



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

“EVALUACIÓN DE LA DESINFECCIÓN Y EFICIENCIA DE SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRA ROSADO (*Pleurotus djamor B*) CON RESIDUOS AGRO FORESTALES EN SAN JOSÉ DE CHALTURA”

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

AUTOR/A:

Josselyn Xiomara Tinoco Tello

DIRECTOR:

Ing. Franklin Eduardo Sánchez Pila, MSc

Ibarra, 2022

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERÍA EN

AGROPECUARIA

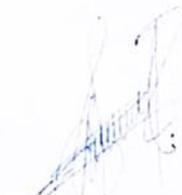
“EVALUACIÓN DE LA DESINFECCIÓN Y EFICIENCIA DE SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRA ROSADO (*Pleurotus djamor B*) CON RESIDUOS AGRO FORESTALES EN SAN JOSÉ DE CHALTURA”.

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener Título de:

INGENIERO EN AGROPECUARIA

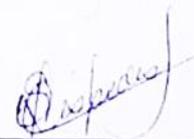
APROBADO:

Ing. Franklin Sánchez, MSc.
DIRECTOR



FIRMA

Lic. Ima Sánchez, MSc.
MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

Ing. Doris Chalampunte, PhD.
MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

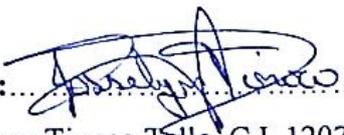
DATOS DE CONTACTO	
Cédula de identidad:	1207992601
Apellidos y nombres:	Tinoco Tello Josselyn Xiomara
Dirección:	La Victoria, Ibarra.
Email:	jxtinocot@utn.edu.ec
Teléfono móvil:	0980052746

DATOS DE LA OBRA	
Título:	“EVALUACIÓN DE LA DESINFECCIÓN Y EFICIENCIA DE SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRA ROSADO (<i>Pleurotus djamor</i> B) CON RESIDUOS AGRO FORESTALES EN SAN JOSÉ DE CHALTURA”.
Autor:	Tinoco Tello Josselyn Xiomara
Fecha:	18/02/2022
Solo para trabajos de grado	
Programa	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
Título por el que opta	Ingeniero Agropecuario
Director	Ing. Franklin Sánchez, MSc.

1. CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es la titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 18 días del mes de febrero de 2022

LA AUTORA:..........

Josselyn Xiomara Tinoco Tello, C.I. 120799260-1

Tabla de contenido

RESUMEN	10
I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Antecedentes	12
1.2. Problema	13
1.3. Justificación	14
1.4. Objetivos	16
Objetivo general	16
Objetivos específicos	16
1.5. Hipótesis	16
Hipótesis nula.....	16
Hipótesis alterna.....	16
II. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1. Generalidades de los hongos	17
2.1.1. Generalidades de los hongos macromicetos	17
2.1.2. Familia <i>Pleurotus</i>	17
2.1.3. Características morfológicas del hongo <i>Pleurotus djamor B</i>	18
2.1. Importancia del cultivo <i>Pleurotus djamor B</i>	19
2.1.1. Propiedades medicinales	19
2.1.2. Propiedades nutricionales	20
2.3. Sustrato para el desarrollo de <i>Pleurotus djamor B</i>	21
2.3.1. Sustratos comerciales	21
2.3.2. Selección de sustrato	21
2.3.3. Tamaño de partícula o granulometría	22
2.3.4. Fermentación de sustrato	22
2.3.5. Humedad del sustrato.....	22
2.4. Tratamiento de desinfección del sustrato.....	23
2.4.1. Pasteurización por vapor	23
2.4.2. Hervido o pasteurización por inmersión	24
2.4.3. Sumersión alcalina	24
2.4.4. Esterilización.....	24

2.5. Producción de <i>Pleurotus djamor</i> B	25
2.5.1. Inoculación o siembra	27
2.5.2. Incubación o miceliación	27
2.5.3. Fructificación	28
2.5.4. Cosecha	28
2.6. Plagas y enfermedades	28
2.6.1. Plagas	28
2.6.2. Enfermedades.....	29
2.7. Factores que intervienen en el crecimiento y la fructificación de <i>Pleurotus djamor</i> B	29
2.7.1. Temperatura	29
2.7.2. pH.....	29
2.7.3. El CO ₂	30
2.7.4. Humedad relativa del ambiente.....	30
2.7.5. La luz.....	30
2.7.6. Requerimientos físicos del género <i>Pleurotus</i>	31
2.8. Ventajas y desventajas de los sustratos	31
2.8.1. Contenido de cera o resina	31
2.8.2. Disponibilidad de sustrato.....	31
2.9. La relación C/N de los residuos	32
2.9.1. Rastrojo de maíz.....	32
2.9.2. Raquis de maíz	33
2.9.3. Aserrín de balsa.....	33
2.10. Marco legal	33
III. MATERIALES Y MÉTODOS	35
3.1 Caracterización del área de estudio.....	35
3.1.1. Ubicación geográfica	35
3.2 Materiales, equipos, insumos y herramientas	36
3.3 Métodos.....	36
3.3.1 Factor en estudio.	36
3.3.2 Tratamientos.....	37
3.3.4 Análisis estadístico.....	39

3.6. Variables evaluadas.....	39
3.6.1. Número de fundas contaminadas por otros microorganismos	39
3.6.2. Días de corrida de micelio	40
3.6.3. Días a la formación de primordios	40
3.6.4. Días a la cosecha	40
3.6.5. Rendimiento de los sustratos.....	40
3.6.6. Eficiencia biológica.....	40
3.6.7. Rentabilidad	41
3.6.8. Número de Carpóforos.....	41
3.6.9. Aislamiento de microorganismos contaminantes	41
3.7 Manejo específico del experimento	41
3.7.1. Semilla	41
3.7.2. Recolección de sustratos	41
3.7.3. Desinfección de sustratos.....	42
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
4.1. Métodos de desinfección.....	45
4.1.1. Número de fundas contaminadas por otros microorganismos	45
4.1.2. Identificación de agentes contaminantes.....	45
4.2. Comportamiento productivo del (<i>Pleurotus djamor B</i>).....	46
4.2.1. Días de corrida de micelio	46
4.2.2. Días a la formación de primordios	47
4.2.3. Días a la cosecha	49
4.2.4. Rendimiento de los sustratos.....	51
4.2.5. Eficiencia biológica.....	53
4.2.6. Numero de carpóforos.....	54
4.2.7. Análisis Costo Beneficio.....	55
V. CONCLUSIONES	57
VI. RECOMENDACIONES.....	58
VIII. ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Propiedades medicinales de hongo Pleurotus djamor B</i> <i>Propiedades medicinales de hongo Pleurotus djamor B</i>	20
Tabla 2. <i>Contenido nutricional de hongo ostra rosado Pleurotus djamor B</i>	20
Tabla 3. <i>Requerimientos físicos para hongos del género Pleurotus</i> <i>Requerimientos físicos para hongos del género Pleurotus</i>	31
Tabla 4. <i>Análisis proximal del rastrojo de maíz (Zea mayz L)</i> <i>Análisis proximal del rastrojo de maíz (Zea mayz L.)</i>	32
Tabla 5.L) <i>Análisis proximal del raquis de maíz (Zea mayz L.)</i>	33
Tabla 6. <i>Detalle de los materiales, equipos, insumos y herramientas</i> <i>Detalle de los materiales, equipos, insumos y herramientas</i>	36
Tabla 7. <i>Tratamientos del experimento</i> <i>Tratamientos del experimento</i>	37
Tabla 8. <i>Características del experimento</i> <i>Características del experimento</i>	38
Tabla 9. <i>Características de la unidad experimental</i> <i>Características de la unidad experimental</i>	39
Tabla 10. <i>Diseño de Bloques Completos al Azar con Parcelas</i> <i>Esquema de ADEVA en Diseño de Bloques Completos al Azar con Parcelas Divididas (DBCA con PD)</i>	39
Tabla 11. <i>Prueba de hipótesis secuenciales para la variable corrida de micelio (días)</i> <i>Prueba de hipótesis secuenciales para la variable corrida de micelio (días)</i>	46
Tabla 12. <i>Pruebas de hipótesis secuenciales para la variable días a la formación de primordios</i>	48
Tabla 13. <i>Pruebas de hipótesis secuenciales para la variable días a la cosecha</i>	49
Tabla 14. <i>Pruebas de hipótesis secuenciales para la variable rendimiento</i> <i>Pruebas de hipótesis secuenciales para la variable rendimiento</i>	51
Tabla 15. <i>Pruebas de hipótesis secuenciales de la eficiencia biológica</i> <i>Pruebas de hipótesis secuenciales de la eficiencia biológica</i>	53
Tabla 16. <i>Prueba de hipótesis secuenciales de número de carpóforos</i> <i>Prueba de hipótesis secuenciales de número de carpóforos</i>	54
Tabla 17. <i>Análisis costo beneficio del cultivo de Pleurotus djamor B</i> <i>Análisis beneficio costo del cultivo de Pleurotus djamor B</i>	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Ciclo de vida Pleurotus djamor B</i>	18
Figura 2. <i>Hongo Pleurotus djamor B con sus principales partes</i>	19
Figura 3. <i>Proceso de producción para Pleurotus djamor B</i>	26
Figura 4. <i>Ubicación geográfica del área experimental</i>	35
Figura 5. <i>Diseño experimental de la investigación</i>	38
Figura 6. <i>Corrida de micelio (Pleurotus djamor B) evaluados en tres sustratos</i>	47
Figura 7. <i>Días a la aparición de primordios primera fructificación de Pleurotus djamor B</i>	48
Figura 8. <i>Días a la cosecha de Pleurotus djamor B con 3 tipos sustratos</i>	50
Figura 9. <i>Setas de Pleurotus djamor B en punto de cosecha en bloque productivo de aserrín de balsa y tamo de maíz</i>	51
Figura 10. <i>Rendimiento de la producción de setas Pleurotus djamor B en 3 tipos de sustratos</i>	52
Figura 11. <i>Eficiencia Biológica obtenida para la producción de Pleurotus djamor B con 3 tipos de sustratos</i>	53
Figura 12. <i>Número de carpóforos obtenidos con diferentes sustratos lignocelulósicos en la producción de Pleurotus djamor B</i>	54
Figura 13. <i>Análisis Costo-Beneficio de la Producción de Pleurotus djamor B</i>	56

“EVALUACIÓN DE LA DESINFECCIÓN Y EFICIENCIA DE SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRA ROSADO (*Pleurotus djamor B*) CON RESIDUOS AGRO FORESTALES EN SAN JOSÉ DE CHALTURA”.

Autor: Josselyn Tinoco

*Universidad Técnica del Norte

Correo: jxtinocot@utn.edu.ec

RESUMEN

La presente investigación se realizó con la finalidad de reducir el impacto ambiental generado por la industria forestal y agrícola del Ecuador, produciendo setas de la especie *Pleurotus djamor B* a partir de los desechos agroindustriales como el aserrín de balsa, tamo y raquis de maíz a manera de sustrato de cultivo, cumpliendo así con los objetivos de una economía circular y de desarrollo agrícola sustentable. La metodología se basó en el diseño de bloques completos al azar con parcelas divididas (DCA-PD) con la finalidad de evitar contaminación o invasión de microorganismos patógenos, además se analizaron las siguientes variables de estudio: número de fundas contaminadas por otros microorganismos, identificación de agentes contaminantes, rendimiento de los sustratos, eficiencia biológica, número de carpóforos, y el análisis costo beneficio. Los resultados mostraron que la desinfección de las materias primas resultó eficiente con la pasteurización de vapor e inmersión por lo cual no se logró determinar ningún tipo de patógeno en el sustrato; los resultados en cuanto al rendimiento y eficiencia biológica de setas en masa fresca fue superior en el tratamiento de rastrojo de maíz con pasteurización por vapor con 208 gr., mientras que a diferencia del sustrato de aserrín de balsa tan solo se cosecho el 42%, es preciso mencionar que el raquis de maíz bajo el mismo sistema de desinfección tuvo un 76% de hongos frescos. La investigación sugiere experimentar con mezclas de materias primas y harinas nitrogenadas para obtener el máximo rendimiento de la variedad *Pleurotus djamor B*.

Palabras claves: Miceliación, pasteurización, microorganismo, primordios, sustrato.

“AGROFORESTRY RESIDUES EFFICIENCY AND SUBSTRATE STERILIZATION ASSESSMENT TO PRODUCE THE PINK OYSTER MUSHROOMS (*PLEUROTUS DJAMOR B*) IN SAN JOSE DE CHALTURA”.

Autor: Josselyn Tinoco

*Universidad Técnica del Norte

E-mail: jxtinocot@utn.edu.ec

Abstract

This research was carried out with the aim of reducing the environmental impact generated by the forestry and agricultural industry of Ecuador, producing *Pleurotus djamor B* mushrooms species from agro-industrial waste such as balsa sawdust, chaff and corn stems as a growing substrate, fulfilling a circular economy and sustainable agricultural development objectives. The methodology was based on the randomized complete block design with divided plots (DCA-PD) in order to avoid contamination or invasion of pathogen microorganisms, in addition the following study variables were analyzed: contaminated bags by other microorganisms, identification of contaminating agents, substrate performance, biological efficiency, number of carpophores, and cost-benefit analysis. The results showed that the disinfection with steam and immersion pasteurization of the raw materials was efficient, eliminating any type of pathogen in the analyzed substrate; the results about the yield and biological efficiency of mushrooms in fresh mass was superior in the treatment of corn stubble with steam pasteurization with 208 gr., while in the balsa sawdust substrate was harvested only a 42% of production, it is necessary to mention that the corn stubble under the same disinfection system had a production of 76% fresh mushrooms. Research suggests experimenting with mixtures of raw materials and nitrogen flours to get the maximum yield from the *Pleurotus djamor B* variety.

Keywords: myceliality, pasteurization, microorganism, primordium, substratum

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Pleurotus djamor Boedijn conocido comúnmente como hongo ostra rosado es una especie de la familia Pleurotaceae, originalmente nombrado como *Agaricus djamor* por Georg Eberhard Rumphius en 1821. Es un hongo pantropical encontrado frecuentemente en Asia, América, África, y Australia (Salmones et al., 2004).

Los hongos del género *Pleurotus* son altamente apreciados por sus propiedades organolépticas y medicinales por ello son utilizados en la cocina gourmet, además el *Pleurotus djamor* B. cuenta con características ampliamente documentadas. Se han reportado compuestos bioactivos con propiedades anticancerígenas, inmunomoduladoras, antibióticas (antimicrobianas, antiviral y antifúngicas), antiparasitaria, antioxidante, antiinflamatoria, antidiabética, antilipidémica y hepaprotectora (Beltran-Delgado et al., 2020).

La producción del género *Pleurotus* sp. es de 797 000 t/año se encuentra en tercer lugar a nivel mundial entre los hongos comestibles. Estas setas crecen en una gran variedad de sustratos provenientes de la industria forestal y residuos agrícolas como: aserrines, restos de maderas, rastrojo de maíz (*Zea mays* L), cebada (*Hordeum vulgare* L) y trigo (*Triticum spp* L), subproductos del procesamiento del café (*Coffea spp* L), hojas de plátano (*Musa paradisiaca* L) y hasta en ramas provenientes de podas (López, 2014). En sí, el material lignocelulósico es el sustrato más apropiado para el crecimiento tecnificado de este tipo de macromicetos. En México se han encontrado en zonas cálidas creciendo sobre algunas variedades de troncos en descomposición designando a sus fructificaciones como orejas de patancán, orejas de izote u orejas de cazahuate (Salmones et al., 2004).

