongos Gourmet y se mantuvo en refrigeración a una temperatura de 4°C según recomendaciones estipuladas por la empresa, hasta que se aproxime el momento de la inoculación. La cepa estaba activada en granos de trigo.

La siembra se realizó en bolsas de polietileno transparentes con dimensiones de 25 cm x 40 cm y la cantidad de micelio que se utilizó según recomienda Sanchez (2010), fue entre el 10% y 30% del peso del sustrato húmedo, por lo tanto se inoculó 200 g en 2 kg de sustrato húmedo en cada bolsa (Figura 7 y 8).



**Figura 7:** Determinación del peso de la semilla de *P. ostreatus*



**Figura 8:** Determinación del peso del sustrato (tuza de maíz)

En primer lugar se procedió a colocar una capa de sustrato de 4 cm de grueso y 25% de micelio, es decir 50 g y así sucesivamente, quedando un total de 5 capas de sustrato y 4 capas de semillas por bolsa, posteriormente se cerraron las bolsas con una liga de amarre y por toda su superficie se hicieron hileras de huecos con ayuda de una tijera desinfectada; se hicieron 20 agujeros por kilogramo de sustrato.

El área de siembra se mantuvo cerrada, para evitar la entrada de mosquitos o ventilación, además se desinfectó la mesa de trabajo y las herramientas que fueron utilizadas. Fue necesario el uso de mandil, gorro, guantes y mascarilla (Figura 9).



**Figura 9:** Inoculación de la semilla en el sustrato

### **3.8 Incubación**

En esta etapa del proyecto se empleó la misma instalación. Durante 20 días se cubrió toda el área con polietileno de color negro, especialmente aquellos espacios donde ingresaba luminosidad. La oscuridad fue un factor muy importante en esta fase, debido a que esta condición permitió que se extendiera el micelio a través de todo el sustrato hasta que las muestras se tornaran de color blanco. Los tratamientos fueron colocados en una mesa de madera de 3 repisas, de tal manera que todos los bloques de sustrato se conservaron bajo las mismas condiciones ambientales (Figura 10).



**Figura 10:** Mesa de madera con tres repisas

Los tratamientos mantuvieron una humedad del 60% y 70% (ANACAFÉ, 2009), para esto realizamos la prueba del puño, que consistió en tomar con la mano una parte del sustrato ya esterilizado y apretarlo, si goteaba la humedad es superior al rango recomendado; por el contrario, si la mano quedaba simplemente mojada, la humedad era la ideal para iniciar el proceso de inoculación.

Cruz *et al.* (2010), recomienda que la temperatura del área de incubación debe ser entre 20°C Y 26°C para un desarrollo óptimo del micelio, sin embargo se conservaron los tratamientos a temperatura ambiente, entre 13°C y 22°C Chang (2007), menciona que el hongo del género *Pleurotus ostreatus* posee un amplio rango de adaptación que va desde los 15°C hasta los 35°C, por tal motivo la expansión del micelio no tuvo dificultad para desarrollarse en el tiempo recomendado (Figura 11).



**Figura 11:** Sustratos invadidos por el micelio

### **3.9 Fructificación**

A los 19 días las bolsas fueron colonizadas totalmente por el micelio; alcanzaron un aspecto blanco, algodonoso y compacto, entonces fue necesario cambiar las condiciones ambientales del área. Se procedió a quitar el nylon oscuro para suministrar al sitio mayor luminosidad y ventilación. En los bloques de sustrato se realizó una técnica conocida como choque térmico, que se basó en generar una ligera presión sobre los tratamientos, con el objetivo de proporcionar mayor oxigenación, disminuir la temperatura y la cantidad de CO<sub>2</sub>.

Los primordios se visualizaron entre los 22 y 30 días, entonces se procedió a realizar cortes en forma oval a lo largo de la funda especialmente donde intentaron salir los pines (Figura 12). El corte se realizó con una tijera desinfectada para evitar posibles contaminaciones y permitir su crecimiento.



**Figura 12:** Aparición de primordios en el sustrato viruta de pino con tuza de maíz

En el sitio se continuó manteniendo una temperatura ambiente entre 13°C y 22°C y una humedad relativa de 80-90% (Forero *et al.*, 2016) para un mejor desarrollo de los cuerpos fructíferos. El riego se realizó tres veces al día con un aspersor sobre las paredes y pisos y en gotas muy finas sobre los tratamientos (Figura 13).



**Figura 13:** Riego con aspersor en las bolsas de sustrato.

### 3.10 Cosecha

Cuando los sombreros adquirieron un diámetro mayor o igual a 5 cm se obtuvo la primera cosecha (Figura 14) ya que generalmente esta se divide en tres ciclos, resultando ser el último ciclo el de menor producción, por la disminución de los nutrientes en el sustrato.



**Figura 14:** Fructificación del hongo *P. ostreatus* en el sustrato de viruta de pino con tuza de maíz

Una vez realizada la primera cosecha, los tratamientos tuvieron que regresar a las condiciones de incubación, para que puedan aparecer nuevamente los primordios y se dé la fructificación de los hongos.

La recolección se realizó en forma manual, cortando con una cuchilla previamente desinfectada con una solución de alcohol al 70%, aproximadamente a los 6 - 7 días después de la visualización de los primordios (Cruz *et al*, 2010).

Inmediatamente después de la cosecha se procedió a pesar los carpóforos con una balanza digital modelo EK9710 (Figura 15), para calcular la eficiencia biológica en cada uno de los tratamientos, también se midió el diámetro de los sombreros y se contó el número de hongos producidos.



**Figura 15:** Determinación del peso de los carpóforos

### **3.11 Variables de respuesta**

#### **3.11.1 Tiempo de brotación de primordios**

Para obtener este parámetro se efectuó un control diario en donde, se registró el número de días que cada bloque de sustrato necesitó para que sus primordios se visualizaran.

#### **3.11.2 Diámetro del carpóforo**

Este parámetro se tomó con un vernier en todos los hongos recolectados de cada una de las muestras y nos mostró la medida de los sombreros en centímetros.

#### **3.11.3 Cantidad de cuerpos fructíferos por tratamiento**

Después de cada cosecha, se contaron cada uno de los hongos obtenidos en todas las repeticiones y se obtuvo un total de hongos en cada tratamiento.

#### **3.11.4 Peso total de los hongos por tratamiento**

Una vez cosechadas las orellanas y con ayuda de una balanza, se pesó inmediatamente todos los carpóforos recolectados de cada una de las repeticiones de los tratamientos; este peso se determinó en gramos.

#### **3.11.5 Eficiencia biológica**

Para calcular la eficiencia biológica se obtuvo el peso fresco de los hongos y se dividió entre el peso seco del sustrato y finalmente se le multiplica por 100 para para obtener la relación en porcentaje (Romero *et al.*, 2000).

**EB** = (peso seco de los hongos frescos/peso del sustrato seco) x 100

Para obtener el peso del sustrato seco se realiza la siguiente fórmula

**PSS** = Peso del sustrato húmedo – peso del sustrato seco

### **3.11.6 Rendimiento**

El rendimiento se calculó dividiendo el peso de los hongos frescos entre el peso del sustrato húmedo, multiplicado por 100 (Romero *et al.*, 2000).

**R** = (peso de los hongos frescos/peso del sustrato húmedo) x 100

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Tiempo de brotación de primordios en los hongos ostra

La brotación de primordios se determinó a través de visitas diarias al área de cultivo para identificar en que día se produce la germinación de los mismos.

En la Tabla 8 se presentan los resultados del tiempo de aparición de primordios en cada tratamiento evaluado.

**Tabla 8:** Tiempo de brotación de primordios de cada tratamiento

Tratamiento	Repeticiones				Suma	Media (días)
	R1	R2	R3	R4		
T1	22	22	22	22	88,00	22
T2	26	26	27	30	109,00	27,25
T3	20	22	24	25	91,00	22,75

En la Tabla 9 se detalla el análisis descriptivo estadístico en base al tiempo de brotación de primordios, donde el tratamiento T3 resultó ser el sustrato más impredecible ya que muestra mayor dispersión en sus datos, con respecto al número de días en que aparecieron los primordios, con un coeficiente de variabilidad de 9,75%.