Además, tienen gran capacidad biodegradativa, por lo que pueden ser cultivadas en una amplia variedad de materiales lignocelulósicos, debido a que tienen la capacidad de sintetizar numerosas enzimas para su descomposición. Las enzimas lignocelulósicas tienen como principal aplicación los procesos agrícolas y producción de forrajes para alimento de animales (Salmones, 2017).

En Ecuador se han realizado algunas investigaciones con el hongo ostra rosado dentro de las cuales destaca: un ensayo realizado en Cotopaxi en donde se evaluaron formulaciones de sustratos para la producción de *Pleurotus djamor* B los cuales fueron rastrojos de trigo y cebada, bagazo de caña y viruta de eucalipto (Guevara, 2018).

Para el cultivo de *P. djamor* B es importante utilizar técnicas que garanticen su crecimiento y desarrollo en todo el proceso del cultivo, y una de las etapas fundamentales de este proceso es la desinfección del sustrato, que tiene como finalidad eliminar o reducir los microorganismos nocivos presentes en estos (Pérez, 2015). El proceso de desinfección puede darse por tratamientos térmicos, como son la esterilización, pasteurización o hervido, también existen los tratamientos químicos como es la inmersión alcalina, que se basa en el ajuste del pH del sustrato a valores de alcalinidad (Cha, 2005).

Para la producción de setas ostra rosadas (*Pleurotus djamor* B.) se requiere de la esterilidad de los sustratos para lograr el desarrollo del hongo en el medio, por ello algunas explotaciones de setas comestibles a nivel industrial apuestan por una u otra metodología, la desinfección por vapor e inmersión son dos de las señaladas más efectivas sin requerir mayor gasto en equipo e infraestructura (Muñoz, 2017).

El estudio realizado por Sarasti y Muelas (2008) evalúa la desinfección de los sustratos para setas del género *Pleurotus*. En este trabajo se obtuvo una mejor desinfección con el método por inmersión en agua hirviendo durante una hora mientras que al comparar con la desinfección por vapor por una hora se encontró deficiencias en el crecimiento micelial del hongo, por lo que recomiendan realizarlo con más de dos horas de tratamiento.

Así mismo, Pérez (2015) indica que la desinfección por inmersión en agua hirviendo durante una hora es ineficiente para el sustrato de raquis de maíz de 8 cm en adelante. Por lo que esta investigación se orienta a realizar una metodología funcional en los tres tipos de partículas diferentes como lo son: raquis y rastrojo de maíz, y aserrín de balsa.

1.2 Problema

Ecuador es un país que posee un gran sector productivo agropecuario. Uno de los principales cultivos transitorios de mayor extensión es el maíz. Tan solo en el 2019 se produjo 1 479 770 Tm de maíz. Por otro lado, la generación de subproductos del sector agrícola es enorme, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y

Alimentación (SAGARPA, 2015) afirma que, en el cultivo de maíz, el 54% de los volúmenes productivos corresponde a la parte vegetativa de la planta, la cual no tiene ningún valor comercial y muchas veces esta materia prima es desperdiciada. Castillo (2018) expresa que se llegó en el 2017 a producir 1.3 millones de toneladas de follaje de maíz sin valor comercial.

Así mismo la industria forestal en Ecuador genera cantidades considerables de aserrín, solamente en Guayaquil se obtiene 1500 t de este tipo de residuos que no se destinan a ninguna forma productiva, originando inconvenientes pues todos los involucrados solo buscan deshacerse ocasionando un impacto ambiental importante al quemarlos (Morales et al., 2016). Esto se debe a que en Ecuador no se trata de manera lucrativa los residuos de los sectores agrícolas o forestales, por este motivo pueden acumularse en gran cantidad generando problemas ambientales, ya que generalmente se soluciona quemando los residuos y generando CO_2 (Salmones, 2017).

Los sustratos a utilizar son materiales residuales de la producción agrícola y forestal como lo explican Morales et al. (2016) son materiales que de otra forma solo generan inconvenientes al degradarse ya que al ser lignocelulósicos el agricultor debe esperar mucho tiempo para volver a ocupar su suelo. El aserrín de balsa, el rastrojo y raquis de maíz son residuos que el agricultor no usa de ninguna forma productiva por ello se presenta la alternativa de usarlos con el cultivo de setas (*Pleurotus djamor* B). Muñoz (2017) explica la importancia de esterilizar el sustrato en producciones de *Pleurotus sp.*, debido a que afecta directamente en la cosecha disminuyéndolo al 0% ya que colonias de microorganismos patógenos se desarrollan inhibiendo el hongo de interés comercial. En el proceso de desinfección se debe optimizar tiempo para volver eficiente la obtención.

1.3 Justificación

El cultivo de hongos comestibles es una actividad que se desarrolla desde hace más de doscientos años, la evolución del cultivo en los últimos 40 años, se incrementó en 35 veces más y se ha observado un cambio en las especies cultivadas. En especial del Hongo Ostra rosado, el mismo que aun siendo comercializado por poco tiempo, destaca por tener una aceptación creciente y con rapidez del consumidor haciendo que su producción y alternativas de obtención sean muy diversas; es aquí donde los tratamientos que se apliquen tienen gran importancia tanto ambiental como industrial (France et al., 2000).

Durante el desarrollo de las civilizaciones los hongos han demostrado potencial alimenticio y medicinal el que debe ser estudiado para aprovechar al máximo sus cualidades nutritivas y de expansión productiva. Por lo tanto, el estudio de variedades de sustratos es fundamental para una producción que garantice y complemente conceptos como la seguridad alimentaria (Ardón, 2007).

Este trabajo de investigación pretende brindar una alternativa para el uso de los residuos lignocelulósicos provenientes de las actividades agrícolas, agroindustriales o forestales como son: el cultivo de maíz y de balsa. Además, de generar ingresos a través de la producción de setas ostra rosadas (*Pleurotus djamor* B), los resultados de la investigación orientan a realizar con materiales más eficientes y así mantener un rendimiento sostenible.

El cultivo de los hongos comestibles es un sistema de bioconversión ecológica, todo lo que el hombre dentro de la industria y sus procesos desecha (pajas, bagazos, cascarillas y pulpas) los hongos usan como su alimento enriqueciéndose y transformándolo en proteínas y en mercancía para venta. Esta opción productiva se ha visto usada obteniendo mucho éxito en su replicación en países extranjeros, donde se ha desarrollado toda una tecnología para la producción y conservación de los hongos comestibles como el hongo ostra rosado (Ardón, 2007).

Los sustratos luego de ser utilizados en la producción de setas continúan cumpliendo los objetivos de una economía cíclica, debido a que en este punto pueden usarse para diversas finalidades, como alimento para animales, para hacer compost, en la agroindustria como reemplazo del poliestireno expandido (Espinosa y Pazmiño, 2016) y para técnicas de biorremediación (Salmones et al., 2004).

Las setas de *P. djamor* B poseen características organolépticas que las vuelven muy apreciadas para la elaboración de platillos exóticos en restaurantes gourmet, a su vez son altamente nutritivas, ideal para complementar la alimentación, debido a que

contiene altos porcentajes de proteína, carbohidratos y niveles bajos de grasa (Salmones, 2017).

El presente trabajo investigativo se centra en encontrar un sustrato utilizando residuos y subproductos que generalmente son desperdiciados, en el cultivo del hongo *Pleurotus djamor* B como alternativa para ampliar la oferta de los agricultores del país. Es

indispensable la adecuación del sustrato para permitir que el hongo lo invada generando así el desarrollo de setas, como especifican Rodríguez et al., (2006) los sustratos deben pasar por un proceso térmico, químico o fermentativo para garantizar la inocuidad y evitar la competencia por nutrientes con otros microorganismos generando anualidad en el rendimiento del bloque.

1.3 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la desinfección y eficiencia del sustrato para la producción de del hongo ostra rosado (*Pleurotus djamor B*) con residuos agro forestales en San José de Chaltura.

1.4.2 Objetivos específicos

- Comparar dos métodos de desinfección para el sustrato en la producción de hongo ostra rosado (*Pleurotus djamor B*) mediante pasteurizaciones para el desarrollo de la seta.
- Determinar el comportamiento productivo del (*Pleurotus djamor B*) en 3 tipos de sustratos.
- Analizar la relación beneficio costo de los tratamientos en estudio.

1.4 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis nula

Los métodos de desinfección y los tipos de sustratos utilizados no influyen en el crecimiento de setas para la producción de *Pleurotus djamor B*.

1.5.2 Hipótesis alterna

Al menos uno de los métodos de desinfección y uno de los tipos de sustrato utilizados influyen en el crecimiento de setas para la producción de *Pleurotus djamor B*.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades de los hongos

Un hongo es un organismo vivo carente de clorofila, es decir, no puede realizar el proceso de fotosíntesis, además, necesita incorporar de forma externa aquellos nutrientes necesarios para sobrevivir, a estos se los llama heterótrofos. Su estructura está dada de la siguiente manera: su cuerpo soma o sombrero se forma por el conjunto de pequeñísimos filamentos ramificados denominados hifas que en conjunto son el micelio (Edgardo, 2008). Los hongos degradan la materia orgánica para alimentarse de ella, ya sea viva o muerta. Se conocen como parásitas o simbióticas las especies que se desarrollan en materia viva. Los que se desarrollan en la materia muerta son los saprófitos, que crecen en el suelo, tronco o sobre desechos agrícolas o agroindustriales.

2.1.1. Generalidades de los hongos macromicetos

Las condiciones favorables para la producción y reproducción de los hongos macromicetos se encuentra ligado a parámetros específicos de temperatura y humedad requerida, a eso se suma el micelio extendido en el sustrato adecuado, se obtiene la formación de primordios y luego una seta madura. El hongo basidiomiceto se encuentra formado por un sombrero, el cual cumple la función de producir estructuras de reproducción llamadas esporas (semilla) con la finalidad de perpetuar la especie. Éstas se forman en las laminillas verticales que se encuentran en la cara anterior del hongo extendiéndose desde la parte superior del pie hasta el borde del sombrero (Gaitán et al., 2006).

2.1.2. Familia Pleurotaceae

Las setas crecen de manera natural en troncos en descomposición o en diferentes materiales obtenidos como subproductos de las actividades agrícolas. Por esta razón es posible cultivarlas en desechos de la agroindustria tales como pulpa de café, bagazo de caña de azúcar y diversas pajas de cereales. El método general de cultivo de los hongos es relativamente simple y, por lo tanto, permite cultivarlos utilizando tecnologías no sofisticadas, con lo que se tiene la ventaja de producir alimento para consumo humano a partir de desechos agrícolas, además de ayudar al rápido reciclaje de tales desechos. Los

residuos del cultivo de las setas pueden ser utilizados como mejoradores de suelo, así como complemento en la alimentación de ganado (Gaitán et al., 2006).

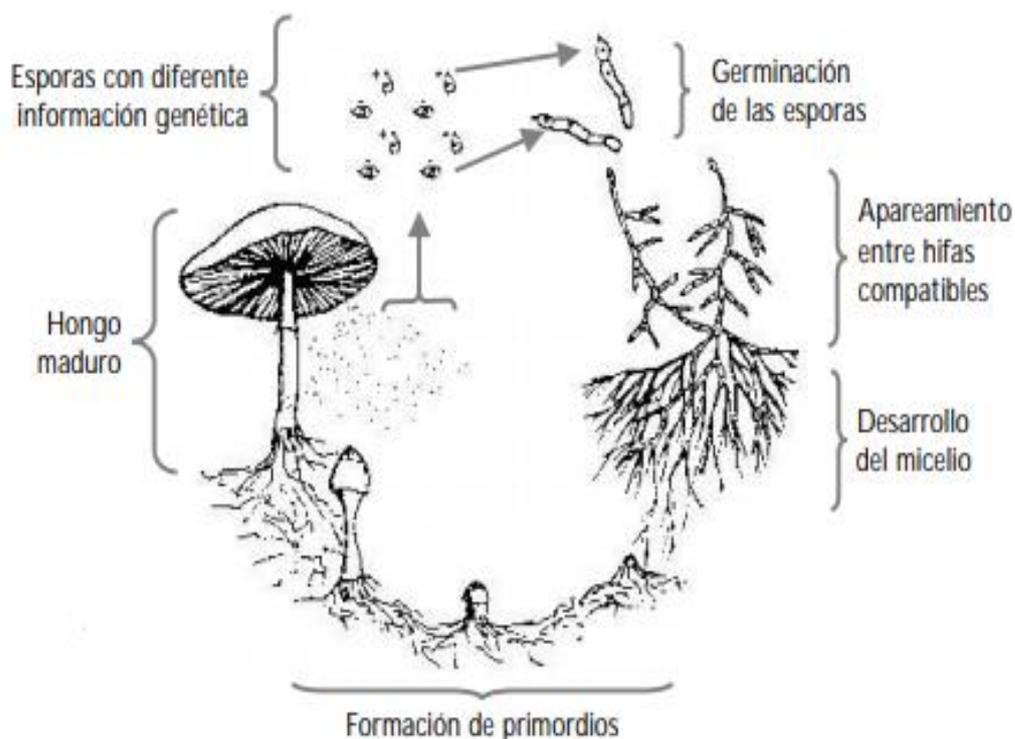
En general, los hongos comestibles a nivel nutricional, están compuestos por nueve de los aminoácidos tomando como referencia a la leucina y lisina; también un grado alto de porcentaje mineral igualando incluso sobre pasando a lo que contiene la carne y el pescado, con menor cantidad de carbohidratos y calorías (López et al., 2008).

2.1.3. Características morfológicas del hongo *Pleurotus djamor* B

Pleurotus djamor B es un hongo saprofito, toman su alimento de la materia orgánica donde crece, este proceso enzimático surge como se muestra en la figura 1; son necesarias condiciones adecuadas de temperatura y humedad, para que el aporte de aire y oxígeno sea en niveles correctos además de una cierta cantidad de luz. Saber este proceso ayuda sustancialmente a la hora de manipular al hongo y producirlo en condiciones artificiales de cultivo (Gaitán et al., 2006).

Figura 1.

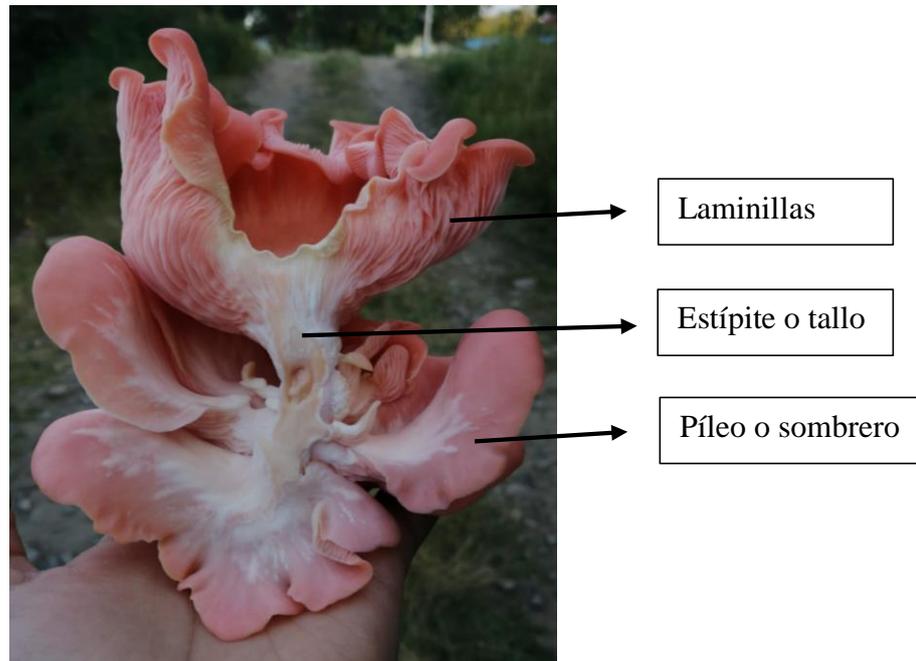
Ciclo de vida *Pleurotus djamor* B.