**Tabla 9:** Análisis descriptivo estadístico del tiempo de brotación de primordios

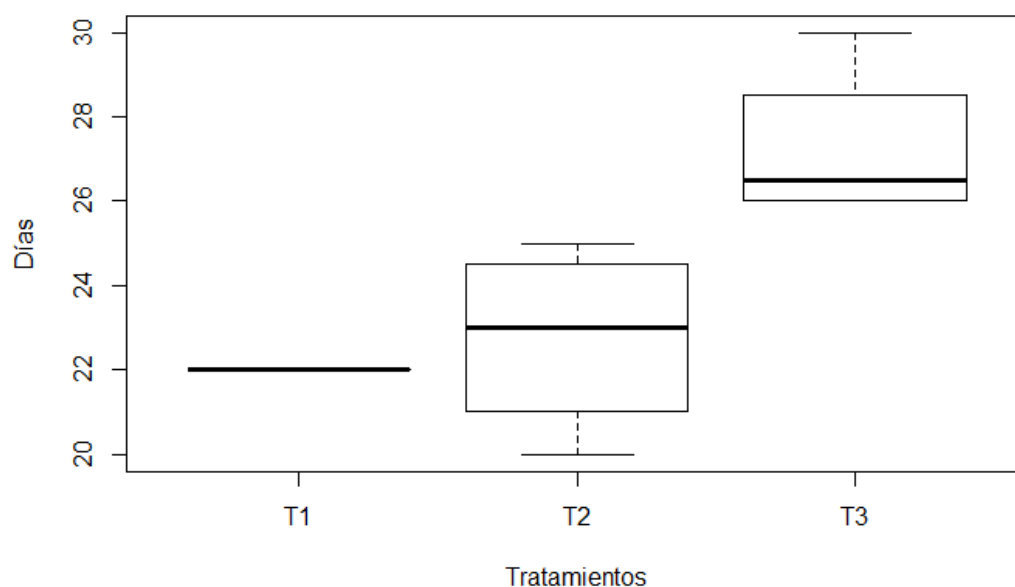
Tratamientos	Media	Mediana	SD	CV%	Error estándar
T1	22,00	22,00	0,00	0,00	0,00
T2	27,25	26,50	1,89	6,95	0,94
T3	22,75	23,00	2,22	9,75	1,10

El análisis de varianza ANOVA en la Tabla 10 nos muestra que existen diferencias estadísticamente significativas en los valores del tiempo de brotación de primordios en cada uno de los tratamientos ( $F=11,382$ ,  $p<0.05$ ).

**Tabla 10:** ANOVA para la variable brotación de primordios en tres tratamientos diferentes

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Valor "F"	Probabilidad (>F)
Tratamiento	2	64,5	32,250	11,382	0,00343 **
Error experimental	9	25,5	2,833		

En la Figura 16 se aprecia que las medianas correspondientes al tiempo de brotación de primordios varían en cada uno de los tratamientos, reflejándose la mediana más alta en el T2, tuza de maíz, es decir se tardó la germinación más tiempo, 27 días, mientras que en los tratamientos T1 y T3 se efectuó la germinación a los 22 y 23 días respectivamente. El T1 no presenta dispersión en sus datos ya que los brotes se dieron en el mismo día en todas sus repeticiones, en cambio el T2 y T3 si presentan dispersión en sus datos con una variabilidad de 6,95% y una asimetría positiva y una variabilidad de 9,75% y una distribución simétrica según corresponde. Los bigotes en los tratamientos nos indican que no existen valores atípicos.



**Figura 16:** Análisis del tiempo de brotación de primordios en el hongo *P. ostreatus* mediante boxplot

Nuestra investigación coincide con el estudio de Bernabé *et al.*, (2004) quien manifiesta en su experimentación que el período de aparición de primordios fluctuó entre los 16 y 30 días, mientras que Donado (2014), en su investigación sobre la evaluación de tres sustratos para la producción de hongo ostra, registró un período entre 26 y 29 días.

Se cree que uno de los factores que pudo haber provocado que la visualización de primordios en el tratamiento T2 se de en un periodo más largo, se deba a la formación de apelmazamientos en dicho sustrato ya que genera una disminución en la dispersión del oxígeno, esta condición es muy importante para que se de la expansión del micelio y por lo tanto el desarrollo de los primordios (Hami, 1990), además la presencia de hongos patógenos también incide en el retraso de la germinación de primordios hasta en un tiempo de 5 días más Otero (2003); lo que se corrobora con nuestro tratamiento que presentó contaminación por *Trichoderma harzianum* o moho verde que es de los más frecuentes y se propaga generalmente en la cosecha y el riego (Ardon, 2007).

## 4.2 Diámetro del carpóforo en los hongos ostra

Para la obtención de los valores del diámetro del sombrero, se utilizó un vernier, con el que se midió en centímetros cada uno de los sombreros de los hongos de cada tratamiento, una vez recolectados.

En la Tabla 11 se presentan los resultados del diámetro del sombrero en cada tratamiento evaluado.

**Tabla 11:** Diámetro del carpóforo de cada tratamiento

Tratamiento	Repeticiones				Suma	Media (cm)
	R1	R2	R3	R4		
T1	3,76	4,10	4,50	4,82	17,17	4,29
T2	5,35	4,66	6,78	5,48	22,26	5,57
T3	5,55	6,17	5,15	6,03	22,89	5,72

En la Tabla 12 se detalla un análisis descriptivo estadístico en base al diámetro del carpóforo con dos cosechas, en donde el tratamiento T1 presenta mayor dispersión entre sus datos en los valores de la medida del diámetro del sombrero con una variabilidad de 17,67%, resultando ser el sustrato más impredecible.

**Tabla 12:** Análisis descriptivo estadístico del diámetro del carpóforo con dos cosechas

Tratamientos	Media	Mediana	SD	CV%	Error estándar
T1	4,29	4,29	0,76	17,67	0,38
T2	5,57	5,57	0,38	6,86	0,19
T3	5,72	5,72	0,40	7,04	0,20

En la Tabla 13 se detalla un análisis descriptivo estadístico en base al diámetro del carpóforo con tres cosechas.

**Tabla 13:** Análisis descriptivo estadístico del diámetro del carpóforo en tres cosechas

Tratamientos	Media	Mediana	SD	CV%	Error estándar
T1	4,20	4,03	0,56	13,27	0,28
T2	3,71	5,30	3,22	57,94	1,61
T3	5,84	6,08	0,94	16,18	0,47

Las Tablas 12 y 13 muestran que al comparar las medias de sus tratamientos, con dos y tres cosechas, con respecto a la variable diámetro del sombrero, poseen valores similares los tratamientos T1 Y T3, es decir siguen la misma tendencia, sin embargo en el T2 su valor baja debido a que no se realizó el tercer corte, entonces se tomó como dato un valor de cero.

Se probó en la Tabla 14 si existe interacción significativa entre las cosechas y los tratamientos de acuerdo a la variable diámetro del sombrero.

**Tabla 14:** Estadístico de prueba de una tabla ANOVA para la variable diámetro del carpóforo

<b>F = 2.0195096</b>	<b>Denom df = 30</b>	<b>p-value = 0,1656013</b>
----------------------	----------------------	----------------------------

De acuerdo al resultado obtenido  $p = 0,1656013$  se demostró que al no ser  $p < 0.05$  no existe interacción significativa entre las cosechas y los tratamientos.

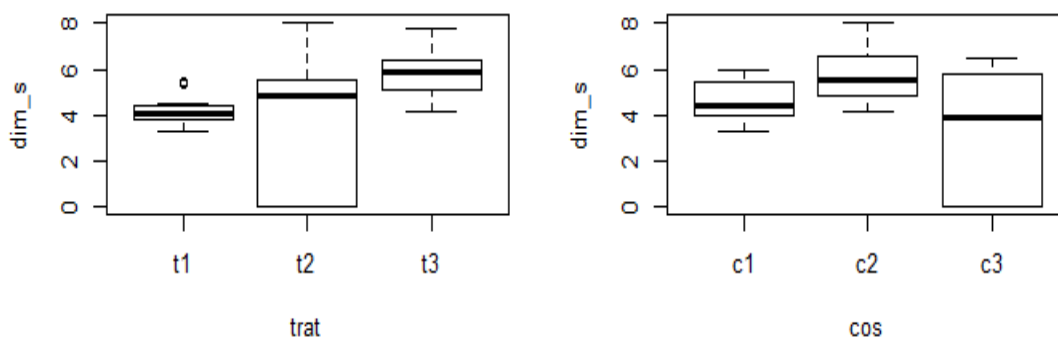
El análisis de varianza ANOVA en la Tabla 15 nos muestra que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ( $F=6,31$ ,  $p < 0.005$ ) y también entre las cosechas ( $F=7,33$ ,  $p < 0.005$ ) para la variable diámetro del hongo.