Fuente: Salmenes et al. (2004).

Figura 2.

Hongo Pleurotus djamor B con sus principales partes.



Es interesante destacar que la permanencia del color rosa en los basidiomas es una parte de la biología del hongo aun no concluyente, generando opiniones opuestas en algunos trabajos publicados, en las que se otorga la debilidad del color a las radiaciones recibidas y otros no encontraron vínculo entre el color de los basidiomas y la intensidad de luz empleada en las áreas de cultivo (Salmones, 2017). Probablemente se debe a que la permanencia de color depende tanto de las características genéticas de los parentales como de las condiciones del cultivo y ambientales en que se desarrollan las esporomas.

2.2 Importancia del cultivo *Pleurotus djamor B*

2.2.1. Propiedades medicinales

Las propiedades medicinales de los hongos comestibles cultivados no sólo se han detectado en los esporomas, sino también, en el micelio e incluso en el medio de cultivo derivado del crecimiento micelial como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1.*Propiedades medicinales de hongo Pleurotus djamor B.*

Propiedad	Extracto Bioactivo Estudiado				
	Micelial	Metanólico	Etil/ Acetato	Etanólico	Hexano/ Cloroformo
Antibacteriana	X		X	X	
Antioxidante		X		X	X
Antifúngica				X	
Hepaprotectora	X				
Antidiabética	X				
Inmunomoduladora		X			
Antioxidante		X			X
Anticancerígena	X	X		X	
Antiparasitaria				X	X
Antiinflamatoria		X			
Antiviral		X			
Antilipídica		X			

Fuente: Salmones (2017).

2.2.2. Propiedades nutricionales

Las setas de *Pleurotus djamor B* son especialmente ricas en carbohidratos y proteína cruda además cuenta con una baja cantidad de grasas como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2.

Contenido nutricional de hongo ostra rosado Pleurotus djamor B, en 100g de peso fresco

Elemento	Rango
Carbohidratos	32.7 – 48.3 g
Proteína	20.7 – 28 g
Fibra cruda	9.1 – 22.4 g
Ceniza	4.1 – 7.4 g
Grasa	0.11 – 2.09 g
Humedad	79.5 – 90%

Fuente: Salmones (2017).

Según Salmones (2017) su calidad de proteína es alta, ya que está constituida principalmente por aminoácidos esenciales entre los que destacan la valina, isoleucina y fenilalanina, aunque también presentan valores aceptables de aminoácidos no esenciales como son, prolina, glutamato y aspartato. También contienen vitaminas, especialmente

del complejo B (B1, B2) y D, además de los minerales K, P, Mg, Ca, Na, Zn, Fe, entre los más frecuentes, por lo que los hongos se consideran una buena fuente de K y P. Con base en su contenido nutrimental, *Pleurotus djamor* B, y en general los hongos comestibles, son un alimento altamente recomendado para diversos tipos de dietas.

2.3. Sustrato para el desarrollo de *Pleurotus djamor* B

Las especies de *Pleurotus* se encuentran sobre la madera o sus derivados pues toman sus nutrientes (lignina-celulosa) de la degradación del complejo. Algunos hongos requieren que el sustrato esté poco degradado, como el caso de *Coprinus*. No así otros como *Pleurotus* que no necesitan descomposición previa del sustrato (Guzmán et al. 1993).

2.3.1. Sustratos comerciales

El género *Pleurotus*, se alimenta tomando los nutrientes que necesita del lugar en el que crecen; poseen la capacidad de deponer compuestos como la celulosa y la lignina, mismos que se encuentran en los residuos agrícolas como: rastrojo y paja, los desechos agroindustriales como: bagazos de caña de azúcar maguey tequilero, henequén, pulpa de café; y forestales como: aserrín y virutas de madera (Gaitán et al., 2006).

Entre los sustratos más comunes dentro del cultivo de hongos están: las pajas de cebada, trigo, centeno, avena, arroz y sorgo, además, la pulpa de café y bagazo como los de caña de azúcar, entre otros. En muchos casos se puede recomendar una combinación de algunos de ellos en porciones indistintas con el fin de aumentar la rentabilidad en la producción (Ardon, 2007).

2.3.2. Selección de sustrato

Cuando se elige el sustrato para cada uno de los cultivos, se debe tener en cuenta ciertos factores determinantes para su producción; por ejemplo, lo ya mencionado en apartados anteriores (abundancia y disponibilidad) los sustratos pueden darse de forma estacional como es el caso de la pulpa de café o el bagazo de caña entre los principales, haciendo que su uso se vea frenado por ciertos periodos de tiempo.

Ahora bien, otro factor de relevancia es la composición del mismo, este debe ser rico en nutrientes necesarios para cada caso puntual, como el de la investigación que son los hongos; algunos de estos nutrientes mencionados son: celulosa, hemicelulosas y la lignina, tienen la función de ser una fuente de carbono y nitrógeno. Del mismo modo, un

sustrato no debe contener sustancias anti fisiológicas ya que influyen y obstaculizan el crecimiento del micelio (Guzmán et al., 1993).

Dentro del cultivo de hongos seta se usa un tratamiento previo, se aplica calor con el fin de disminuir la flora microbiana nociva que pueda encontrarse, evitando que estos microorganismos busquen su espacio y compitan por nutrientes con el micelio de *Pleurotus* (Gaitán et al., 2006).

2.3.3. Tamaño de partícula o granulometría

El tamaño de la partícula es importante; aquellos sustratos formados por partículas muy pequeñas son muy compactos debido a que el espacio entre ellas es diminuto, lo que hace que los gases no difundan y en consecuencia que falte oxígeno necesario para la respiración del hongo. Por el contrario, si las partículas son muy grandes resulta un sustrato muy suelto con peso específico que tendrá rendimientos bajos. Inclusive si se trata de pajas de cereales, un tamaño de caña muy grande no permite un buen compactado y, en ocasiones puede romper la bolsa (Edgardo, 2008).

2.3.4. Fermentación de sustrato

Dependerá del tipo de sustrato siendo que para los bagazos será entre 8-10 días, por otro lado, la pulpa de café será de 3-5 días. Aquí, se encuentra una fermentación homogénea, donde se deberá colocar al sustrato de manera piramidal, colocándole agua y tapando al mismo con plástico en fin de mantener el calor y la humedad; habiendo realizado esto, es necesario darle vuelta cada 3 días para favorecer la aireación y, por ende, el proceso de fermentación. Además, existen materiales que no requieren fermentación los cuales se almacenan de forma deshidratada libre de plagas y enfermedades (Gaitán et al., 2006).

2.3.5. Humedad del sustrato

En tanto a la humedad necesaria, los sustratos deben ser remojados de 24 a 48 horas mínimo; si se lo remoja en periodos de tiempo menores al indicado no será viable una impregnación del agua de manera correcta, pero, tampoco se deberá exponerlo a humedad más tiempo pues existe riesgo de contaminación con mohos (Arias et al., 2008).

Edgardo (2008) menciona que los hongos del género *Pleurotus* tendrán un crecimiento óptimo en sustratos que tengan 70 a 80 % de humedad. Y que, valores menores a estos porcentajes, el micelio tendrá una forma irregular y sin fuerza. De manera básica puede

calcularse la humedad, se aprieta ligeramente al sustrato con la mano, haciendo caer unas cuantas gotas por entre los dedos; otra técnica más detallada y con mejor resultado es pesar una pequeña muestra y ponerla en el horno a una temperatura de 180°C durante una hora aproximadamente; se pesa después y se calcula la diferencia (García, 2007).

2.4. Tratamiento de desinfección del sustrato

Desinfección, se dirige directamente a eliminar los agentes patógenos. Los tratamientos de desinfección sirven para controlar el crecimiento de microbiano, tiene como objetivo reducir o limitar el desarrollo de patógenos, a su vez disminuir los efectos antagonistas. Existen métodos que eliminan el crecimiento microbiano en su totalidad por medio de la esterilización con ayuda de una autoclave, en ciertas circunstancias no es alcanzable por el costo del mismo (Madiga et al., 2012).

Por otro lado, la pasteurización se describe como un proceso en el cual se eleva la temperatura hasta los 80° C durante un corto tiempo para enfriándolo después rápidamente logrando eliminar microorganismos sin alterar su composición. Este proceso con el sustrato para producción de setas se denomina en repetidos artículos como pasteurización por vapor en caso que el sustrato no se sumerja en agua como lo señala Barrios et al. (2009). Además, Martínez-Carrera et al. (2010) mencionan la pasteurización por inmersión indicando que el sustrato se deja en agua a las temperaturas antes indicadas por periodos de entre 2 y 6 horas.

Más de un fungicultor ha pretendido cultivar el Champiñón Ostra sobre pajas de cereales sin tratamiento y lo único que ha conseguido es obtener una gran cantidad de gramíneas creciendo sobre un sustrato extremadamente contaminado con mohos, bacterias y larvas de insectos (Cisterna, 2001).

2.4.1. Pasteurización por vapor

Este tipo de pasteurización por vapor es la más utilizada en la actualidad en Chile y es la que entrega mejores resultados. La paja picada y humedecida es ingresada a túneles de pasteurización. Estos túneles, sin embargo, son más altos que largos y son construidos especialmente para el cultivo del Champiñón Ostra. Mediante la adición de vapor se mantiene la temperatura entre 70 –80°C durante 28 a 34 h. Después de la esterilización la paja adquiere un color pardo oscuro y se torna más flácida (Cisterna, 2001).

2.4.2. Hervido o pasteurización por inmersión

Este método ha sido el más utilizado en la última década en Chile y es especialmente apto para cultivadores que siembran no más de 800 kg de sustrato por vez. La paja picada, sin humedecer, se coloca al interior de tambores de 200 l que contengan no menos de 60 l de agua hirviendo. Se deja que la paja se esterilice en estas condiciones por no más de 10 minutos. Algunos cultivadores agregan carbonato de calcio al agua para alcalinizar las pajas a pH no mayores de 7.8. Esto favorece enormemente el crecimiento vegetativo del micelio del Champiñón Ostra (Cisterna, 2001).

2.4.3. Sumersión alcalina

Este es una de las técnicas más recientes que se practican en el cultivo de hongos. La desinfección con cal es un proceso propuesto como una alternativa, en la que se utiliza agua alcalinizada con cal comercial $[Ca(OH)_2]$, destruyendo de esta manera semillas, insectos, parásitos, hongos y bacterias, que pueden contaminar el sustrato y que pueden competir con el hongo de interés (Bernabé-González y Cayetano-Catarino, 2009).

La capacidad de desinfección del sustrato por medio de cal se debe a que, al incrementarse el porcentaje de ésta, el pH de la suspensión aumenta. La efectividad de la técnica se debe a los altos valores de potencial hidrógeno siendo un escenario propicio para la propagación de contaminantes en tanto que *P. djamor* tiene la capacidad de tolerarlos (Batz, 2010).

La inmersión alcalina consiste en sumergir el sustrato en agua alcalinizada con cal comercial durante cierto tiempo dependiendo del sustrato y de las condiciones ambientales del lugar de cultivo. Según estudios realizados, la concentración y el tiempo adecuado para la preparación es de 0.5 % y 24 horas respectivamente (Gaitán et al., 2006).

Esta técnica tiene una gran ventaja sobre las otras por ser un método en frío, es una alternativa para evitar el uso de altas temperaturas y por lo consiguiente un gasto energético (Batz, 2010).

2.4.4. Esterilización

La paja picada y humedecida se coloca en fundas de polipropileno en cantidades no mayores a 4 Kg. Se cierran las fundas y se taponan con algodón hidrófobo para permitir algo de intercambio gaseoso. Las fundas son esterilizadas durante 45 minutos en un

autoclave. En algunos casos es recomendable hacerlo durante 30 minutos, dejar enfriar, reposar durante 2 días y volver a desinfectar otros 30 minutos para asegurarse de la eliminación de microorganismos sea completa. Este procedimiento es muy complicado para aquellos cultivadores que necesitan preparar grandes cantidades de sustrato y/o que no cuenten con mecanismos para realizar las siembras con una completa asepsia (Cisterna, 2001).

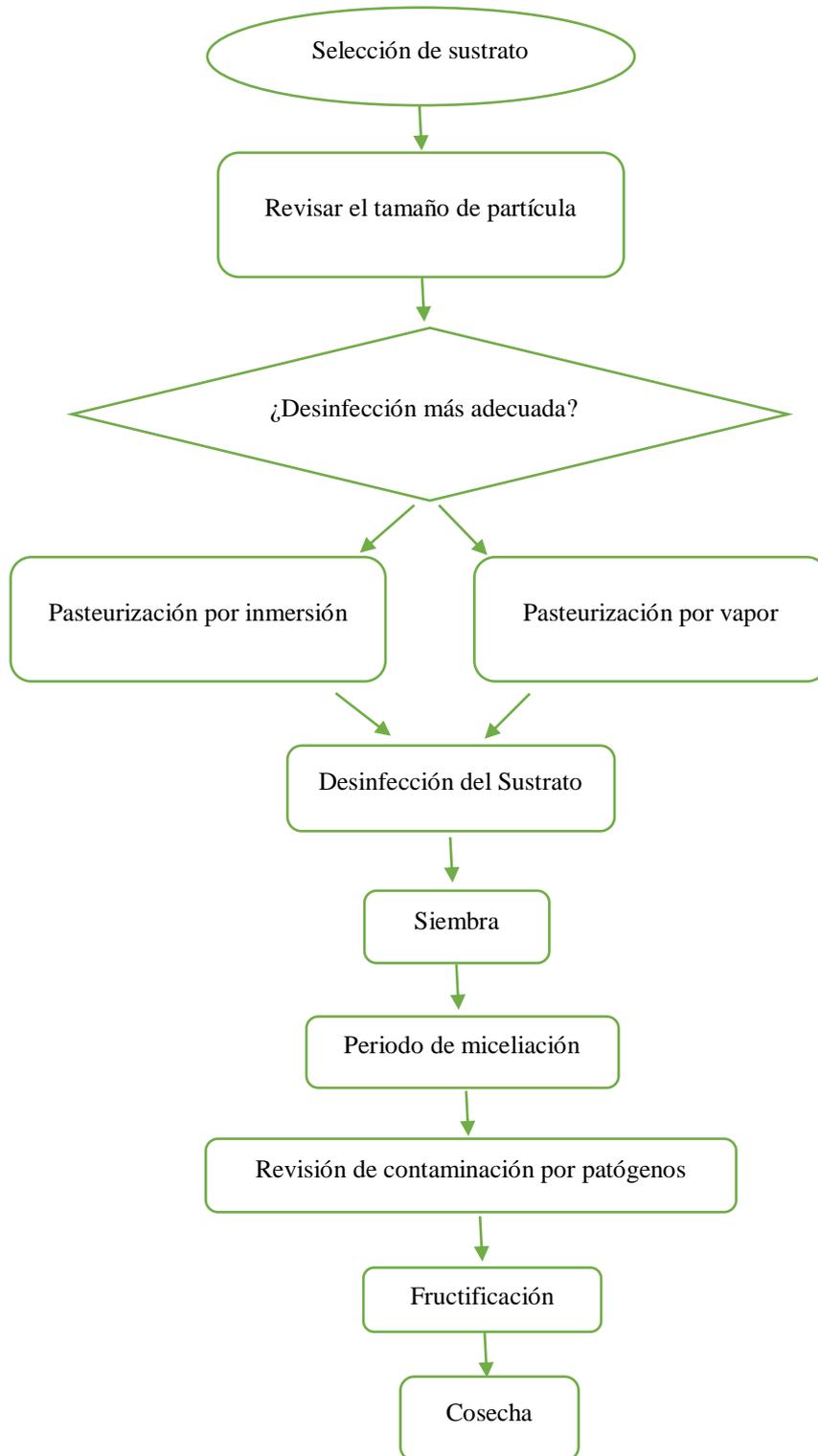
2.5. Producción de *Pleurotus djamor B*

La producción de setas requiere cumplir con un proceso y parámetros muy específicos como se indica en la figura 3 en cuanto al orden a desarrollarse. En el caso del género *Pleurotus* se generan condiciones favorables como las encontradas en la naturaleza, logrando así, que el micelio extendido sobre el sustrato adecuado genere setas de importancia comercial (Gaitán et al., 2006).

En referencia a lo expuesto se detalla el siguiente flujograma, donde se explica el proceso de producción y elección del sustrato para el *Pleurotus djamor B*.

Figura 3.

Proceso de producción para Pleurotus djamor B.



2.5.1. Inoculación o siembra

El sustrato ya pasteurizado y enfriado, debe estar bien escurrido, para evitar que se formen acumulaciones de agua en el fondo de las fundas en donde se inoculará con el hongo; la temperatura de dicho sustrato antes de iniciar la siembra, debe estar cercana a los 25°C (Guzmán et al., 1993).

La siembra de las fundas se debe de llevar a cabo en la zona destinada para esta actividad en la planta productora, es importante que la o las personas que realizarán la siembra, vistan ropa limpia, portarán cubre bocas y cubre pelo y sus manos se mantendrán bien limpias. La puerta del local debe estar cerrada y se evitarán las corrientes de aire mientras dure la siembra. Por lo tanto, antes de iniciarla, se debe asegurar que todo el material que se va utilizar se encuentre listo en el interior del cuarto de siembra. El sustrato se colocará dentro de la bolsa mezclándose con el inóculo o alternando una capa de sustrato con una de mezcla de inóculo, el cual previamente se desgrana con ayuda de una espátula, tomando la precaución de no maltratarlo ni exponerlo demasiado al ambiente. El inóculo se distribuirá homogéneamente poniendo especial atención a las orillas de la bolsa y cuidando de no dejar zonas sin granos y otras con exceso del mismo. El inóculo que se debe colocar en cada bolsa será equivalente entre 3 y 5% del peso en húmedo del sustrato (Guzmán et al., 1993).

2.5.2. Incubación o miceliación

Las fundas de plástico sembradas se deben trasladar a la zona de incubación de la planta productora, en donde permanecerán aproximadamente 20 días para favorecer el desarrollo del micelio. Las fundas se colocarán en los estantes bien acomodadas una junto a otra. La zona de incubación no es necesario que tenga iluminación, al contrario, debe de estar en obscuridad, sin embargo, sí se debe controlar la temperatura del local. La mayoría de las cepas de *Pleurotus* crecen bien en temperaturas cercanas a los 28°C, aunque algunas pueden resistir entre 20 y 30°C sin cambios aparentes (Guzmán et al., 1993).

Luego de la siembra (siguiente día), se deben realizar unos pequeños hoyos a las muestras utilizando un objeto cortopunzante esterilizado esto ayudará en la oxigenación de la seta.

Ahora bien, al cabo de tres días posteriores a este proceso, se deben verificar las fundas de forma periódica (diariamente) para notar la recuperación del micelio, para saber que

esto sucedió se observa la formación de una masa de color blanco alrededor del grano. Cabe indicar que es necesario que estas fundas se mantengan en un área de incubación donde se cubra a todo el sustrato, aproximadamente esto surgirá en dos o tres semanas (Cha, 2005).

2.5.3. Fructificación

Una primera cosecha se da entre los tres primeros días, recomendando que se continúe con la misma dejando un periodo de descanso de aproximadamente dos semanas además de procurar tener condiciones ambientales adecuadas incluyendo: temperatura, iluminación y humedad, para evitar daños o contaminación de las muestras (Gaitán et al., 2006).

2.5.4. Cosecha

La cosecha de los hongos se la realiza al momento en el que el sombrero (cuerpo) se encuentra bien desarrollado (consistencia compacta y totalmente extendida). Además, menciona que la cosecha se realiza en forma manual, tomando la colonia desde la base y realizando dos movimientos de un lado al otro hasta desprenderla o con cuchillos bien afilados para evitar remover el sustrato (Ardon, 2007).

2.6. Plagas y enfermedades

2.6.1. Plagas

Gracias a sus condiciones ambientales, este tipo de cultivo es muy vulnerable a que se vea afectado por plagas, ya que su alta temperatura y humedad son el ambiente perfecto para el desarrollo de enfermedades. Se conocen 3 tipos de moscas principalmente: (*Lycoriella ingenua* D, *Coboldia fuscipes* M, *Megaselia tamilnadensis* D) y dos tipos de ácaros (*Tarsonemus bilobatus* S y *Histiostoma spp*) (Cha, 2005).

2.6.1.1. *Megaselia spp.* y *Lycoriella spp*

Algunos de los daños son originados por estadios larvarios, tanto de fóridos como de esciáridos, que se alimentan del micelio de los hongos, causando descensos en la producción. Para los esciáridos, sus larvas se alimentan de esporóforos ya formados, formando galerías (especie de túneles) que promueven el proceso de putrefacción dañando la calidad del producto; todos estos siendo daños directos al hongo (Salas, 2019).

Mientras que aquellos indirectos, tanto los fóricos como los esciáridos son los responsables de tener plagas y enfermedades uno de los más conocidos es el ácaro miceliófago *Brennandania lambi* K, o de la mole seca, enfermedad causada por el hongo *Verticillium fungicola* P (Navarro, 2001).

2.6.2. Enfermedades

Al existir plagas, se afectan las plantas enfermándolas, estas enfermedades son causadas por hongos, virus y bacterias. Estos se producen por la mala práctica de pasteurización o a su vez una mala manipulación de las fundas en la fase vegetativa; o simplemente las medidas de limpieza no fueron adecuadas. Además, se menciona que las contaminaciones más comunes son causadas por otro tipo de hongos del género *Trichoderma* y *Fusarium* (Pineda, 2006).

2.7. Factores que intervienen en el crecimiento y la fructificación de *Pleurotus djamor* B

2.7.1. Temperatura

Este factor, influye a la capacidad enzimática y su fluidez de lípidos (membrana celular); en sí la temperatura afecta el metabolismo de las células. El género *Pleurotus* tiene su crecimiento a temperaturas de 26-28°C en condiciones óptimas. Un detalle de este género es que soporta hasta los 35°C, pero solo alrededor de 24 horas. Por regla general, las temperaturas óptimas para fructificación son ligeramente inferiores que las temperaturas óptimas para crecimiento micelial (Ardon, 2007).

2.7.2. pH

El potencial de hidrógeno resulta de gran relevancia dentro de este tipo de contextos, pues es un factor de ayuda en el crecimiento de microorganismos, además, sirve para una adecuada selección del sustrato en el que el hongo se desarrollará. En este sentido, “un pH ligeramente ácido se considera un medio idóneo para el desarrollo de los hongos” (Cha, 2005). En el caso específico del *Pleurotus* sp. se conocen valores de crecimiento dados entre el 4 y 7 con un óptimo entre 5 y 6 (Edgardo, 2008).

Al ser la mayoría de estos contaminantes mencionados parte del proceso de cultivo son mucho más susceptibles a un potencial hidrógeno con valores altos que las especies de *Pleurotus*, en la actualidad al momento de preparar un sustrato se usan con mayor

frecuencia aquellos valores superiores incluso sabiendo que los inferiores son los óptimos. Se demostró que *Trichoderma hamatum* B reduce notablemente su crecimiento a pH 7 y es totalmente inhibida a pH 8.5 (Ardon, 2007).

2.7.3. El CO₂

Para el caso de *Pleurotus*, la concentración de CO₂ es alta, estimulando la germinación y por ende el crecimiento micelial, sin embargo, inhibe la fructificación (Ardón 2007). Al aumentar su nivel de concentración (0.08 %) producirá una baja en el crecimiento de los cuerpos fructíferos; mientras que si estos valores suben (0.15-0.3 %) la mortandad de la producción será más rápida (Guzmán et al., 1993).

2.7.4. Humedad relativa del ambiente

Un factor relevante para una fructificación correcta del hongo del género *Pleurotus* es la condición ambiental (humedad), esto, a razón de que sus cuerpos fructíferos se forman a partir de agua en grandes cantidades y su estructura hifal no les permite retener la humedad en condiciones adversas, por ello es necesario el equilibrio entre ambas variables la humedad y el volumen de agua.

Entonces, la humedad relativa dentro del lugar que crece el hongo ha de ser la adecuada para que el sustrato y los cuerpos fructíferos no se queden sin agua; “la humedad ambiental en los recintos de producción, deben mantenerse por encima del 70 % en la etapa de incubación. Mientras en la etapa de inducción los valores deben oscilar entre 85 y 92 %” (Edgardo, 2008).

2.7.5. La luz

Para que los basidiocarpos se desarrollen la luz es un factor indispensable, pues el género *Pleurotus* tiene un fototropismo positivo, en otras palabras, buscan la luz para crecer y optan por su dirección; al ser esta insuficiente o ausente los hongos se desarrollen de mala forma, con pies muy largos y el color diferente al normal (blanquecino) (Edgardo, 2008).

El rol de la luz es bastante relevante, debe ser considerada en términos de cantidad y calidad, específicamente en las fases donde los hongos maduran para producir frutos, para el *Pleurotus* se debe exponerlo a un fotoperiodo de 12 horas diarias, la luz para ello de tener una intensidad de 500 lux aproximadamente, a ello se debe tener un periodo de pausa en oscuridad de 12 horas (Ardon, 2007).

2.7.6. Requerimientos físicos del género *Pleurotus*

Es importante considerar que dentro del proceso está implicado un ente vivo, el cual está expuesto a los cambios del entorno como son la temperatura, la luz, entre otros; estos son precisamente, los factores ambientales más importantes que se debe considerar y en todo el camino del cultivo. Los cambios fluctuarán de acuerdo a la fase en la que se encuentre el proceso lo que hace indispensable conocer de manera clara las especificaciones y requerimientos del hongo a cultivar como se explica en la tabla 3. Para poder desarrollarse el hongo *Pleurotus*, tienen unos requerimientos físicos en sus diferentes etapas de producción (Arias et al., 2008) los cuales están resumidos en la siguiente tabla.

Tabla 3.

Requerimientos físicos para hongos del género Pleurotus.

Morfología	Día	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Aireación	Luz (Lux)
Germinación	1 – 4	22 – 24	65	N/A	0
Colonización de superficie	4 – 16	22 – 24	65	10 min/12h	0
Invasión	16 – 35	22 – 24	65	1h/8h	0
Formación de primordios	35 – 45	14 – 16	70	Permanente	300
Fructificación	Más 45	16 - 18	85 - 90	Permanente	1200 a 1300

Fuente: Arias et al. (2008)

2.8. Ventajas y desventajas de los sustratos

2.8.1. Contenido de cera o resina

Al momento de escoger como sustrato de producción al aserrín, se debe tomar en consideración que lo que contengan resinas o aceites no van a permitir el desarrollo del hongo alrededor del bloque productivo (Gaitán et al, 2006).

2.8.2. Disponibilidad de sustrato

Un factor importante a la hora de seleccionar el sustrato adecuado es su disponibilidad junto con la abundancia de este dentro del área elegida para el cultivo, en este caso del hongo seta. Es importante tomar en cuenta, buen precio de adquisición y que sea fácil de transportar (Gaitán et al., 2006).

2.9. La relación C/N de los residuos

La relación carbono-nitrógeno es la cantidad de carbono por unidad de nitrógeno contenido en los tejidos de las plantas, la cual varía dependiendo del material. La fuente de carbono se encuentra en mayor proporción en residuos vegetales secos, como rastrojos de maíz, trigo, maicillo, zacates y frijón, entre otros. La fuente de nitrógeno se encuentra principalmente en estiércol de animales, hojas verdes de cualquier planta (especialmente en las leguminosas), desechos de hortalizas y otros (Monterroso, 2009).

2.9.1. Rastrojo de maíz

Conjuntamente con el arroz y el trigo, el maíz es una de las tres gramíneas más cultivadas en el mundo. Tiene una amplia utilidad en la industria moderna, más que todo en la producción de diversos tipos de alimentos, como hojuelas de maíz, harinas, papillas, entre otros. Los gérmenes de maíz contienen aceites para la alimentación humana, para la elaboración de margarinas, etc. Además, se puede utilizar como alimento para animales en forma de rastrojo forrajero, asimismo en el ensilaje (Monterroso, 2009).

El rastrojo dejado luego de la recolección de las mazorcas muchas veces es utilizado como forraje para ganado, otras veces se incorpora al suelo como abono para la siguiente siembra sus componentes se indican en la tabla 4, pero regularmente es amontonado y quemado (Monterroso, 2009).

Tabla 4.

Análisis proximal del rastrojo de maíz (Zea mays L.)

Componentes	Rastrojo
Materia seca	94.8%
Extracto libre de nitrógeno	36.7%
Extracto etéreo	1.8%
Fibra cruda	40.2%
Proteína cruda	8.0%
Nitrógeno	1.28%
Cenizas	8.1%
Calorías	166

Fuente: Monterroso (2009).

Dentro de la planta de maíz (*Zea mays L.*), los tallos (rastrojo) son los que presentan las estructuras más lignificadas con un contenido de proteínas de 3.1% y las hojas con 4 a 7%. Su composición química evidencia que su concentración de sustancias nitrogenadas

es baja con un 4.5% de proteína bruta promedio. Dentro de la pared celular se tiene un se vuelve mucho más digerible al poseer bajo índice de lignina incluso menor que las pajas de cereales, por ello, es más rico en azúcares solubles (Cisterna, 2001).

2.9.2. Raquis de maíz

Para alimentarse los hongos degradan el material que se genera sobre ellos, este es denominado sustrato (ver tabla 5 componentes); en específico la especie *Pleurotus* degrada los materiales nutritivos de manera compleja lignina-celulosa haciendo que crezcan sobre la madera en especial (Guzmán et al.,1993).

Tabla 5.

Análisis proximal del raquis de maíz (Zea mays L.)

Componentes	Raquis
Materia seca	91.9%
Extracto libre de nitrógeno	48.1%
Extracto etéreo	0.9%
Fibra cruda	38.9%
Proteína cruda	2.4%
Nitrógeno	0.39%
Cenizas	1.6%
Calorías	186
Calcio	765mg/100g
Fósforo	274mg/100g
Hierro	7.4mg/100g

Fuente: Guzmán et al. (1993).

2.9.3. Aserrín de balsa

La balsa *Ochroma pyramidale*, es una especie autóctona de la región amazónica del Ecuador, se encuentra distribuida a lo largo de costa, sierra y oriente. Es un cultivo apreciable por su versatilidad de usos, pero esto no lo deja exento de generar subproductos sin utilidad alguna (Carlozama y Salas, 2017).