**Tabla 15:** ANOVA para la variable diámetro del carpóforo en los tratamientos y sus cosechas

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>Valor "F"</b>	<b>Probabilidad (&gt;F)</b>
<b>Tratamiento</b>	2	29,843	14,9217	6,3188	0,004992
<b>Cosecha</b>	2	34,651	17,3255	7,3368	0,002462
<b>Error experimental</b>	31	73,205	2,3615		

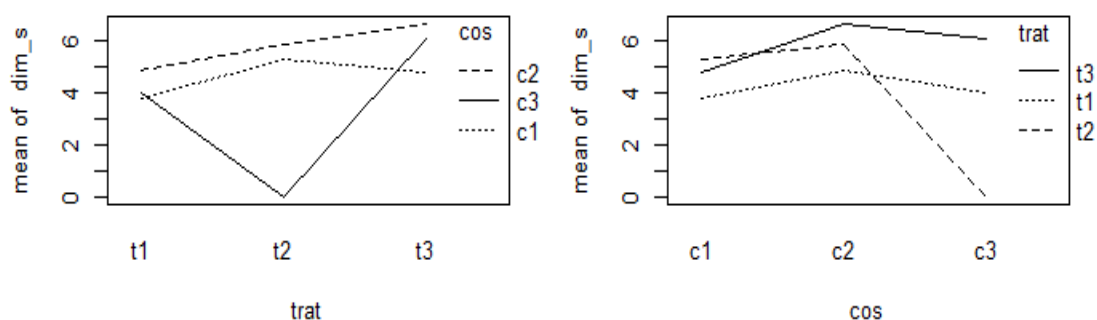
En la Figura 17, en el boxplot de los tratamientos, ubicado al lado izquierdo, se observa que el T2 presenta mayor dispersión en sus datos con una variabilidad de 57,94% y una asimetría negativa lo que significa que existe mayor concentración de datos en la parte superior mientras que en el "T1" presentó menor dispersión entre sus datos lo que quiere decir que se encuentran próximos, con una variabilidad de 13,27%, además se han encontrado datos atípicos, lo que significa que tal vez uno de los carpóforos de los hongos presentó un diámetro mayor al resto de los hongos; el T3 presenta una distribución normal o simétrica y sus datos no presentan mayor dispersión con una variabilidad de 16,18%. Se concluye que el tratamiento T3 que corresponde a la mezcla de viruta de pino con tuza de maíz es el sustrato que presenta un mayor diámetro en el sombrero ya que su mediana está por encima de los valores de T2 y T3.

En la Figura 17, en el boxplot de las cosechas, ubicado al lado derecho, nos muestra que sus medianas difieren, dándonos un mayor diámetro del carpóforo del hongo en la cosecha 2, seguido de la cosecha 1 y finalmente la cosecha 3. En la cosecha 1 y 2 existe una asimetría negativa ya que sus datos se concentran en la parte inferior, también se observan que sus datos están próximos lo que hace que sean más confiables, mientras que en la cosecha 3 existe una asimetría positiva y sus datos se encuentran dispersos.



**Figura 17:** Análisis del diámetro del carpóforo del hongo *P. ostreatus* mediante boxplot

En la Figura 18, en las gráficas de interacción, se observa que la línea de tendencia entre los tratamientos decae notablemente en la cosecha 3 en el tratamiento 2 ya que no se realizó el tercer corte en este sustrato, debido a la contaminación, por lo tanto los valores fueron de cero, mientras que en la cosecha 2 en el tratamiento “T3” presenta mayor diámetro lo que corroboramos a través del boxplot de los tratamientos y en la cosecha 1 el “T2” presenta un pico que no difiere en mayor cantidad del diámetro del hongo de la cosecha 2.



**Figura 18:** Análisis del diámetro del carpóforo del hongo *P. ostreatus* mediante gráficas de interacción

Hernández & López (2006), en su trabajo sobre la evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales demostraron que el tratamiento conformado por tuza de mazorca obtuvo un diámetro de 5,53 cm, de la misma manera Calzado (2010), en su investigación de la producción y determinación de la eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus*, coincidió con resultados similares obteniendo un valor de 5,51 cm, lo que concuerda con nuestro estudio que también alcanzó datos relacionados con un valor de 5,57 cm en el diámetro del carpóforo.

Dentro de los componentes químicos que poseen los sustratos, el tratamiento T3 que está compuesto por una mezcla de viruta de pino y tuza de maíz, posee mayor porcentaje de hemicelulosa, en relación con los demás tratamientos que no están

combinados, es decir contienen únicamente una clase de producto agroindustrial, lo que favoreció a un excelente desarrollo del sombrero del hongo desde su germinación (Donado, 2014).

Probablemente el diámetro de los carpóforos influya en el peso de los hongos ya que según nuestro estudio el tratamiento T1 presentó menor diámetro en sus sombreros y de la misma manera va a presentar menor peso en comparación con los demás tratamientos.

### 4.3 Peso en los hongos ostra

Después de cosechar los hongos de cada una de las bolsas de sustrato se procedió a tomar el peso de los hongos con una balanza digital, que nos proporcionó sus valores en gramos.

En la Tabla 16 se presentan los resultados del peso del hongo *P. ostreatus* en cada tratamiento evaluado.

**Tabla 16:** Peso de los hongos de cada tratamiento

Tratamiento	Repeticiones				Suma	Media (gr)
	R1	R2	R3	R4		
T1	55,33	63,67	58,67	61,00	238,67	59,67
T2	93,33	89,67	85,33	87,33	355,67	88,92
T3	119,7	133,3	135,6	122,3	511,0	127,75

En la Tabla 17 se detalla un análisis descriptivo estadístico en base al peso del hongo con dos cosechas, en donde el tratamiento T2 presenta mayor dispersión entre sus datos, es decir los valores del peso de los hongos varían con un porcentaje de 68,77% en comparación con los otros tratamientos; lo que le convierte en el sustrato más impredecible en esta variable.

**Tabla 17:** Análisis descriptivo estadístico del peso de los hongos con dos cosechas

Tratamientos	Media	Mediana	SD	CV%	Error estándar
T1	78,75	78,75	20,86	26,49	10,43
T2	133,38	133,38	68,77	51,56	34,38
T3	166,38	166,38	34,12	20,51	17,06

En la Tabla 18 se detalla un análisis descriptivo estadístico en base al peso del hongo con tres cosechas.

**Tabla 18:** Análisis descriptivo estadístico del peso de los hongos con tres cosechas

Tratamientos	Media	Mediana	SD	CV%	Error estándar
T1	59,67	64,00	36,20	60,66	18,10
T2	88,92	84,75	91,07	102,42	45,54
T3	127,75	142,25	71,12	55,67	35,56

En las Tablas 17 y 18 se muestran, que al comparar las medias de sus tratamientos, con dos y tres cosechas, con respecto a la variable peso de los hongos, sus valores siguen la misma tendencia, esto se debe a que el valor de cero que se incluyó en la tercera cosecha para el tratamiento T2 no influyó notablemente ya que en dicha cosecha la producción es muy baja.

Se probó en la Tabla 19 si existe interacción significativa entre las cosechas y los tratamientos de acuerdo al variable peso del hongo.

**Tabla 19:** Estadístico de prueba de una tabla ANOVA para la variable peso del hongo

F = 1.957997	Denom df = 30	p-value = 0.1719829
--------------	---------------	---------------------

De acuerdo al resultado obtenido  $p = 0.1719829$  se demostró que al no ser  $p < 0.05$  no existe interacción significativa entre las cosechas y los tratamientos.

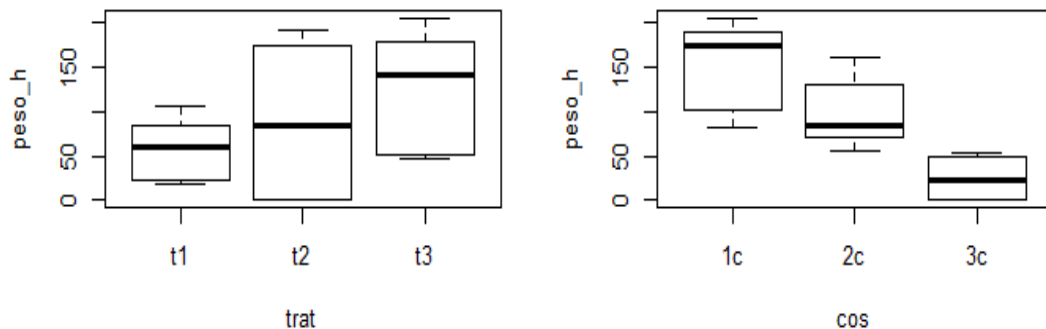
El análisis de varianza ANOVA en la Tabla 20 nos muestra que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ( $F=27,832$ ,  $p < 0.005$ ) y también entre las cosechas ( $F=103,315$ ,  $p < 0.005$ ) para la variable peso del hongo.