2.10. Marco legal

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible también conocidos como Objetivos Mundiales fueron proclamados con la finalidad de: todos los miembros para el 2030 gocen de paz y prosperidad, así mismo poner fin a la pobreza y proteger al planeta. Este ensayo trabaja estrechamente para cumplir estos parámetros, fin de la pobreza, hambre cero, trabajo decente y crecimiento económico.

El objetivo: fin de la pobreza, es uno de los desafíos más grandes con los que actualmente luchamos, ya que las oportunidades de tener un trabajo digno, remuneración adecuada, acceso a servicios básicos y acceso a la educación no ha llegado a todos los rincones del mundo, se constituye un compromiso audaz terminar con la pobreza en todas sus formas y dimensiones. Esto requiere enfocarse en los más vulnerables, aumentar el acceso a los recursos y apoyar a las comunidades afectadas por conflictos y desastres relacionados con el clima.

Hambre cero, principalmente en algunas regiones de África y América del Sur la desnutrición y la inseguridad alimentaria va en aumento, a menudo como consecuencia directa de la degradación ambiental, sequía o la pérdida de biodiversidad. Este objetivo no solo busca velar por la alimentación nutritiva y suficiente sino también promover prácticas agrícolas sostenibles, acceso igualitario a la tierra, la tecnología y los mercados. La generación de empleo es indispensable para cumplir con el objetivo de trabajo decente y crecimiento económico, la meta es reducir el número de personas desempleadas mediante el aumento de forma sostenible de los niveles de productividad y la innovación tecnológica de esta manera lograr empleo pleno y productivo y un trabajo decente para todos los hombres y mujeres.

Este trabajo de investigación otorga las herramientas para poder cumplir con algunos de los objetivos propuestos, debido a que garantiza la soberanía alimentaria, acceso a trabajo estable y crecimiento económico y prácticas agrícolas sostenibles.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Caracterización del área de estudio

El proyecto de investigación tuvo lugar en la granja “La Pradera” misma que es un área que forma parte de la Universidad Técnica del Norte (ver figura 4); siendo su latitud Norte 0°21’19” y longitud Oeste 78°11’32” dentro de la parroquia San José de Chaltura, cantón Antonio Ante, Provincia de Imbabura. Altura aproximada de 2 340 msnm, promedio de temperatura 16 °C y humedad relativa del 60%.

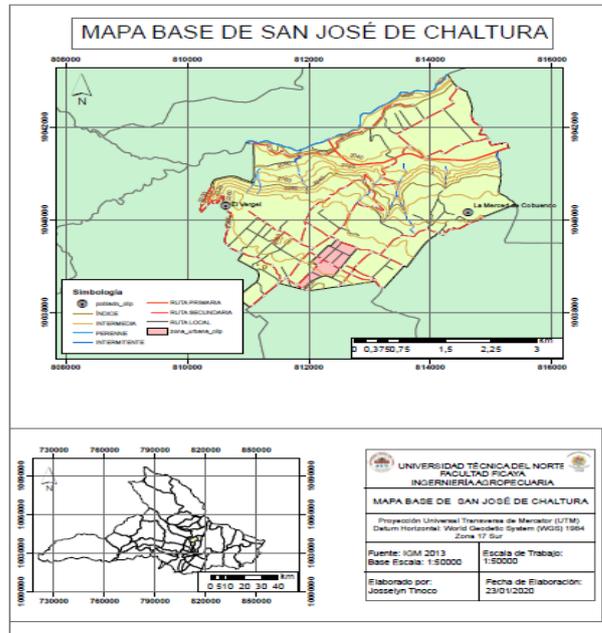
El ensayo se desarrolló en condiciones controladas; en el área de miceliación con humedad 55% - 60% y temperatura de 20°C a 26°C, en el con área de fructificación con humedad del 90% y temperatura de 16°C – 28°C.

3.1.1. Ubicación geográfica

Mapa base de la Parroquia San José de Chaltura, lugar donde se llevó a cabo el experimento.

Figura 4.

Ubicación geográfica del área experimental.



3.2 Materiales, equipos, insumos y herramientas

Los materiales, equipos, insumos y herramientas requeridos en el desarrollo del proyecto están detallados en la tabla 6.

Tabla 6.

Detalle de los materiales, equipos, insumos y herramientas.

Materiales	Equipos	Insumos	Herramientas
Plástico Negro Blanco	2 higrómetro	Germicida	Martillo
Clavos	Balanza analítica marca Camry modelo EK3650	Alcohol 70% - 90%	Destornilladores
Fundas plásticas de polipropileno de alta densidad.	Computadora	20 kg Sulfato de Calcio	Linterna
5 tanques de pasteurización	Impresora	20 kg Carbonato de Calcio	
5 quemadores industriales	Calibrador Stanley	Micelio de hongo ostra rosado (<i>Pleurotus djamor B</i>)	
Manguera para gas	2 calentadores eléctricos	Melaza	
Sistema de riego (Microaspersión)		3 tanques de gas	
Guantes quirúrgicos			
Cofias			
Cubre bocas			
Libro de campo			

3.3 Métodos

Para el experimento se usó raquis de maíz, rastrojo de maíz y aserrín de balsa como sustratos lignocelulósicos, además se probó la efectividad de desinfección de dos métodos: pasteurización por inmersión y pasteurización por vapor.

3.3.1 Factor en estudio

3.3.1.1. Factor 1

Sustratos lignocelulósicos

- Raquis de maíz
- Rastrojo de maíz
- Aserrin de balsa

3.3.1.2. Factor 2

Tipo de pasteurización de sustrato

- Hervido o pasteurización por inmersión
- Pasteurización por vapor

3.3.2 Tratamientos

La descripción de los tratamientos obtenidos en la combinación de los factores se detalla en la tabla 7.

Tabla 7.

Tratamientos del experimento

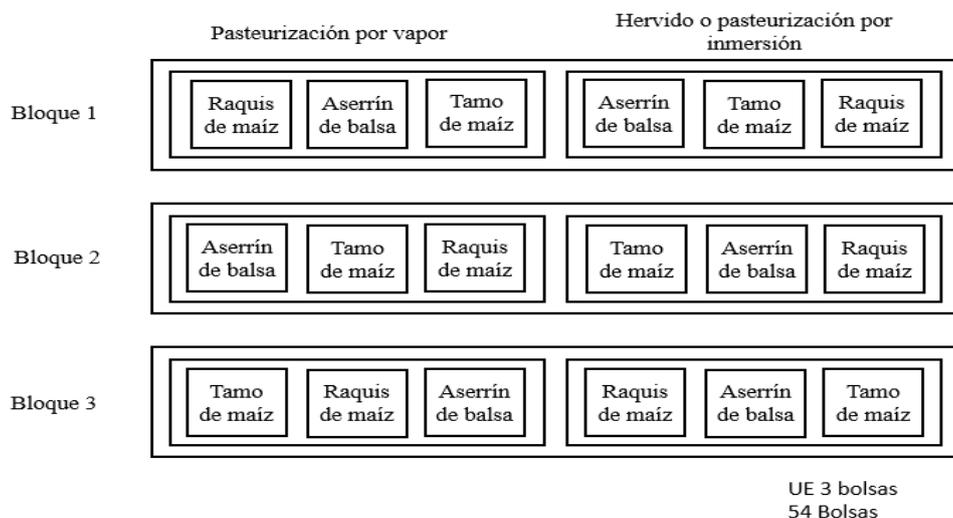
Tratamientos	Sustrato	Tipo de pasteurización	Código
T1	Raquis maíz	Pasteurización por vapor	RMP
T2	Raquis maíz	Hervido o pasteurización por inmersión	RMH
T3	Rastrojo de maíz	Pasteurización por vapor	TMP
T4	Rastrojo de maíz	Hervido o pasteurización por inmersión	TMH
T5	Aserrín de balsa	Pasteurización por vapor	ABP
T6	Aserrín de balsa	Hervido o pasteurización por inmersión	ABH

3.3.3 Diseño experimental

Se planteó un modelo adecuado en bloques de parcelas divididas (DBCA) completos ordenados al azar. Se implementó un diseño por bloques completos al azar; esto según la figura 5 (con 3 bloques). Cada uno de los tres bloques estuvo formado por 6 combinaciones, entonces en total se obtuvo 18 unidades de medición; cada una de ellas formada por 3 fundas con sustratos según el tratamiento (tabla 7) evitando la contaminación. Finalmente, fueron 18 fundas con sustrato por bloque resultando 54 fundas.

Figura 5.

Diseño experimental de la investigación.



3.3.3.1. Características del experimento

Las características del experimento se encuentran detalladas a continuación en la tabla 8.

Tabla 8.

Características del experimento

Descripción	Cantidad
Número de sustratos	3
Número de desinfecciones	2
Número de unidades experimentales	18
Fundas/unidad experimental	2
Bloques	3
Total de tratamientos	6
Total de fundas de sustratos	36

3.3.3.2. Características de la unidad experimental

Cada unidad experimental estuvo constituida por 3 fundas de sustrato con 2 kg cada una estará cada funda con su respectivo sustrato, como se indican las características en la tabla 9. Las bolsas de sustratos fueron sometidas a dos diferentes tipos de pasteurización motivo por el cual se realizó 3 unidades experimentales por tratamiento en caso de afectarse por el desarrollo de patógenos.

Tabla 9.*Características de la unidad experimental*

Datos	Medidas
Descripción de funda	Polipropileno de alta densidad
Humedad del sustrato/bolsa	50% al 70%
pH	5.5 – 6.5
Distancia entre fundas	5 cm
Distancia entre unidad experimental	20 cm
Dimensiones de la funda	30 cm x 45 cm

3.3.4 Análisis estadístico

Se utilizó el software INFOSTAT para el análisis estadístico de todas las variables a evaluadas, con prueba de Fisher al 5%, se indica el ADEVA en la tabla 10, en diseño de bloques completos al azar con parcelas divididas.

Tabla 10.

Esquema de ADEVA en Diseño de Bloques Completos al Azar con Parcelas Divididas (DBCA con PD).

Fuentes de Variación	GL
Bloque	2
Sustratos	2
Desinfección	1
Bloque X Sustratos	4
Bloque X Desinfección	2
Sustrato X Desinfección	2
Error	6
Total	19

3.4 Variables evaluadas

3.4.1. Número de fundas contaminadas por otros microorganismos

Esta variable se evaluó en el área de miceliación, donde se ubicaron las fundas inoculadas con micelio de *Pleurotus djamor B*. Por lo que requirió ingresos cada 5 días hasta completar el desarrollo micelial, para que una funda de sustrato sea considerada infectada y por lo tanto descartada del sistema productivo deberá presentar crecimientos extraños (atípicos) distintos a la corrida micelial del hongo comestible. El grado de la contaminación en la funda no será considerada, simplemente la presencia o no de patógenos. Los datos a registrarse será el número de fundas descartadas por contaminación.

3.4.2. Días de corrida de micelio

Se evaluó iniciando el día de la inoculación del micelio en la funda con sustrato tomándolo como día cero, hasta que el micelio se encuentre totalmente expandido por el sustrato notándose como algodón levemente rosáceo. Se tomó en cuenta los días hasta completar el desarrollo micelial total por lo que requirió supervisión inicial cada 5 días hasta completar los primeros 15 días, posteriormente se realizó revisión diaria para mayor exactitud.

3.4.3. Días a la formación de primordios

Una vez que se completó la etapa de miceliación se requiere de estímulos para la fructificación por ello las bolsas fueron cambiadas de condiciones ambientales con desarrollo micelial completa a otra sala tomándose un tiempo de reacción el cual fue medido en días. Teniendo en cuenta que son dos ciclos de cultivo con el mismo sustrato, para el primero fue tomado como día 0 el cambio de sala en el segundo ciclo de inicio como día cero con la cosecha del anterior ciclo.

3.4.4. Días a la cosecha

A partir de la aparición de los primordios se midió en días hasta que el hongo completo su maduración llegando a punto de cosecha, se identifica fácilmente por la suavidad de la parte externa de sus carpóforos a su vez el característico color rosa disminuye levemente. Se tomó como día cero cuanto sean notorios los primordios finalizando con la cosecha. La cosecha se realizó manualmente tomando desde la base de la colonia con ambas manos, haciendo dos movimientos (de arriba hacia abajo) hasta desprender del sustrato.

3.4.5. Rendimiento de los sustratos

Una vez cosechadas las colonias maduras fueron pesadas en una balanza gramera para obtener la total de producción en el ciclo por cada unidad experimental. El rendimiento se expresó por el peso total de la cosecha en gramos.

3.4.6. Eficiencia biológica

Este dato determinó la efectividad de cada sustrato por lo cual se toma en cuenta las dos cosechas que se realizan a nivel comercial. De esta forma se demostró si es adecuado la producción a gran escala de setas *Pleurotus djamor B* con estos sustratos.

Según Gatián et al. (2006) la eficiencia biológica se calculará con la fórmula:

$$\frac{\text{Peso (g) de hongos frescos}}{\text{Peso (g) de sustrato}} \times 100$$

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

3.4.7. Rentabilidad

Se contabilizó todos los gastos realizados durante el desarrollo del proyecto, creando un registro de gastos para determinar el costo total de cada tratamiento. El precio del producto será determinado por los costos actuales del mercado, estableciendo así el análisis económico.

3.4.8. Número de Carpóforos

Se evaluó al momento de la cosecha, se considerará cada carpóforo que haya completado la maduración. Fue evaluado en la cosecha 1 y 2. La colonia una vez cosechada se revisó hasta determinar la cantidad de carpóforos que la conforman.

3.4.9. Aislamiento de microorganismos contaminantes

En el caso de existir alguna contaminación se realizaría el aislamiento del microorganismo en el laboratorio de microbiología para determinar que agente está presente en el bloque productivo. Con la finalidad de identificar que contaminante estuvo afectando el bloque de sustrato e impidiendo el desarrollo micelial.

3.5 Manejo específico del experimento

3.5.1. Semilla

La semilla fue adquirida a una empresa de producción nacional, siendo una semilla comercial y certificada cumpliendo con los estándares de calidad y esterilidad del producto. Para realizar el experimento se requiere de 5.4 kg de semilla ya que se inocula las fundas con el 5% de semilla del peso húmedo total del sustrato. El costo total de la semilla es de \$72.

3.5.2. Recolección de sustratos

Las materias lignocelulósicas de este ensayo fueron colectados en la zona tropical del país, cantón San Lorenzo del Pailón ubicado en la provincia de Esmeraldas. Luego los

sustratos fueron sometidos a condiciones de solarización para completar con su secado, verificando que no existan granos de maíz provenientes del cultivo.

- Rastrojo de maíz (*Zea mays*): Esta materia prima fue obtenida de un productor de maíz duro en la zona rural de San Lorenzo.
- Raquis de maíz (*Zea mays*): Esta materia prima fue obtenida de un productor de maíz duro en la zona rural de San Lorenzo.
- Aserrín de balsa (*Ochroma pyramidale*): Esta materia prima fue obtenida de un aserradero en la zona urbana de San Lorenzo.

3.5.3. Desinfección de sustratos

El objetivo es eliminar cualquier patógeno existente en los sustratos para no generar competencia por el sustrato y afectar el desarrollo del hongo. Esta actividad resalta su importancia debido a que prescindirla provocaría la invasión total de microorganismos patógenos lo que se traduce en pérdida total de la producción.

3.5.3.1. Pasteurización por vapor

Se realizó la adaptación de parrilla interna en los tanques metálicos de 200 litros para que el sustrato previamente humedecido con el 1.5% cal no toque el agua, por lo que fue elevado a 85°C el agua durante 3 horas. Luego se deja enfriar y escurrir el sustrato por 24 horas para eliminar el exceso de agua y que exista una correcta fermentación.

3.5.3.2. Hervido o pasteurización por inmersión

Se procedió a hervir en tachos metálicos de 200 litros el agua hasta la temperatura de 85°C luego se integra el sustrato durante 3 horas se mantuvo temperatura constante. Se realizó en dos tanques, el calentamiento fue con 2 boquillas industriales alimentadas por un taque de gas común. Luego se deja enfriar y escurrir el sustrato por 24 horas para eliminar el exceso de agua y que exista una correcta fermentación.

3.5.3.3. Inoculación de sustratos

El área de inoculación fue sellada totalmente para impedir el ingreso de patógenos, así mismo se asperja al área con desinfectante. Luego de escurrir los sustratos pasan al área de siembra en la cual se mantuvo estándares de esterilidad en cuanto al área, materiales y equipos. Se procedió a llenar las fundas de 2 kg revisando especialmente el llenado de las esquinas. Se añade el 5% de semilla por bolsa, se cerró la funda asegurándose no ajustar

demasiado la liga para la aeración de hongo, además se realizó perforaciones pequeñas con ayuda de un bisturí para ayudar al hongo en la miceliación.

3.5.3.4. Incubación

Previo al ingreso de las fundas inoculadas se realizó una desinfección total del área para asegurar que no exista contaminación con patógenos dentro del área. Las fundas de sustratos sembradas pasaron al área de miceliación en donde se aplican condiciones para mantener la temperatura entre 27° y 29° en las que el hongo logró invadir todo el sustrato. Una vez que se compruebe que toda la funda fue invadida del hongo se extrajo para ubicarla en el área de fructificación.

En esta área es indispensable la inocuidad por lo que se requirió de revisión permanente para extraer bolsas con microorganismo patógenos, así mismo no debe existir entradas de aire ni insectos para evitar su propagación.

3.5.3.5. Fructificación

En esta área se dio condiciones de aireación, luz difusa (100 a 200 lux) y humedad relativa entre el 80% y 90%. Para lograr estas condiciones se realizó adecuaciones de un área antigua en desuso, posicionar una entrada de luz difusa y aire, además se instaló un sistema de riego por micronebulización que se activó por 3 veces al día durante 7 minutos para lograr alcanzar la humedad relativa antes mencionada. La temperatura (17 a 20 °C) de esta área fue al ambiente debido a que Chaltura posee estas condiciones que son ideales para esta producción.

El modelo de producción será de forma horizontal, generando una única área de fructificación definida por el acoplamiento de un expansor de dos pulgadas, de esta forma se concentrará mayor cantidad de energía en el sitio para la fructificación.

3.5.3.6. Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual a las colonias que posean los carpóforos maduros donde se tomó con ambas manos desde la base de la colonia y se giró completamente hasta que el tallo se rompa y desprenderá de las fundas con sustrato.

Se tomó como punto de madurez la suavidad de los bordes ya que la forma típica de esta seta es de abanico. Además, después de cada cosecha, se marcó con un marcador

permanente una raya por cada cosecha realizada. Una vez finalizados los dos ciclos productivos de cada bolsa, se procede a trasladar el material residual a la compostera.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Métodos de desinfección

Los métodos de desinfección son indispensables para la producción de setas ostra rosadas *Pleurotus djamor* B, debido a que se encuentran un sin número de organismos en las materias lignocelulósicas. La revisión para la variable número de fundas contaminadas por otros microorganismos fue visual, esperando encontrar alguna anomalía en el desarrollo micelial del hongo ya que suelen ser muy marcadas y generalmente de color verde o rojo en la mayoría de los casos.

Los métodos de desinfección en esta sección del estudio se evaluaron dos variables que consistió en determinar el número de fundas contaminadas con microorganismos patógenos que de alguna forma inhiben el desarrollo micelial y como complemento es necesario conocer cuál es este contaminante.

4.1.1. Número de fundas contaminadas por otros microorganismos

El número de fundas contaminadas por otros microorganismos fue cero, esto determina que los dos procedimientos utilizados en esta investigación resultaron ser completamente eficientes. Las fundas con los distintos sustratos empleados no dieron evidencia en ninguna etapa de presencia de agentes contaminantes, esto indica que el sustrato estuvo siempre a disposición de *Pleurotus djamor* B.

4.1.2. Identificación de agentes contaminantes

Con respecto a la identificación de los agentes contaminantes, en esta sección se confirma los resultados obtenidos en la variable número de fundas contaminadas por otros microorganismos, todas las fundas presentaron una coloración uniforme en ningún momento se disturbó situación que fue generalizada en todos los tratamientos de este estudio, por esta razón el análisis estadístico fue contundente, completa efectividad de los procesos de desinfección.

De esta forma se confirma los dos métodos de desinfección: Pasteurización por vapor (Gaitán et al., 2006), e inmersión durante 3 horas a 80°C como protocolos de desinfección eficientes en la producción de *Pleurotus djamor* B.

4.2. Comportamiento productivo del *Pleurotus djamor B*

4.2.1. Días de corrida de micelio

En la tabla 11, se representa los valores de la prueba secuencial para hipótesis en la variable corrida del micelio, en donde la interacción entre tipo de sustrato y métodos de desinfección no presentaron diferencias estadísticas ($p=0.3551$), en tanto que el análisis mostró diferencias para material utilizado como sustrato y método de desinfección ($p=0.0001$) de forma independiente.

Tabla 11.

Prueba de hipótesis secuenciales para la variable corrida de micelio (días).

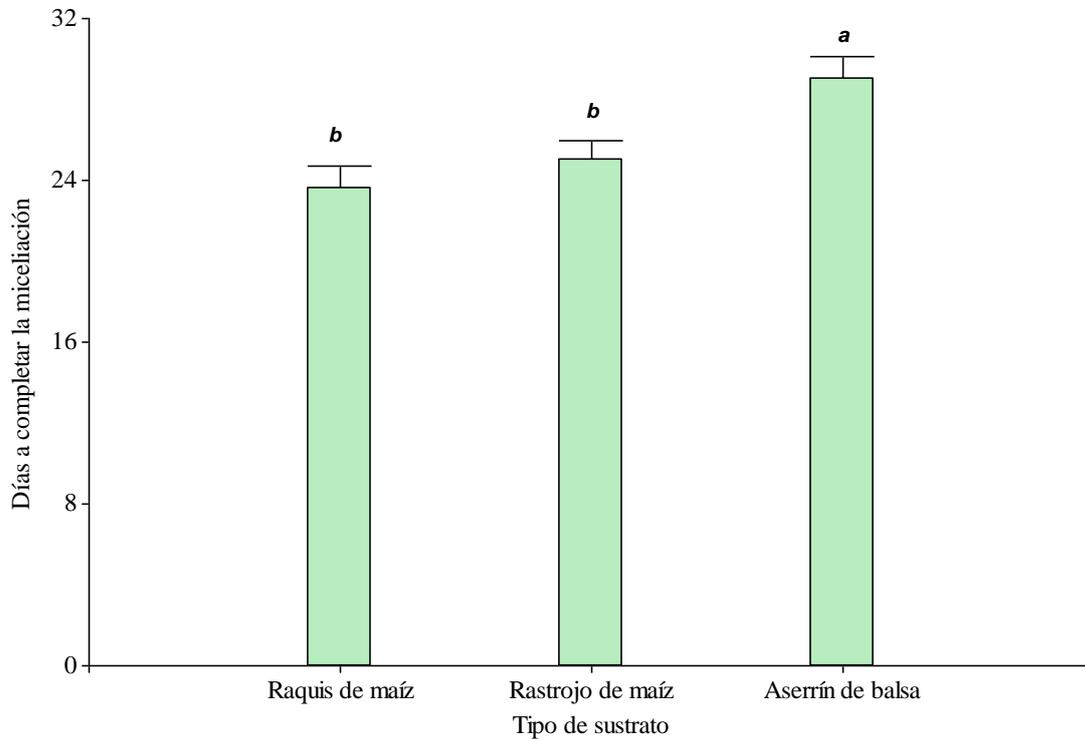
	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	46	2862.45	<0.0001
Material	2	46	11.31	0.0001
Pasteurización	1	46	27.45	<0.0001
Material: Pasteurización	2	46	1.06	0.3551

En la figura 6 se puede observar el comportamiento de los tres materiales utilizados para el desarrollo del micelio, en donde se distingue la conformación de dos rangos, el raquis y el rastrojo del maíz comparten el mismo literal y el aserrín es el sustrato que difiere del resto.

El mejor resultado para esta variable fue el raquis y el rastrojo de maíz con 23.61 y 25.06 días, respectivamente, el aserrín de balsa se comportó de manera distinta pues obtuvo una media de 29.06 días, presentado una diferencia del 18.75% con respecto del sustrato a base de maíz.

Figura 6.

Corrida de micelio (Pleurotus djamor B) evaluados en tres sustratos.



Los resultados del presente estudio concuerdan con la investigación de Arias et al. (2008) que obtuvieron miceliación con distintos sustratos en un rango de tiempo entre 16 a 35 días. Además, Martínez (2014) informa del comportamiento del desarrollo micelial en *Pleurotus djamor B* utilizando sustrato de maíz y obtuvo corridas de micelio de hasta 30 días en condiciones de módulo rústico con temperatura media de 28.06°C, resultados investigativos que también coinciden con este trabajo.

Al trabajar con aserrines como único componente de un sustrato se reduce la cantidad de enzimas que produce el hongo para su desarrollo micelial, limitándose a lacasa y manganosperoxidasa, según informa Motato et al. (2006) esto se traduce en más esfuerzo del hongo para colonizar el bloque productivo, resultando en más días para completar la miceliación.

4.2.2. Días a la formación de primordios

En la tabla 12 se muestran los resultados de las pruebas de hipótesis secuenciales para la variable días a la formación de primordios, en donde la interacción del tipo de sustrato, método de desinfección y la lectura del dato no mostraron diferencias estadísticas

($p=0.1263$), en tanto que existen diferencias estadísticas en la interacción para tipo de sustrato y la lectura de primordiación ($p=<0.0001$).

Tabla 12.

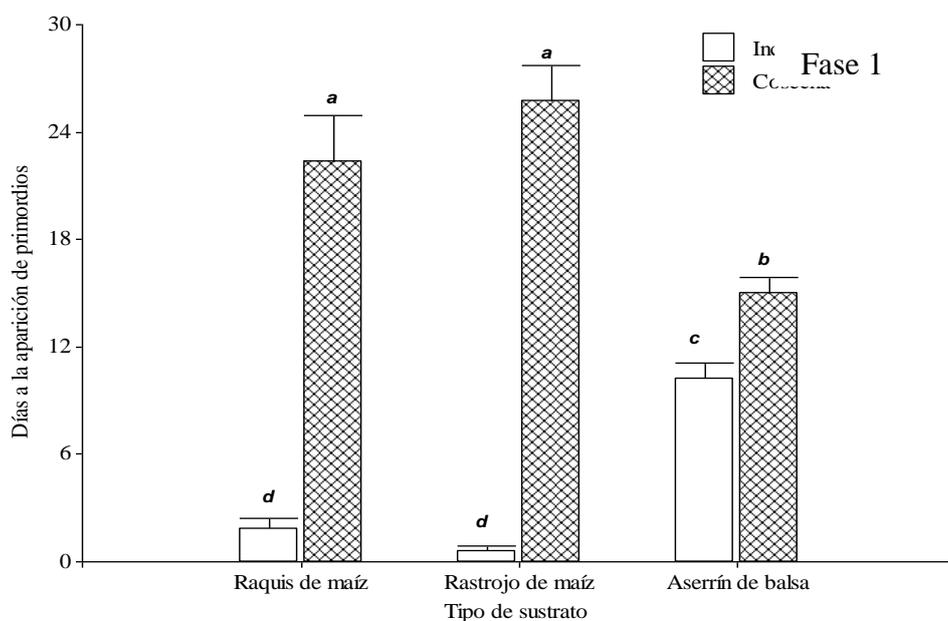
Pruebas de hipótesis secuenciales para la variable días a la formación de primordios.

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	94	282.14	<0.0001
Material	2	94	47.41	<0.0001
Pasteurización	1	94	0.79	0.3755
Época	1	94	207.86	<0.0001
Material: Pasteurización	2	94	0.29	0.7481
Material: Época	2	94	27.95	<0.0001
Pasteurización: Época	1	94	1.65	0.2021
Material: pasteurización: ep.	2	94	2.12	0.1263

En la figura 7 se puede observar el comportamiento de los tres materiales usados como sustrato, en el cual se determinó la dinámica de primordiación en dos fases. Los primordios que aparecieron en la fase 1, y todos los bloques productivos extraídos correspondieron a la primera producción de setas, y en la fase 2 corresponde a la segunda cosecha del producto.

Figura 7.

Días a la aparición de primordios primera fructificación de Pleurotus djamor B.



La aparición de los primordios en la fase 1, para los tres tratamientos fueron distintos en donde el raquis y el rastrojo de maíz obtuvieron conteos mínimos que no superaron los dos días en la aparición de los primordios, no así el aserrín de balsa que presenta una primordiación más lenta alcanzando el apareamiento de estos componentes al décimo día.

El raquis y el rastrojo de maíz obtuvieron un periodo de tiempo para primordiación similar que estuvo rondando entre los 22 y 25 días en su segunda fase, en tanto que para el tratamiento con aserrín de balsa este periodo fue inferior en un 40%. Según Salmones et al. (1997) el ciclo de cultivo en días aportando humedad requerida con diferentes cepas de *P. djamor B* se tardó de 38 a 64 días, recolectando 4 cosechas de los bloques productivos, estos resultados difieren de los obtenidos en la presente investigación puesto que son aproximadamente 34% inferiores.

4.2.3. Días a la cosecha

En la tabla 13, se muestran las pruebas de hipótesis secuenciales para la variable días a la cosecha, en la interacción entre tipo de sustrato, métodos de desinfección y días a la cosecha no existió diferencias estadísticas ($p=0.7290$); de los factores estudiados se evidencia diferencia estadística para días a la cosecha independientemente de las otras variables ($p=0.0001$).

Tabla 13.

Pruebas de hipótesis secuenciales para la variable días a la cosecha.