**Tabla 20:** ANOVA para la variable peso del hongo en los tratamientos y sus cosechas

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Valor "F"	Probabilidad (>F)
Tratamiento	2	27996	13998	27,832	1,201e-07 ***
Cosecha	2	103921	51960	103,315	1,948e-14 ***
Error experimental	31	15591	503		

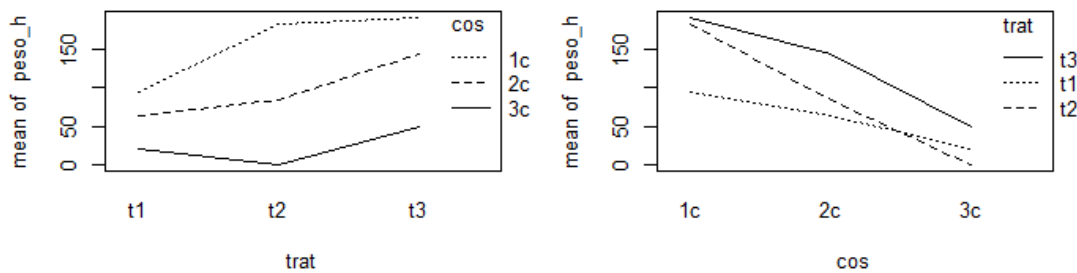
En la Figura 19, en el boxplot de los tratamientos, ubicado al lado izquierdo, se muestra que el tratamiento T3 posee el valor más alto en su mediana, con respecto a los valores de los tratamientos T2 y T3, presentando un valor de 142,25 gr; en cambio el tratamiento que presentó mayor dispersión en sus datos fue el T2 con un porcentaje de 102,42%, además posee una distribución simétrica esto nos quiere decir que tanto la media, la mediana y la moda coinciden aproximadamente; mientras que el T1 posee una asimetría negativa, al igual que el T3, que nos indica que los datos se concentran en la parte inferior de la distribución, también nos muestran que sus datos se encuentran próximos, es decir menos dispersos con respecto al T2.

En la Figura 19, en el boxplot de las cosechas, ubicado al lado derecha, podemos observar que sus medianas difieren claramente, debido a que en la cosecha 1 encontramos que el de valor de la mediana es mayor en comparación con la cosecha 2 y la cosecha 3 que contiene los valores más bajos. En la cosecha 1 se presenta una asimetría negativa que nos indica que la mediana es mayor a la media por lo tanto los datos se agrupan en la parte superior de la caja y en la cosecha 2 nos muestra una asimetría positiva concentrándose los datos en la parte superior, en la cosecha 3 se presenta una distribución normal y sus datos se encuentran menos dispersos que en las demás cosechas.



**Figura 19:** Análisis del peso del hongo *P. ostreatus* mediante boxplot.

En la Figura 20, las gráficas de interacción nos muestran que las líneas de tendencia de los tratamientos responden favorablemente en las cosechas 1 y 2, ya que a partir de la cosecha 3 los pesos de los hongos disminuyen drásticamente en los tres tratamientos, además se observa que el tratamiento 2 presenta valores de cero ya que no existió una tercera cosecha en este sustrato.



**Figura 20:** Análisis del peso del hongo *P. ostreatus* mediante gráficas de interacción

Según Guarín & Ramirez (2004), la rentabilidad de los hongos va disminuyendo cuando se realiza más de una cosecha en la misma bolsa de sustrato, debido a que el micelio se va degradando paulatinamente hasta que ya no produce más cuerpos fructíferos, ratificando lo anterior, se muestra en la Figura 18, en el boxplot ubicado en la parte superior derecha, que el peso de las setas va decreciendo con respecto al primer corte; de la misma manera Vega & Franco (2013), en su estudio sobre la productividad y calidad de los cuerpos fructíferos de los hongos comestibles *Pleurotus pulmonaris* RN2

y *P. djamor* RN81 Y RN82, afirman que realizaron tres cosechas y decrecía su productividad conforme aumentaban los cortes.

Según Gavidia & León (2016), una vez producida la primera cosecha, las bolsas de sustrato entran a un estado de reposo de aproximadamente 15 días, en este período los hongos se preparan para acomodar las semillas que se encuentran internamente dentro de las bolsas para que se de la segunda cosecha, y posteriormente 15 días para la cosecha, así mismo permanecen los tratamientos nuevamente 15 días en reposo y otros 15 días para la tercera cosecha, que coincide con nuestra investigación ya que se tardó aproximadamente el mismo período para que vuelvan a fructificar las setas. En estos períodos de latencia, se debe tener muy en cuenta que el micelio no llegue a deshidratarse, por lo tanto es fundamental el tiempo que se dedique al cultivo ya que conforme transcurre el tiempo son mayores los cuidados que necesita.

Barradas (2009), menciona que el hongo para que pueda desarrollarse de manera óptima, en la composición química de los sustratos debe encontrarse necesariamente la lignina, la celulosa y las hemicelulosas que actúan como fuentes ricas de carbono y nitrógeno por lo tanto se corrobora que nuestros tratamientos presentaron estos componentes y se dio un crecimiento adecuado de los hongos.

#### 4.4 Cantidad de cuerpos fructíferos en los hongos ostra

Para determinar la cantidad de cuerpos fructíferos, se procedió a contar el número de hongos que produce cada bolsa de sustrato después de cada cosecha.

En la Tabla 21 se presentan los resultados de la cantidad de cuerpos fructíferos en cada tratamiento evaluado.

**Tabla 21:** Número de cuerpos fructíferos en cada tratamiento

Tratamiento	Repeticiones				Suma	Media
	R1	R2	R3	R4		
T1	14,0	13,67	13,33	12,33	53,33	13,33
T2	11,67	10,00	11,33	12,33	45,33	11,33
T3	13,33	16,00	18,67	11,67	59,67	14,92

En la Tabla 22 se detalla un análisis descriptivo estadístico en base a la cantidad de cuerpos fructíferos con dos cosechas, en donde el tratamiento T3 presenta mayor variabilidad con un porcentaje de 77,38% en los valores de la cantidad de cuerpos fructíferos, lo que significa que se encuentran sus datos más dispersos.

**Tabla 22:** Análisis descriptivo estadístico de la cantidad de cuerpos fructíferos con dos cosechas

Tratamientos	Media	Mediana	SD	CV%	Error estándar
T1	17,63	17,63	8,66	49,15	4,33
T2	17,00	17,00	10,25	60,31	5,13
T3	19,88	19,88	15,38	77,38	7,69

En la Tabla 23 se detalla un análisis descriptivo estadístico en base a la cantidad de cuerpos fructíferos con 3 cosechas.

**Tabla 23:** Análisis descriptivo estadístico de la cantidad de cuerpos fructíferos con tres cosechas

Tratamientos	Media	Mediana	SD	CV%	Error estándar
T1	13,33	11,50	9,63	72,24	4,82
T2	11,33	9,75	12,20	107,67	6,10
T3	14,92	9,00	13,86	92,90	6,93

En las Tablas 22 y 23 se muestran, que al comparar las medias de sus tratamientos, con dos y tres cosechas, con respecto a la variable cantidad de cuerpos fructíferos, sus valores no varían notablemente entre los tratamientos, y al incluir el valor de cero en la tercera cosecha en el "T2" se puede notar que baja la cantidad de cuerpos fructíferos, sin embargo no difiere significativamente, ya que continúa produciéndose una cantidad de hongos similar por bolsa, esto se debe a que en la tercera cosecha la producción es baja.

Se probó en la Tabla 24 si existe interacción significativa entre las cosechas y los tratamientos de acuerdo a la variable cantidad de cuerpos fructíferos.

**Tabla 24:** Estadístico de prueba de una tabla ANOVA para la variable cantidad de cuerpos fructíferos

<b>F =</b> 0,1020099	<b>Denom df =</b> 30	<b>p-value =</b> 0.7516444
----------------------	----------------------	----------------------------

De acuerdo al resultado obtenido  $p = 0.7516444$  se demostró que al no ser  $p < 0.05$  no existe interacción significativa entre las cosechas y los tratamientos.

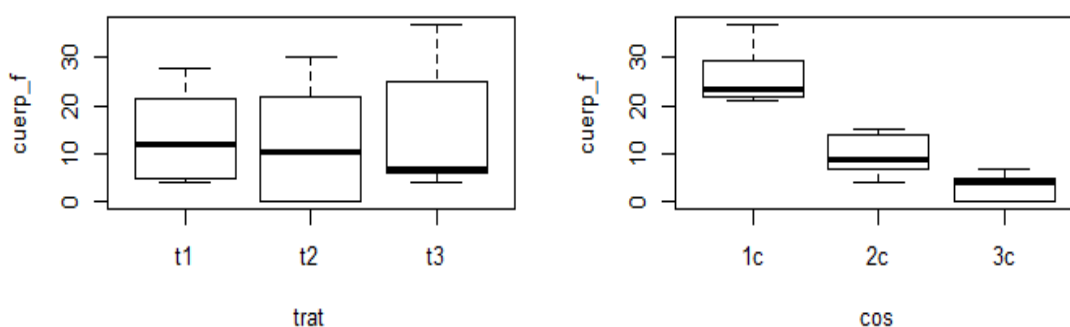
El análisis de varianza ANOVA en la Tabla 25 nos muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ( $F=2,3067$ ,  $p < 0.005$ ) pero si existen diferencias significativas entre las cosechas ( $F=99,7974$ ,  $p < 0.005$ ) para la variable cantidad de cuerpos fructíferos.