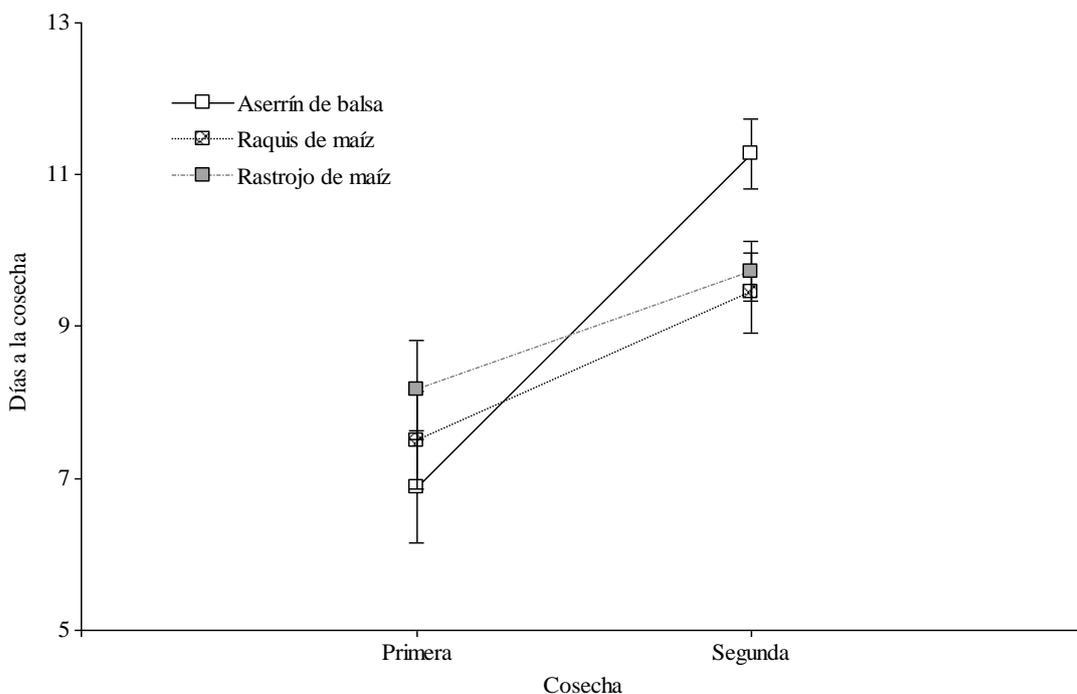
	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	94	1330.09	<0.0001
Sustrato	2	94	0.58	0.5602
Pasteurización	1	94	0.84	0.3612
Cosecha	1	94	29.47	<0.0001
Sustrato: Pasteurización	2	94	0.06	0.9446
Sustrato: Cosecha	2	94	3.35	0.0393
Sustrato: Cosecha	1	94	0.02	0.8788
Sustrato: Pasteurización	2	94	0.32	0.7290

Las diferencias que se encuentran en los días a la cosecha están ligados a los diferentes compuestos químicos propios de las materias usadas como sustratos y la cantidad de enzimas que segregan las diferentes cepas. Según Motato et al. (2006) las cinéticas de las enzimas manganosperoxidasa (MnP) y lacasa, incrementan su producción justo en la etapa de fructificación de los hongos sobre ambos sustratos, evidenciando el rol

fisiológico de esta enzima dentro del metabolismo y crecimiento del hongo, lo cual ya ha sido reportado por otras investigaciones. Múltiples estudios han asociado el rol fisiológico de la enzima lacasa dentro del proceso de fructificación de los hongos.

Figura 8.

Días a la cosecha de Pleurotus djamor B con 3 tipos sustratos.



Los sustratos aserrín de balsa, raquis y rastrojo de maíz para la primera cosecha se tardaron 6.89, 7.59 y 8.17 días respectivamente. De esta forma se demostró que las colonias producidas en bloques de aserrín de balsa se demoraron menos tiempo para la primera cosecha, es necesario informar que la calidad de setas comerciales fueron inferiores con respecto a los otros dos tratamientos (figura 9), a pesar de esto no existió diferencias estadísticas entre las dos primeras colectas, dejando al rastrojo de maíz compartir un mismo rango con el raquis.

Figura 9.

Setas de Pleurotus djamor B en punto de cosecha en bloque productivo de aserrín de balsa y tamo de maíz.



El rastrojo y el raquis de maíz en su segunda cosecha demoró 9.44 y 9.72 días respectivamente. El aserrín de balsa fue el tratamiento con mayor tiempo acumulado en la cosecha comparado con los otros dos tratamientos, este empleó 11.28 días en la segunda etapa de fructificación.

4.2.4. Rendimiento de los sustratos

El rendimiento se calculó sumando el peso de la primera y segunda cosecha de los diferentes tratamientos; en la tabla 14, se muestran las pruebas de hipótesis secuenciales para esta variable, en donde la interacción entre sustrato y método de desinfección presentan diferencias estadísticas ($p=0.0127$), pero no se evidencia diferencias para pasteurización independientemente del sustrato ($p=0.1315$), en tanto que el sustrato independientemente de la pasteurización mostró diferencias estadísticas ($p=<0.0001$).

Tabla 14.

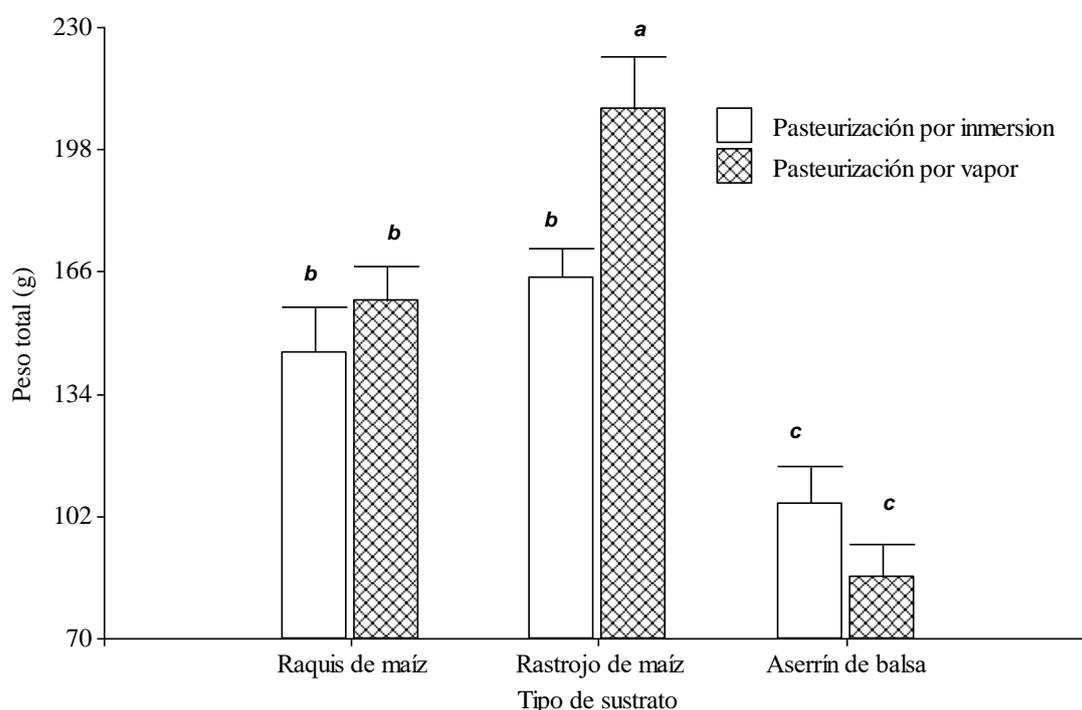
Pruebas de hipótesis secuenciales para la variable rendimiento

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	46	1194.56	<0.0001
Sustrato	2	46	40.09	<0.0001
Pasteurización	1	46	2.36	0.1315
Sustrato: pasteurización	2	46	4.81	0.0127

En la figura 10 se puede observar las diferencias que establece el tipo de pasteurización respecto al rendimiento de los bloques productivos, obteniendo el mejor resultado con el tipo de pasteurización por vapor y sustrato de rastrojo de maíz (208,78 g); entre el bloque productivo de rastrojo de maíz con pasteurización de inmersión y el raquis de maíz con los dos tipos de pasteurización no se evidenció diferencias, el sustrato de aserrín de balsa con los tipos de pasteurizaciones obtuvo el rendimiento más bajo del estudio.

Figura 10.

*Rendimiento de la producción de setas *Pleurotus djamor B* en 3 tipos de sustratos.*



El rendimiento de un sustrato para producción de un hongo comestible se encuentra ligado a la capacidad que tiene este organismo para degradar la materia prima que compone el sustrato, formado por una serie de compuestos como carbono, nitrógeno, glucosa, y minerales Muñoz, (2017).

Como lo expone Salas (2019) el sustrato preparado con paja de arroz (290 g) y suplementado con maíz molido (20 g) obtuvo como rendimiento 128,80 g; los hongos del género *Pleurotus* requieren, además de sustancias abundantes en polisacáridos (celulosa y hemicelulosa) y lignina para su crecimiento, carbohidratos solubles, glucosas, melazas, fuentes orgánicas de nitrógeno tales como, salvado de arroz, trigo, cebada, avena, maíz, soya y girasoles, así como fuentes de minerales como el sulfato de amonio.

4.2.5. Eficiencia biológica

La eficiencia biológica fue calculada con el rendimiento dividido para el peso del sustrato, se muestra el análisis en la tabla 15, las pruebas de hipótesis secuenciales para esta variable, en donde la interacción de sustrato y método de desinfección presentó diferencias estadísticas ($p=0.0062$), pero no se evidenció diferencias para pasteurización independientemente del sustrato ($p=0.0681$), en tanto que el sustrato independientemente de la pasteurización mostró diferencias estadísticas ($p<0.0001$).

Tabla 15.

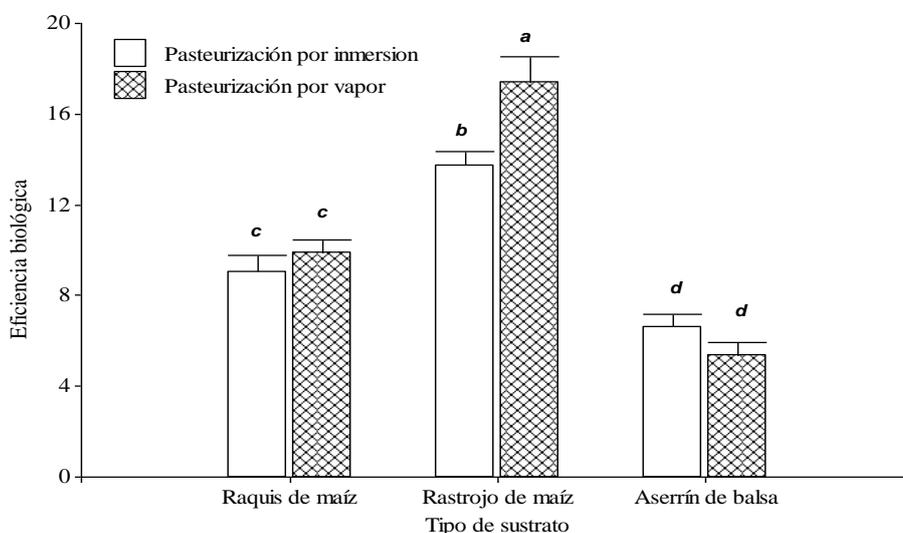
Pruebas de hipótesis secuenciales de la eficiencia biológica.

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	46	1208.80	<0.0001
Sustrato	2	46	88.47	<0.0001
Pasteurización	1	46	3.49	0.0681
Sustrato: Pasteurización	2	46	5.69	0.0062

El rastrojo de maíz con pasteurización por vapor se encuentra encabezando la lista con el mejor resultado E.B. 17.40 como se indica en la figura 11, seguido por el tratamiento con pasteurización por inmersión con 13.71, los sustratos de raquis con los dos tipos de pasteurizaciones se encuentran compartiendo un mismo nivel designado con la letra c, y el aserrín de balsa con el resultado más bajo encasillado por la letra d.

Figura 11.

*Eficiencia Biológica obtenida para la producción de *Pleurotus djamor B* con 3 tipos de sustratos.*



Según Salas (2019) demuestra que el sustrato preparado con paja de arroz (290g) y suplementado con maíz molido (20g) obtuvo como eficiencia biológica 44,42%, esto asegura que suplementar con granos mejora la capacidad para producir setas más grandes. Así mismo, se otorga a las enzimas degradadoras la capacidad para desdoblar nutrientes del sustrato con mayor facilidad con el aporte de nitrógeno por parte de los granos de maíz molido. A diferencia de esta investigación en la que los tratamientos no fueron suplementados con fuentes de nitrógeno, y obteniendo valores más bajos.

4.2.6. Número de carpóforos

El número de carpóforos se determinó contando de manera manual la conformación de la colonia, los resultados se encuentra en la tabla 16, para las pruebas de hipótesis de esta variable número de carpóforos, en donde la interacción de tipo de sustrato, método de desinfección y fructificación, no presentó diferencias estadísticas ($p=0.8295$), tampoco se evidencia diferencias para pasteurización independientemente del sustrato ($p=0.9711$), en tanto que el sustrato independientemente de la pasteurización mostró diferencias estadísticas ($p<0.0001$).

Tabla 16.

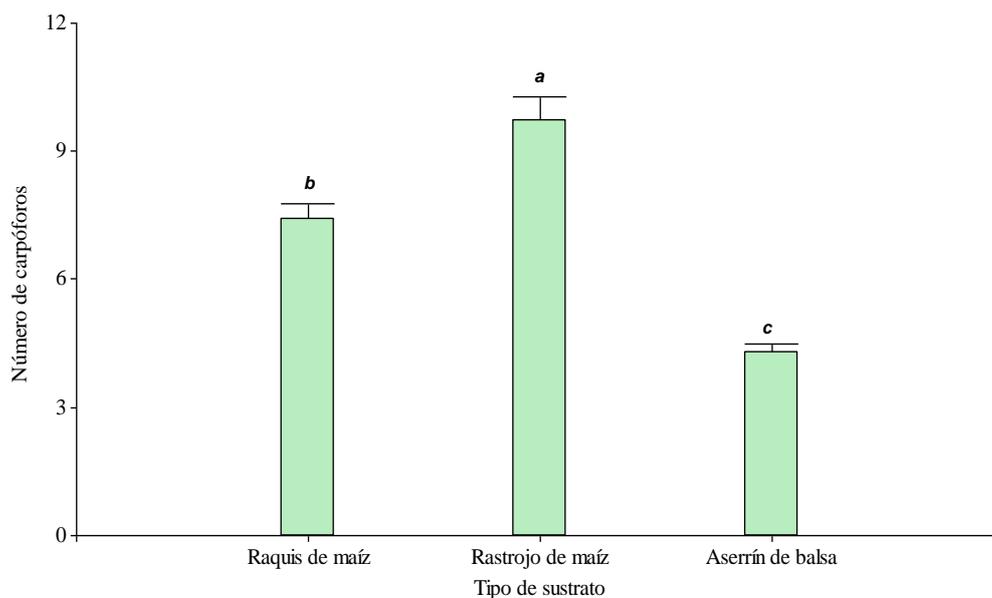
Prueba de hipótesis secuenciales de número de carpóforos.

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	94	970.79	<0.0001
Sustrato	2	94	58.13	<0.0001
Pasteurización	1	94	1.3E-03	0.9711
Fructificación	1	94	3.78	0.0547
Sustrato: Pasteurización	2	94	0.12	0.8864
Sustrato: Fructificación	2	94	0.64	0.5279
Sustrato: Fructificación	1	94	0.91	0.3413
Sustrato:Pasteurización:Fr..	2	94	0.19	0.8295

El mayor número de carpóforos le corresponde al tratamiento con rastrojo de maíz el cual obtuvo un conteo de con 9,72 unidades, a continuación, se ubicó el raquis de maíz con 7,42 unidades y al aserrín de balsa presenta el menor conteo con 4,28 (figura 12).

Figura 12.

Número de carpóforos obtenidos con diferentes sustratos lignocelulósicos en la producción de Pleurotus djamor B.



La mayor producción de carpóforos se encuentra ligada al rendimiento del sustrato, por esta razón se incrementa la cosecha por bloque productivo. Cisterna (2001) reporta en su ensayo con maíz un promedio de 8 a 12 carpóforos por colonia, encontrando coincidencia con los resultados de esta investigación.

López et al. (2005) informa que obtuvieron mayor desarrollo de los cuerpos fructíferos por el aditivo de café que fue agregado al bloque productivo previo a la siembra, indicando que *Pleurotus djamor* B es capaz de convertir el hasta el 47% de sustrato en alimento para consumo humano.