**Tabla 25:** ANOVA para la variable cantidad de cuerpos fructíferos en los tratamientos y sus cosechas

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Valor "F"	Probabilidad (>F)
Tratamiento	2	77,4	38,69	2,3067	0,1164
Cosecha	2	3348,2	1674,11	99,7974	3,104e-14***
Error experimental	31	520,0	16,78		

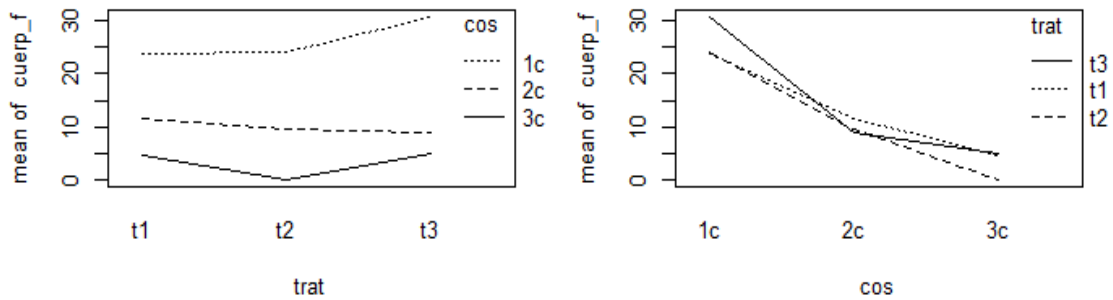
En la Figura 21, en el boxplot de los tratamientos, ubicado al lado izquierdo, se muestra que las medianas de las cajas no difieren notablemente entre los tres sustratos, es decir el número de hongos por bolsa son similares, sin embargo se observa que en el tratamiento T3 la mayor parte de sus datos se concentran en la inferior de la distribución presentándose una asimetría positiva, mientras que el tratamiento T2 presenta mayor dispersión en sus datos con una variabilidad de 107,67%.

En la Figura 21, en el boxplot de las cosechas, ubicado al lado derecho si existe una diferencia marcada entre sus medianas, siendo la cosecha 1 la que posee mayor producción de hongos, seguida de la cosecha 2 y finalmente la cosecha 3. La cosecha 1 y 2 posee una asimetría positiva que nos indica que los datos se concentran en la parte inferior de la distribución y su mediana es menor que la media, mientras que la cosecha 3 posee una asimetría negativa y sus datos se encuentran menos dispersos con respecto a las cosechas 1 y 2.



**Figura 21:** Análisis de la cantidad de cuerpos fructíferos del hongo *P. ostreatus* mediante boxplot

En la Figura 22, en las gráficas de interacción, ubicadas en la parte inferior, muestran que según las líneas de tendencia en la primera cosecha existe mayor cantidad de cuerpos fructíferos, en la segunda cosecha disminuye la cantidad de hongos y finalmente en la tercera cosecha existe un valor muy bajo en la producción de setas.



**Figura 22:** Análisis de la cantidad de cuerpos fructíferos del hongo *P. ostreatus* mediante gráficas de interacción

Estadísticamente se puede observar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo la media más alta para la cantidad de cuerpos fructíferos fue en el tratamiento T3 con un valor de 14,92 hongos, cabe recalcar que conforme aumentaban las cosechas, disminuía el número de hongos, razón por la cual se obtiene un promedio en el número de hongos relativamente bajo.

Según Royse & Sánchez (2001), la cantidad de hongos producidos por bolsa de sustrato, no tiene demasiada relevancia comparado con su peso fresco ya que la cantidad de hongos que se originan depende de la fuente de carbono y de la cepa utilizada, debido a que algunos muestran mayor demanda de hongos pero de menor tamaño y otros producen hongos de gran tamaño pero en menores cantidades por lo tanto, para que un cultivo pueda considerarse económicamente rentable y apropiado se debe tomar estrictamente en cuenta su porcentaje de eficiencia biológica. Al igual que Magae (1995) et al. quien corrobora que el número de hongos generados en las fundas de sustrato no tienen gran confiabilidad como su peso fresco.

#### 4.5 Eficiencia biológica en los hongos ostra

Para calcular el porcentaje de eficiencia biológica se tomó el peso fresco de los hongos cosechados y se dividió para el peso del sustrato húmedo y finalmente se multiplicó por cien para evaluar la producción en cada uno de los tratamientos.

En la Tabla 26 se presentan los resultados de la eficiencia biológica en cada tratamiento evaluado.

**Tabla 26:** Eficiencia biológica (%) de cada tratamiento.

Tratamiento	Repeticiones				Suma	Media (%)
	R1	R2	R3	R4		
T1	25,54	29,38	27,08	28,15	110,15	27,54
T2	44,37	38,93	37,05	37,92	158,27	39,57
T3	46,81	52,15	53,06	47,85	199,87	49,97

En la Tabla 27 se detalla un análisis descriptivo estadístico en base a la eficiencia biológica, en donde el tratamiento T2 presenta mayor variabilidad en sus valores con un porcentaje de 8,33%, es decir sus datos se encuentran más dispersos, lo que le hace el sustrato más impredecible con respecto al porcentaje de eficiencia biológica.

**Tabla 27:** Análisis descriptivo estadístico de la eficiencia biológica

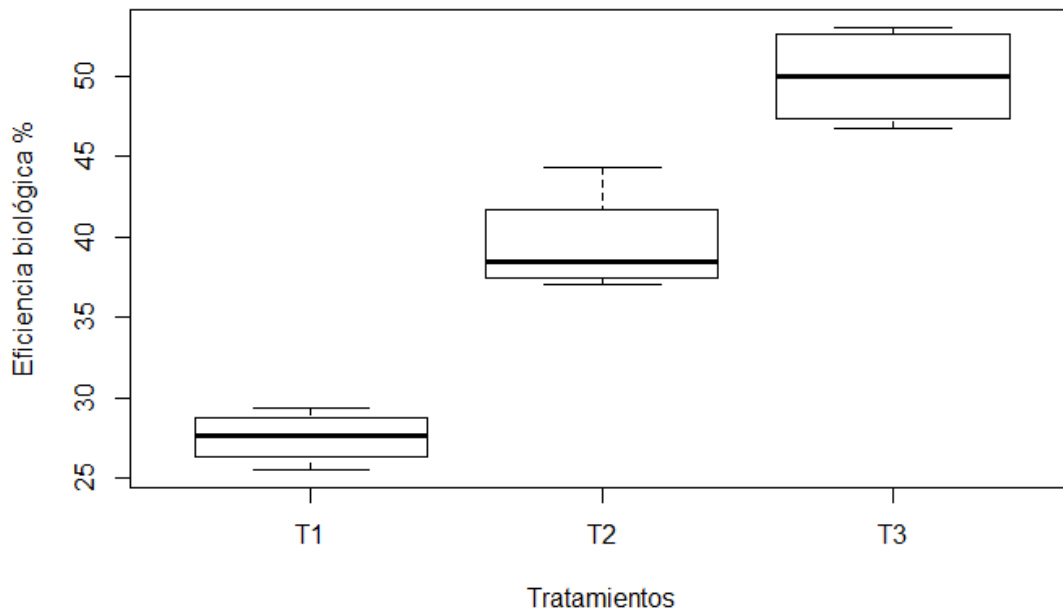
Tratamientos	Media	Mediana	SD	CV%	Error estándar
T1	27,54	27,62	1,63	5,93	0,82
T2	39,57	38,42	3,30	8,33	1,65
T3	49,97	50,00	3,10	6,21	1,55

El análisis de varianza ANOVA en la Tabla 28 nos muestra que existen diferencias altamente significativas entre los valores de eficiencia biológica en cada uno de los tratamientos ( $F=65.32$ ,  $p<0.05$ ).

**Tabla 28:** ANOVA para la variable eficiencia biológica en tres tratamientos diferentes

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Valor "F"	Probabilidad (>F)
Tratamiento	2	1007.88	503.94	65.326	0.00000437 ***
Error experimental	9	69.43	7.71		

En la Figura 23 se evidencia que todas las cajas presentan un comportamiento diferente, es decir las medianas de sus porcentajes de eficiencia biológica varían entre los tres tratamientos y van de menor a mayor siendo el T1, viruta de pino, el de menor eficiencia y el T3 mezcla de viruta de pino con tuza de maíz el de mayor eficiencia. En el T1 y T3 la mediana se sitúa en el centro de la caja lo que quiere decir que su distribución es simétrica y que tanto la media, la mediana y la moda coinciden aproximadamente, mientras que el T2 presenta una asimetría positiva, además los bigotes de las cajas que corresponden al T1 y T3 presentan proporciones similares lo que significa que no existe sesgos evidentes para los tratamientos. No se presentan datos atípicos.



**Figura 23:** Análisis de la eficiencia biológica del hongo *P. ostreatus* mediante boxplot

Pérez & Mata (2005), en su estudio sobre el cultivo y selección de cepas de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius* en viruta de pino reportaron valores de eficiencia biológica que fluctuaron entre 27,98% y 53,53% que coincide con nuestro estudio en el cual se identificó una eficiencia biológica del 27,54 % sin embargo, difieren del porcentaje de eficiencia biológica que demostraron García & Merchán (2011), con un valor del 12% en el tratamiento de viruta de pino.