4.2.7. Análisis Beneficio Costo

El análisis beneficio costo se evaluó por tratamiento, de esta forma se pudo determinar la rentabilidad de cada uno. Se determinó el egreso correspondiente a la conformación del costo productivo, frente a los ingresos generados por la venta del producto. Se determinó que los tratamientos para la producción de *Pleurotus djamor* B con la utilización de aserrín de balsa debe presentar los resultados más bajos para este análisis económico.

Tabla 17.

Análisis beneficio costo del cultivo de Pleurotus djamor B.

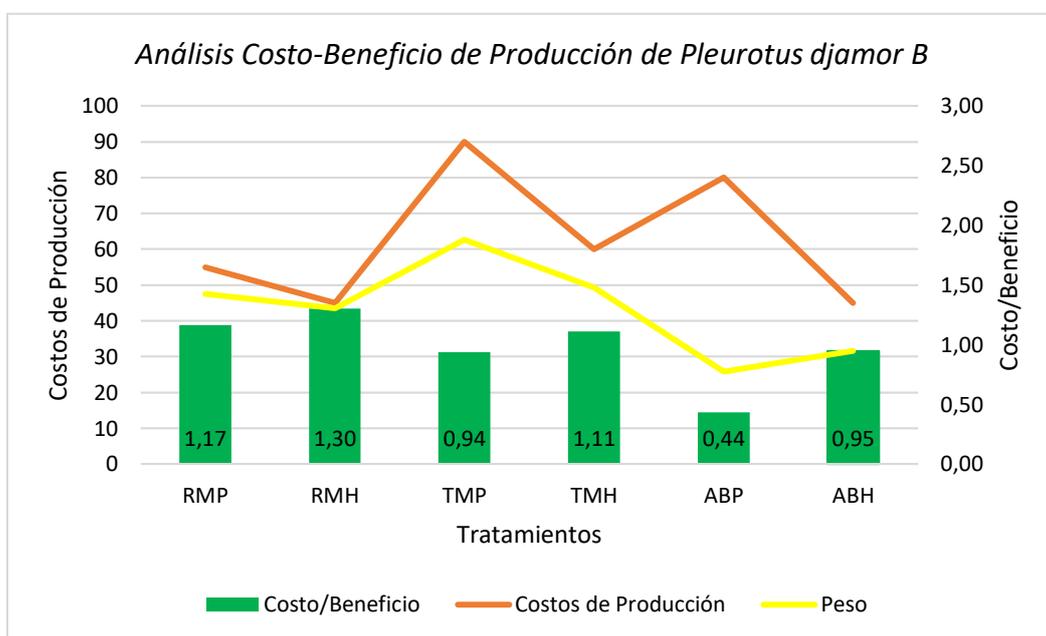
Sustrato	Pasteurización	C/B
Raquis maíz	Pasteurización por vapor	1.17
Raquis maíz	Pasteurización por inmersión	1.30
Rastrojo de maíz	Pasteurización por vapor	0.94
Rastrojo de maíz	Pasteurización por inmersión	1.11

Aserrín de balsa	Pasteurización por vapor	0.44
Aserrín de balsa	Pasteurización por inmersión	0.95

Como se explica a continuación en la figura 13, el valor más alto para el análisis de costo beneficio fue 1.30 correspondiente al tratamiento de raquis de maíz por inmersión; así como el de raquis de maíz con pasteurización por vapor arrojando un C/B de 1.17 mientras que el menos recomendable fue el de sustrato de aserrín de balsa con pasteurización por vapor siendo inferior en un 67% del mejor tratamiento.

Figura 13.

Análisis Costo-Beneficio de la Producción de Pleurotus djamor B.



Es necesario recalcar que se tomaron los datos correspondientes solo en la primera y segunda fructificación, sin tomar en cuenta las cuatro fructificaciones continuas. Así mismo con los sustratos utilizados como lo menciona Monteroso (2009) incorporando aditivos como fuente de nitrógeno se logra incrementar hasta 135% la eficiencia biológica por unidad sembrada.

V. CONCLUSIONES

- Los tipos de pasteurizaciones: por vapor e inmersión obtuvieron resultados óptimos para el desarrollo de estas setas, ya que no ocurrió ninguna contaminación con agentes patógenos durante el desarrollo del ensayo.
- Se ratifica que el uso de rastrojo de maíz como sustrato para el cultivo de *Pleurotus djamor* B por sus características químicas es viable al obtener una eficiencia de hasta 48,20%; obtuvo los mejores resultados en cuanto al rendimiento, eficiencia biológica y número de carpóforos.
- Se demostró que los métodos de pasteurización por vapor e inmersión influyen en la productividad del hongo, siendo la primera la más efectiva en cuanto a rendimiento; y, además, el aserrín de balsa debe ser suplementada con nitrógeno ya que es una fuente eficiente de carbono para obtener mejores resultados.
- El factor limitante para el crecimiento del hongo en la etapa de fructificación son las condiciones ambientales, el acceso a la luz solar, la oxigenación y la constante hidratación de las unidades experimentales permitieron que las fundas que fueron trasladadas al área de fructificación consigan carpóforos de mayor diámetro y un mejor rendimiento.

VI. RECOMENDACIONES

- El área que se elija para el cultivo de *Pleurotus djamor* B debe tener acceso a la luz solar para que los cuerpos fructíferos se desarrollen ya que se evidenció en los resultados de rendimiento y EB que la luz solar es más efectiva que la artificial.
- Es importante que el lugar donde se encuentre el cultivo se realice monitoreos, fundamentalmente la aplicación de trampas de insectos, así no se verán afectados los basidiomas, tener un plan de contingencia contribuirá alrededor del área de cultivo.
- En futuras investigaciones se debería analizar las diferentes fuentes nitrógeno que actúan como suplemento, para incrementar la productividad ya que existe materia prima en abundancia, como en el caso del aserrín de balsa con bajo rendimiento, y así se potencia su uso.
- Durante la etapa de miceliación se requiere de monitoreo periódicamente, ya que existen bloques productivos muy precoces y empiezan a producir primordios sin haber finalizado su colonización, estos deben ser retirados rápidamente hacia el cuarto de fructificación para no perder dicha cosecha.

VII. REFERENCIAS

- Ardon, C. (2007). *Producción de hongos comestibles* [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio digital. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/07/07_1932.pdf
- Arias, G., Gutiérrez, C., y Ospina, C. (2008). Propuesta del cultivo de hongo *Pleurotus* y *Lentinula edodes* a partir de la biomasa del café en las fincas cafeteras de manizales para el fortalecimiento de los programas de desarrollo alternativo. *Cuadernos Latinoamericanos de administración*, 4(6), 35-67.
- Barrios, B., Moreno, L. y Sánchez, J. (2009). Composteo en cajones de madera como pretratamiento del sustrato para cultivar *Pleurotus ostreatus*. *Revista Mexicana de Micología*, 29, (51-59).
- Batz, E. (2010). *Producción de cuerpos fructíferos de cepas nativas de Pleurotus en sustratos desinfectados por inmersión en agua alcalina* [Tesis de pregrado Universidad San Carlos de Guatemala]. Repositorio digital. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/06/17/De%20Leon-Julio.pdf>
- Beltrán-Delgado, Y., Morris-Quevedo, H., Llauradó-Maury, G., Bermúdez-Savón, R. y García-Oduardo, N. (2020). Procedimiento para la producción de setas del género *Pleurotus* con potencial aplicación farmacológica. *Revista cubana de Química*, 32(2), 245-261.
- Bernabé-González, T. y Cayetano-Catarino, M. (2009). Cultivation of *Pleurotus pulmonarius* on substrates treated by immersion in alkaline water in Guerrero, México. *Micología Aplicada Internacional*, 21(1), 19-23.
- Carlozama, C. y Salas, P. (2017). *Análisis químico de la madera balsa Ochroma pyramidale y determinación de sus posible usos como sustrato para cultivo in vitro y externo de orquídeas* [Tesis de pregrado, Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador]. Repositorio digital. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13581>
- Castillo, M. (2018, febrero 18). El cultivo de maíz ha sido constante los últimos años. *Líderes*. <https://www.revistalideres.ec/lideres/cultivo-maiz-constante-ecuador->

[produccion.html#:~:text=Durante%20el%202017%2C%20en%20Ecuador,el%20cant%C3%B3n%20Ventanas%2C%20Los%20R%C3%ADos.](#)

Cisterna, C. (2001). *Cultivo del Champiñon Ostra en Chile* (1ra ed). Mycotec.
<http://www.biomicel.com/Interes/Tecnologia/35.pdf>

Edgardo, A. (2008). *Cultivo intensivo de los hongos comestibles champiñones, girgolas, shiitake y otras especies*. Hemisferio Sur.

Espinosa, A. y Pazmiño, V. (2016). *Elaboración de productos agroindustriales a partir de (*Pleurotus djamor*), como alternativa al poliestireno expandido* [Tesis de pregrado, Universidad de las Américas]. Repositorio digital.
<http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2787139>

France, Andrés., Cañumir, Juan. y Cortez, Mónica. (2000). *Producción de hongos ostra*. Trama.

Gaitán-Hernández, R., Salmones, D., Pérez, R. y Mata, G. (2006). *Manual práctico de setas aislamiento, siembra y producción*. Instituto de Ecología.
http://www1.inecol.edu.mx/cv/CV_pdf/libros/Manual_PleurotusGaitan.pdf

García, M. (2007). *Cultivo de Setas y Trufas. Muldi-prensa*.

Guevara, L. (2018). *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 de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio digital.
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/28371>

Guzmán, G., Mata, G., Salmones, D., Conrado, S. y Guzmán-Dávalos, L. (1993). *El cultivo de los hongos comestibles*. Instituto Politécnico Nacional Dirección de Bibliotecas y Publicaciones.

López, C., Hernández, R. y Suárez, C. (2008). *Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio digital.
<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/8275>

- López, E., Ancona, L. y Medina, S. (2005). Cultivo de *Pleurotus djamor* en condiciones de laboratorio y en una casa rural tropical. *Revista Mexicana de Micología*, 21, 93-97.
- Madigan, M., Martinko, J., Stahl, D., y Clark, D. (2012). *Brock biology of microorganisms*. Prentice Hall International (13 ed).
- Martínez, D. (2014). *Produccion de tres especies de Pleurotus spp. utilizando diferentes sustratos; Nuevo Progreso, San Marcos*. [Tesis de pregrado, Universidad Rafael Landívar]. Repositorio digital. <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/17/Martinez-Daniel.pdf>
- Martínez-Carrera, D., Curvetto, N., Sobal, M., Morales, P., y Mora, V. (2010). Hacia un desarrollo sostenible del sistema de producción-consumo de los hongos comestibles y medicinales de latinoamerica: Avances y perspectivas en el siglo XXI. *Micologia Aplicada Internacional*, 22(2), 79.
- Martínez-Carrera, D., Morales, P., Sobal, M., Bonilla, M. y Martínez, W. (2007). México ante la globalización en el siglo XXI: el sistema de producción-consumo de los hongos comestibles. *Colpos* 6(1), 20. <http://www.hongoscomestiblesymedicinales.com/P/P/8.pdf>
- Monterroso, O. G. (2009). *Efecto de la suplementación de la caña de maíz (Zea mays L.) con nitrato de amonio, nitrato de potasio y urea en el cultivo del hongo Pleurotus ostreatus* [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio digital. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/9488/>
- Morales, S., Concepción, R., Chonillo, A. y Lorenzo , F. (2016). Determinación de las potencialidades de aserrín en la ciudad de Guayaquil como materia prima para la producción de diversos surtidos en la industria forestal. *Holos*, 4, 105-114.
- Motato , K., Mejía , A. y León, Á. (2006). Evaluación de los residuos agroindustriales de plátano (*Musa paradisiaca*) y aserrín de abarco (*Cariniana piriformes*) como sustratos para el cultivo del hongo *Pleurotus djamor*. *Vitae*, 13(1), 24-29.
- Muñoz, E. (2017). Analisis comparativo de dos sustratos y cuatro paquetes tecnológicos utilizados en la producción comercial de *Pleurotus ostreatus* [Tesis de pregrado,

- Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio digital. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2830>
- Mush World, (2005). *Manual del cultivador de hongos* (N. Curvetto, Trad.; 1.a ed.). Mush World. (Trabajo original publicado en 2005).
- Navarro, M., Escudero, A., Ferragut, F., López-Lorrio, A. y Gea, F. (2001). Evolución de las poblaciones de los dípteros *Megaselia halterata* y *Lycoriella auripila* (Diptera: *Phoridae* y *Sciaridae*) en el cultivo de champiñón de Castilla-La Mancha. *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas*, 27, 373-381.
- Pérez, J. D. (2015). *Efecto del tamaño de partícula y el método de desinfección de raquis de maíz en la producción de Pleurotus ostreatus* [Tesis de Pregrado, Universidad Rafael Landivar]. Repositorio digital. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/06/17/De%20Leon-Julio.pdf>
- Periasamy, K. y Natarajan, K. (2004). Role of lignocellulosic enzymes during basidiomata production by *Pleurotus djamor* var. *roseus*. *Indian Journal of Biotechnology*, 577.
- Pineda, J. (2006). Champiñón Ostra. *Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente. Biorrefinería* 2(2), 26-31.
- Rodríguez, N., Araque, M. y Perdomo, F. (2006). *Preparación de sustratos para hongos comestibles y medicinales*. Cenicafé.
- Salas, D. (2019). *Productividad de Pleurotus djamor* (Rumph. ex Fr.) Boedijn usando como sustratos cáscara de café y paja de arroz suplementado con maíz molido [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1796>
- Salmones, D., Mestizo, L., y Gaitán-Hernández, R. (2004). Entrecruzamiento y evaluación de la producción de las variedades de *Pleurotus djamor* (Fr.) Boedijn. *Revista Mexicana de Micología*, 18(1), 21-26.
- Salmones, D. (2017). *Pleurotus djamor*, un hongo con potencial aplicación biotecnológica para el neotrópico. *Revista Mexicana de Micología*, 46(1), 73-85.

Sarasti, A. y Muelas, W. (2008). *Evaluación de la producción de setas comestibles orellanas (Pleurotus ostreatus) sobre cuatro sustratos a base de pulpa de café tratados con tres diferentes métodos de esterilización en el Municipio de Piendamó* [Tesis de pregrado, Universidad del Cauca]. Repositorio Universidad del Cauca. <http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/594>

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA. (2015). Plan de manejo de residuos generados en actividades agrícolas primera etapa: diagnóstico nacional. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/346978/Manejo_de_residuos_Detallado.pdf

VIII. ANEXOS



Anexo 1. Agregando agua y minerales al sustrato de aserrín para pasteurización por vapor.



Anexo 2. Pasteurizador por vapor en funcionamiento



Anexo 3. Revisión de temperatura en pasteurizador por inmersión



Anexo 4. Revisión de la calidad de semilla.



Anexo 5. Siembra de bolsa pasteurizadas por vapor.



Anexo 6. Mezcla de minerales y semilla al sustrato pasteurizado por inmersión.

		<p>Anexos 7. Módulo de investigación en el área de miceliación</p>
		<p>Anexo 8. Revisión del avance de la miceliación</p>
		<p>Anexo 9. Micelio de <i>Pleurotus djamor</i> B en proceso de colonización.</p>

	<p>Anexo 10. Etiquetado y entubado del bloque productivo.</p>
	<p>Anexo 11. Ubicación de bloques productivos en cuerdas.</p>

	<p>Anexo 12. Área de fructificación con los bloques productivos de investigación.</p>
	<p>Anexo 13. Bloques productivos con setas maduras de <i>Pleurotus djamor B</i></p>



Anexo 14. Toma de datos de las colonias maduras en el área de poscosecha .