Hernandez & López (2006), en su investigación sobre la evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* en diferentes residuos agroindustriales, demostraron eficiencias biológicas de 56,70% en el sustrato conformado por tuzas maíz, porcentaje que se aproxima con el estudio de García (2002), que alcanzó una eficiencia de 57,72% así mismo en el tratamiento de tuzas de maíz; estos porcentajes difieren de nuestra investigación que arrojó un valor de 39,57% ya que nuestro tratamiento presentó contaminación en el sustrato por el nivel bajo de lignina que posee la tuza de maíz con un valor de 18.8% en comparación con la viruta de pino que posee un porcentaje de lignina de 33,72%, de manera que ya no se pudo realizar un tercer corte lo que causó una disminución en su eficiencia. Según Paredes (2010), explica que la lignificación en varias especies vegetales es un mecanismo de resistencia y defensa contra agentes perjudiciales como es el caso de hongos patógenos o bacterias que atacan generalmente a estos cultivos; sin embargo a pesar de que hubo contaminación en el T2, no se observó que sus hongos estuviesen contaminados, ya que no presentaron agujeros ni manchas en sus sombreros y sus cuerpos fructíferos eran carnosos.

En el tratamiento conformado por la mezcla de viruta de pino con tuza de maíz T3 no se han realizado pruebas de cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*, por lo que atribuimos su alta eficiencia a la combinación de sustratos que logró un alto contenido de fuentes ricas en carbono.

Cisterna (2002), señala en su publicación a cerca del cultivo del hongo ostra en Chile que la compactación del sustrato es un factor muy importante en la expansión completa del micelio es decir si esta es débil el micelio no se extenderá a través de todo el sustrato disminuyendo la producción de setas. Los tratamientos T3 mezcla de viruta de pino con tuza de maíz y T2 tuza de maíz presentaron mayor compactación en las bolsas de sustrato, por lo tanto su eficiencia biológica fue más alta, mientras que el T1 presentó una compactación laxa.

#### 4.6 Rendimiento en los hongos ostra

Los porcentajes de rendimiento se obtuvieron a partir del peso fresco del hongo ostra entre el peso húmedo del sustrato por cien en cada uno de los tres tratamientos.

En la Tabla 29 se presentan los resultados del rendimiento en cada tratamiento evaluado.

**Tabla 29:** Rendimiento (%) de cada tratamiento

Tratamiento	Repeticiones				Suma	Media (%)
	R1	R2	R3	R4		
T1	8,3	9,55	8,8	9,15	35,80	8,95
T2	14	14,45	12,8	13,1	53,35	13,34
T3	17,95	20	20,35	18,35	76,65	19,16

En la Tabla 30 se detalla un análisis descriptivo estadístico en base al rendimiento en donde el tratamiento T3 muestra mayor dispersión en sus datos, lo que le hace el sustrato más impredecible con respecto a la variable rendimiento de los hongos, con un porcentaje de variabilidad de 6,21%.

**Tabla 30:** Análisis descriptivo estadístico del rendimiento de los hongos

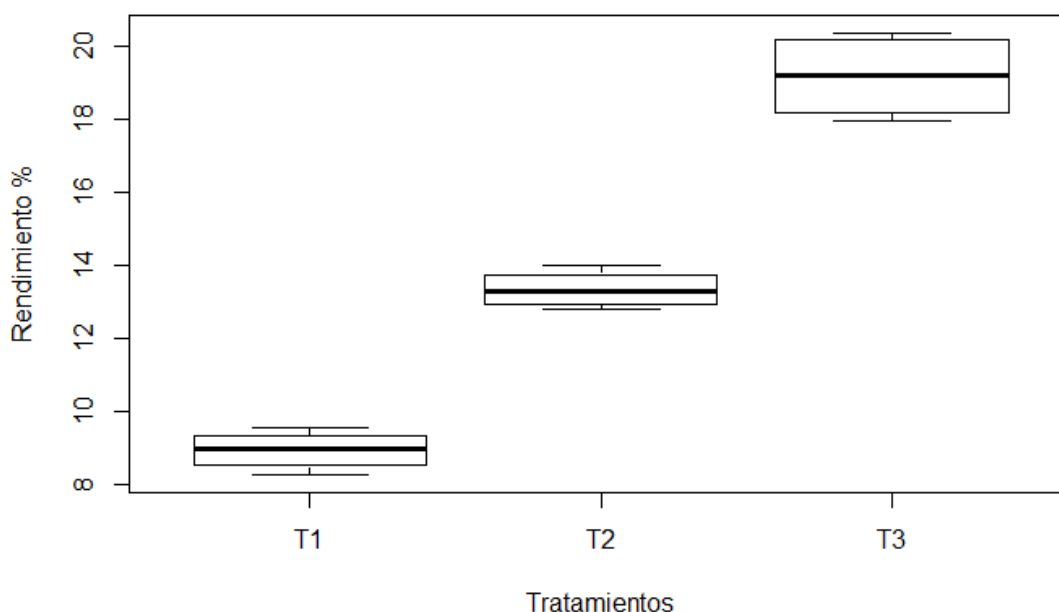
Tratamientos	Media	Mediana	SD	CV%	Error estándar
T1	8,95	8,98	0,53	5,93	0,27
T2	13,34	13,28	0,52	3,86	0,26
T3	19,16	12,8	1,19	6,21	0,59

El análisis de varianza ANOVA en la Tabla 31 nos muestra que existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores de rendimiento en cada uno de los tratamientos ( $F=160,59$ ,  $p<0.001$ ).

**Tabla 31:** ANOVA para la variable rendimiento en tres tratamientos diferentes

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Valor "F"	Probabilidad (>F)
Tratamiento	2	209,968	104,984	160,59	0,0000000911
Error experimental	9	5,884	0,654		

En la Figura 24 se observa que las medianas de las cajas en base a los rendimientos en los 3 tratamientos, difieren uno del otro, en donde se comprueban porcentajes de 8,97 % en el sustrato T1, viruta de pino, siendo el valor mínimo; seguido del T2, tuza de maíz, con 13,27% y finalmente T3 mezcla de viruta de pino y tuza de maíz que corresponde al valor máximo con 19,17% en cuanto al rendimiento de las setas. Se muestran distribuciones normales o simétricas en los tres tratamientos, lo que indica que tanto su media, mediana y moda coinciden; además en T1 y T2 los datos se encuentran más próximos, mientras que T3 posee datos más dispersos. Las pestañas de los tres tratamientos poseen sesgos semejantes lo que nos da mayor confiabilidad.



**Figura 24:** Análisis del rendimiento del hongo *P. ostreatus* mediante boxplot

El rendimiento obtenido del cultivo de los hongos ostra, es directamente proporcional al peso fresco de las setas y al porcentaje de eficiencia biológica calculada en cada uno de los sustratos. El tratamiento que presentó menor rendimiento fue aquel conformado por viruta de pino T1 con una media de 8,95% y el tratamiento que presentó mayor rendimiento fue aquel conformado por una mezcla de viruta de pino y tuza de maíz T3 con una media de 19,16%.

El tratamiento T1 conformado por viruta de pino es el sustrato que presentó mayor cantidad de lignocelulosa sin embargo su estructura física impide que alcance los mejores resultados en base a su productividad, ya que al empacar las bolsas con dicho sustrato, consta de excesiva porosidad, es decir hay demasiado espacio entre el material de este subproducto y menor compactación, lo que permite que el hongo se desarrolle en varias direcciones consecuentemente entre los espacios que queda entre virutas y en los cortes que se hacen a las fundas para que crezcan las setas, esto se debe a que el hongo busca disponibilidad de oxígeno y luminosidad, condiciones que son imprescindibles para la fructificación (Mosquera, 2017).

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se establecen las siguientes conclusiones

- El tratamiento que presentó menor tiempo en la aparición de sus primordios fue T1, viruta de pino, con 22 días y el tratamiento que se tomó más tiempo para que se visualizaran los primordios fue T2, tuza de maíz, con 27 días.
- El tratamiento que presentó un mayor diámetro en el carpóforo es T3, mezcla de viruta de pino y tuza de maíz, con un valor de 5,72 cm, lo que nos indica que el diámetro del sombrero si influye sobre el peso del hongo ya que a mayor longitud de su diámetro, mayor será el peso del hongo.
- El tratamiento que presentó mayor producción fue T3, mezcla de viruta de pino y tuza de maíz, ya que alcanzó un porcentaje de eficiencia biológica de 49,97 %, seguido del tratamiento T2, tuza de maíz, que obtuvo un eficiencia biológica de 39,57%.
- El rendimiento y el peso fresco de los hongos es directamente proporcional al porcentaje de eficiencia biológica, por lo tanto T3, mezcla de viruta de pino y tuza de maíz, obtuvieron los valores más altos en dichas variables.
- El tratamiento T1, viruta de pino, alcanzó porcentajes de eficiencia biológica bajos, con un valor de 27,54 % y por lo tanto su rendimiento y peso fresco de los hongos también son los más bajos.
- La contaminación en el tratamiento T2, tuza de maíz, se dio a partir del primer corte, debido al riego o en la cosecha, por lo que no pudo alcanzar el porcentaje de eficiencia biológica máximo obtenido por otros autores, sin embargo no influyó considerablemente ya que en la tercera cosecha no se alcanzan valores elevados.
- La contaminación que presentó el tratamiento T2, tuza de maíz, por *Trichoderma harzianum* o moho verde se debe al bajo nivel de lignina que posee en su composición química, ya que esta sustancia actúa como una barrera de defensa ante un ataque microbiano.

- En la primera y segunda cosecha se reportaron valores favorables con respecto a la producción de hongos, pero a partir de la tercera cosecha disminuyó notablemente el peso de los hongos como la cantidad de cuerpos fructíferos.
- En la variable cantidad de cuerpos fructíferos no se presentaron diferencias estadísticamente significativas lo que significa que no es de mayor relevancia el número de hongos como el porcentaje de eficiencia biológica.
- El porcentaje de eficiencia biológica, rendimiento y peso del hongo va a depender estrictamente de la composición estructural del material que se va a utilizar como sustrato.

## CAPÍTULO VI

### 6. RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones se establecen las siguientes recomendaciones

- Realizar el análisis de la composición química y estructural de los sustratos a ser evaluados, ya que nos permitiría determinar si algún componente interfiere en el desarrollo y producción de los hongos.
- Realizar más investigaciones con diferentes materiales lignocelulósicos que no sean aprovechados por el hombre, para evitar que sean quemados o arrojados al ecosistema y dar un pequeño paso en el gran problema global de la contaminación.
- Realizar análisis químicos de los hongos ostra a partir de diferentes sustratos para identificar si el material en el que se cultiva interfiere en su contenido nutricional.
- Usar maquinaria industrial para trabajos a gran escala ya que esto agilizaría el corte y la manipulación de los materiales que serán utilizados como sustratos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANACAFÉ. (2009). Guía técnica producción de hongos comestibles de la especie *Pleurotus ostreatus*.
- Ardon, C. (2007). La producción de los hongos comestibles. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/07/07\\_1932.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/07/07_1932.pdf)
- Aro, N. (2005). Transcriptional regulation of plant cell wall degradation by filamentous fungi. FEMS.
- Atlas, R., & Bartha, R. (2002). Ecología microbiana y microbiología ambiental. Madrid: Adisson Wesley.
- Barbado, J. (2003). Obtenido de Hongos comestibles: <https://books.google.com.ec/books?id=qPykPteTTkC&>
- Barradas, A. (2009). Gestión integral de residuos sólidos municipales: estado del arte. México.
- Barros, L., Cruz, T., Baptista, P., Estevinho, L. M., & Ferreira, I. C. (2008). Wild and commercial mushrooms as source of nutrients and nutraceuticals. Food Chem. Toxicology, 2742-2747.
- Barroso, M. (2010). Pretratamiento de biomasa celulósica para la obtención de etanol en el marco de una biorrefinería. Universidad Politécnica de Madrid, 3-4.
- Basaure, P. (2008). Manual de lombricultura, aserrín. Obtenido de <https://www.manualdelombricultura.com/>
- Bermudez, C., Donoso, C., Martínez, C., Morris, J., & Ramos, I. (2003). Influencia de la luz en la calidad proteica del hongo ostra,. Scielo, 226-231.
- Bernabé, T., Cayetano, M., Adán, A., & Torres, M. (2004). Cultivo de *Pleurotus pulmonaris* sobre diversos subproductos agrícolas de Guerrero. Revista Mexicana de Micología, 77-80.
- Berrocal, A., Baeza, J., Rodriguez, J., Espinoza, M., & Freer, J. (2004). Effect of tree age on variation of *Pinus radiata* D. Don chemical composition. Chile.
- Boa, E. (2006). Hongos silvestres comestibles. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-y5489s.pdf>

- Bocel, J. (2009). Evaluación del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en pulpa de café, viruta y pulpa de maíz como sustratos para determinar su rendimiento en 40 días.
- Calzado, E. (2010). Producción y determinación de la eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus*, evaluado en cuatro sustratos diferentes. México.
- Cha, J. (2005). Manejo de plagas, plagas y enfermedades. Obtenido de <http://www.hongoscomestiblesymedicinales.com/P/P/oyster%20bien/>
- Chang, S. (2007). Mushroom Production. Obtenido de <https://www.eolss.net/Sample-Chapters/C17/E6-58-06-03.pdf>
- CIMMYT. (1995). Manejo de los ensayos e informes de los datos para el Programa de Ensayos Internacionales de Maíz. México DF.
- Cisterna, C. (2002). Cultivo del champiñon ostra. Obtenido de <http://www.biomicel.com/Interes/Tecnologia/35.pdf>
- Córdoba, A., Delgado, F., & Toriz, G. (2010). Generación de compuestos orgánicos en el olote, mediante la oxidación en húmedo. Investigación, Biodiversidad y Desarrollo, 186-200.
- Cruz, D., López de León, F., Pascual, L., & Battaglia, M. (2010). Guía Técnica de producción de hongos comestibles de la especie de Hongos Ostra. Obtenido de <http://www.jaeid.it/ojs/index.php/JAEID/article/view/16>
- Cuevas, F. (2008). Cultivo de *Pleurotus ostreatus*/Carne vegetal: alternativa doméstica. 1-56.
- Delfín, I., & Duran, C. (2003). Biodegradación de residuos urbanos lignocelulósicos por *Pleurotus*. Int Contam Ambient, 37-45.
- Donado, T. (2014). Evaluación de tres sustratos para la producción de Hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*). Guatemala.
- Enriquez, C. (2018). 4 variedades de hongos para el paladar gourmet. Revista líderes, 22-36.
- Fernández, F. (2004). Guía práctica de producción de setas (*Pleurotus spp.*). Guadalajara, Jalisco, Mexico .
- Forero, C., Hoyos, O., & Bazante, W. (2016). Evaluación de residuos de ají como sustrato para setas de hongos comestibles. Revista Biotecnológica, 42-53.

- France, A., Cañumir, J., & Cortez, M. (2000). 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. TESIS.
- García, B. (2013). Obtención de celulosa microcristalina a partir del bagazo de caña de azúcar. ICIDCA, 57-63.
- García, G., & Merchán, M. (2011). Evaluación, caracterización y aprovechamiento del hongo *Lentinula edodes* "SHIITAKE" para la disposición final del residuo de la industrial maderera en la provincia del Chimborazo. Tesis de grado.
- García, J. (2002). Evaluación de 6 sustratos para determinar la eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus*. tesis de grado.
- Garzón, J., & Cuervo, J. (2008). Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. NOVA, 126-140.
- Gavidia, B., & León, Y. (2016). Evaluación preliminar de la producción de *Pleurotus pulmonarius* en vainas de frijol (*Phaseolus vulgaris*), vainas de arveja (*Pisum sativa*) y tamo de retamo espinoso (*Ulex europaeus*) como sustratos orgánicos. Bogotá.
- Guarín, J., & Ramirez, R. (2004). Estudio de la factibilidad técnico financiera de un cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Guerrero, R., & Valenzuela, L. (2011). Agroindustria y Medio Ambiente. Trilogía. Ciencia Tecnología Sociedad, 63-83.
- Guzmán, G., & Mata, D. (1993). El cultivo de los hongos comestibles, con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agroindustriales. Instituto Politécnico Nacional.
- Hami, H. (1990). Cultivation of Oyster Mushroom (*Pleurotus spp.*) on sawdust of different woods. Thesis. Department of Plant Pathology, University of Agriculture.
- Hernández, R., & López, C. (2006). Evaluación de crecimiento y producción de *Pleurotus Ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. Bogotá, Colombia.

- Kang, W. (08 de Junio de 2004). What is oyster mushroom, Mushroom Growers. Obtenido de <http://www.fungifun.org/mushworld/Oyster-Mushroom-Cultivation/mushroom-growers-handbook-1-mushworld-com-chapter-3.pdf>
- Kurtzman, R. (2010). Pasteurization of mushroom substrate and other solids,. *Micologia Aplicada International*,.
- Kwon, H., & Byung, S. (2005). Manual del cultivador de hongos- Cultivos en botellas. Obtenido de <http://hongoscomestiblesymedicinales.com/P/P/oyster%20bien/capitulo%207%20pag.%20181-186.pdf>
- Lainez, A., & Navarro, L. (2008). El cultivo de *Pleurotus* está expuesto a alteraciones que pueden ocasionar descensos en el rendimiento. Obtenido de <http://www.terralia.com/terralias/index?num=44>
- Luley, C. (2006). Identificación del tipo de pudrición de la madera y hongos,. Obtenido de <http://www.dbbe.fcen.uba.ar/contenido/objetos/Identifictipodepudric.pdf>
- Magae, Y., Kakimoto, Y., Kashiwagi, Y., & Sasaki, T. (1995). Fruiting body formation from regenerated mycelium of *Pleurotus ostreatus* protoplasts. *Applied and environmental Microbiology*, 441-442.
- Manyoma, P. (2013). Utilización de residuos orgánicos lignocelulósicos provenientes de actividades industriales para la producción de hongos comestibles *Pleurotus spp.* En el distrito especial de Buenaventura, Colombia. Universidad Autónoma de Occidente .
- Martinez, J. (2013). implementación del cultivo de hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en la region de Orizaba.
- Mead, D. (2013). Sustainable management of *Pinus radiata* plantations. *FAO*, 257.
- Mendevil, J. (2013). Hongos en Aragón . Obtenido de <https://www.pasapues.es/naturalezadearagon/hongos/index.php>
- Meneses, M. (2006). División Fungi-Hongos. Obtenido de Basidiomicetos: <http://www.mailxmail.com/curso-division-fungi-hongos/clase-4-basidiomicetos>
- Merino , A., C, Rey, J, Brañas, & R, Rodriguez - Soalleiro. (2003). Biomasa arbórea y acumulación de nutrientes en plantación de *Pinus radiata*. *Investigación Agrararia: Sistemas y Recursos Forestales*, 85-98.

- Michel, A., Ariza, R., Otero, M., & Aristeo, B. (2015). Productos Químicos y Biológicos que incrementan la producción del hongo ostra.
- Miller, A. (2000). *Pinus radiata* en el Ecuador, su ecología y crecimiento.
- Mosquera, M. E. (2017). Estandarización de un protocolo para la producción de semillas de hongo ostra *Pleurotus ostreatus* adaptado a las condiciones de laboratorio.
- Municipio de Almaguer. (2016). Plan de ordenamiento territorial de Almaguer. Cali: Ediciones Feriva S.A.
- OEI, P. (2003). Mushroom cultivation. Leiden , Holanda.
- Otero, M., Vowotor, K., & Cleland, J. (2003). Comparative study on the growth and yield of *Pleurotus ostreatus* mushroom on different lignocellulosic . NCBI, 159-170.
- Paredes, D. (2010). Obtención de enzimas celulasas a partir de hongos (*Pleurotus ostreatus* , *Pleurotus pulmonaris* y *Lentinula edodes*) utilizando como sustratos los residuos del cultivo de banano (*Musa Cavendish*) . Tesis de grado .
- Pereira, G., Herrera, J., Machuca, A., & Sánchez, M. (2007). Efecto de pH sobre el crecimiento in vitro de hongos ectomicorrícicos recolectados de plantaciones de *Pinus radiata*. Scielo, 215-219.
- Pérez, J. (2013). Plan de negocios para la creación de una empresa dedicada a la producción y comercialización de hongos ostra, establecida en el cantón Chaco, provincia de Napo. Ecuador.
- Perez, J., Urrea, R., Caraballo, U., & Navas, A. (2005). Manejo del cultivo de maíz en la costa Atlántica de Colombia. Colombia.
- Pérez, R., & Mata, G. (2005). Cultivo y selección de cepas de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius* en viruta de pino: obtención de nuevas cepas y evaluación de su producción. Revista mexicana de micología, 53-59.
- Philippoussis, A., & Diamantopoulou, P. (2011). Agro-food industry wastes and agricultural residues conversion into high value products by mushroom cultivation. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/268205847\\_agro-food\\_industry\\_wastes\\_and\\_agricultural\\_residues\\_conversion\\_into\\_high\\_value\\_products\\_by\\_mushroom\\_cultivation](https://www.researchgate.net/publication/268205847_agro-food_industry_wastes_and_agricultural_residues_conversion_into_high_value_products_by_mushroom_cultivation)

- Prinsen, P. (2010). Composición química de diversos materiales lignocelulósicos de interés industrial y análisis estructural de sus ligninas. Sevilla , España: INSTITUTO DE RECURSOS NATURALES Y AGROBIOLOGIA DE SEVILLA.
- Rios, M., Hoyos, J., & Mosquera, S. (2010). Evaluación de los parámetros productivos de la semilla de *Pleurotus ostreatus* propagada en diferentes medios de cultivo. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 86-94.
- Rivera , R., Martínez, C., & Morales, S. (2013). Evaluación de residuos agrícolas como sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus*. *Scielo*, 89-100. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n37/n37a08.pdf>
- Rodriguez, N., & Gómez, F. (2001). Cultivo de hongos comestibles en pulpa de café. *Programa de investigación científica* , 1-8.
- Romero , J., Rodriguez, M., & Pérez, M. (2000). *Pleurotus ostreatus* importancia y tecnología de cultivo. *Bibliociencias*, 15-23.
- Roncero, I. (2015). Propiedades nutricionales y saludables de los hongos. Obtenido de <http://www.adenyd.es/wpcontent/uploads/2015/02/Informe-sobre-champi%C3%B1%C3%B3ny-setas.pdf>
- Royse, D., & Sánchez, J. (2001). La biología y el cultivo de *Pleurotus spp.*, Obtenido de [https://books.google.com.ec/books/about/La\\_biolog%C3%ADa\\_y\\_el](https://books.google.com.ec/books/about/La_biolog%C3%ADa_y_el)
- Sanchez, C. (2010). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushroom. *Microbiology and Biotechnology*, 97-105.
- Sarmiento, M. (2011). Alternativas de compostaje de aserrín de pino caribe (*Pinus caribea*) en la industria maderera Refocosta S.A., municipio de Villanueva, Casanare, Colombia. *RIAA*, 21-32.
- Staments, P. (2000). *Growing gourmet and medicinal mushrooms*. Barkeley: Ten Speed Press.
- Tuchan, R. (2004). Evaluación del efecto de la pulpa de café *Coffea arabica* L. en el incremento de la eficiencia biológica de la cepa INIREB-8 de *Pleurotus ostreatus* utilizando cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) y bambú (*Bambusa vulgaris var. Striata*) como sustrato. Tesis.

- Vargas, A., & Perez, L. (2018). APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES EN EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE. Facultad de Ciencias Básicas, 1-14.
- Vega, A., & Franco, H. (2013). Productividad y calidad de los cuerpos fructíferos de los hongos comestibles *Pleurotus pulmonaris* RN2 y *P. djamor* RN81 Y RN82 cultivados sobre sustratos lignocelulósicos . Información tecnológica , 69-78.
- Velasco, J. (2004). Artículo del cultivo del hongo seta (*Pleurotus ostreatus*).
- Velez, N., Garcés, A., Ruíz, S., Serna de León , J., & Suarez, E. (2006). Evaluación de algunos residuos orgánicos como sustrato para el. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69520204>
- Vivero, E., Ticante, J., Gómez, S., Linares, G., & Gonzáles, F. (2008). El uso y manejo integral del hongo (*Pleurotus spp*). Obtenido de <https://es.scribd.com/document/175850524/sustrato-olote-pdf>
- Woo Kang, S. (2005). Introducción al hongo Ostra. Obtenido de <http://www.hongoscomestiblesymedicinales.com/P/P/oyster%20bien/>

## ANEXOS

**Anexo 1:** Fotografías de los sustratos: viruta de pino, tuza de maíz y mezcla de viruta de pino con tuza de maíz utilizados en el cultivo del hongo *P. ostreatus*



**Anexo 2:** Fotografías de la adecuación del área de cultivo



**Anexo 3:** Fotografías de la Inoculación de la semilla *P. ostreatus* en el sustrato



**Anexo 4:** Fotografías de la expansión del micelio en el sustrato



**Anexo 5:** Fotografías de la aparición de primordios en los sustratos: viruta de pino, tuza de maíz y mezcla de viruta de pino con tuza de maíz



**Anexo 6:** Fotografías de la fructificación del hongo *P. ostreatus* en los sustratos: viruta de pino, tuza de maíz y mezcla de viruta de pino con tuza de maíz



**Anexo 7:** Fotografía de la determinación de la cantidad de cuerpos fructíferos



**Anexo 8:** Fotografía de la determinación del diámetro del carpóforo



**Anexo 9:** Fotografía de la determinación del peso de los hongos

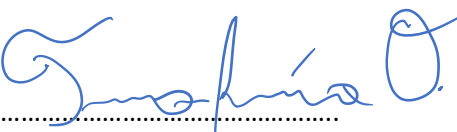




**PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO  
INSTITUCIONAL**

Yo, **Thalía Belén Ochoa Fajardo** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° 0106050792. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Evaluación del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en tuzas de maíz y viruta de pino, en el cantón Cuenca”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 25 de junio de 2019

F:   
Thalía Belén Ochoa Fajardo  
C.I. 0106050792

