

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA
PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGROPECUARIA**

Evaluación de sustratos lignocelulósicos para la producción del hongo ostra
(*Pleurotus ostreatus*), en la parroquia Tarqui.

AUTORAS:

Miriam Margoth Santillán Tandapilco y Verónica Estefanía Morocho Noboa

DIRECTORA:

MSc. Bélgica Dolores Yaguache Camacho

PASTAZA – ECUADOR

2018

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.

Nosotras, Miriam Margoth Santillan Tandapilco, con cédula de ciudadanía No. 1600683070, y Verónica Estefanía Morocho Noboa, con cédula de ciudadanía No. 2100686175, en calidad de autoras del proyecto: “Evaluación de sustratos lignocelulósicos para la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), en la parroquia Tarqui.”, declaramos lo siguiente:

Que el proyecto es de nuestra autoría, y que en su formulación se han respetado las normas legales y reglamentos pertinentes para la Estructura y Formato de Presentación para el Proyecto de Investigación y Desarrollo en la Unidad de Titulación Especial.

Que el mencionado proyecto fue desarrollado con nuestra participación y con la tutoría de la MSc. Bélgica Dolores Yaguache Camacho, bajo un proyecto de investigación aprobado por el consejo universitario de la UEA, en consecuencia, los resultados y productos de la investigación serán de responsabilidad única, respecto a su contenido, veracidad y alcance científico.

A través de la presente declaración, cedemos los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Amazonica, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y Normatividad Institucional vigente.

Miriam Margoth Santillán Tandapilco

CI. 1600683070

Verónica Estefanía Morocho Noboa

CI. 2100686175

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO.

Yo, Bélgica Dolores Yaguache Camacho, certifico que las alumnas Miriam Margoth Santillán Tandopilco, con CI. 1600683070, y Verónica Estefanía Morocho Noboa, con CI. 2100686175, son autoras del presente Proyecto de Investigación y Desarrollo. Para la culminación del mismo, tuvieron que dedicar muchísimas horas de trabajo y sobre todo de esfuerzo y dedicación. Finalmente, considero que lograron un excelente material que puede ser sometido a la consideración del tribunal propuesto.

Atentamente,

Bélgica Dolores Yaguache Camacho.

Directora del Proyecto de Investigación y Desarrollo.

CI. 1103457824

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
UNIDAD DE LA TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN



Puyo, 01 de febrero de 2018
Oficio No. 007-UTICS-UEA-2018

Señores
Secretaría Académica U.E.A.
Presente.-

Por medio del presente CERTIFICO que:

El informe del Proyecto de investigación correspondiente a las Srtas. SANTILLAN TANDAPILCO MIRIAM MARGOTH, y; MOROCHO NOBOA VERÓNICA ESTEFANÍA, con el Tema: "EVALUACIÓN DE SUSTRATOS LIGNOCELULOSICOS PARA LA PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRA (*Pleurotus ostreatus*), EN LA PARROQUIA TARQUI", Tutora M.Sc. Bélgica Yaguache, Directora de Tesis, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 02%. Informe generado por la Tutora de fecha 01 de febrero de 2018.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



Ing. Elías Jachero Robalino MSc.
UNIDAD DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN DE LA UEA
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA -

NOTA: Adjunto Informe generado el 01 de febrero de 2018.

www.uea.edu.ec

Campus UEA, Paso Lateral km. 2 1/2 Vía Napo
Tel: 03-2889118 - Telefax: 03-2888118

Puyo, Pastaza - Ecuador

CIPCA, km 44 vía Puyo - Tena
Tel: 033-030653

Puyo, 1 de febrero de 2018.

Ing. Elías Jachero Robalino
Director Unidad de Informática-UEA
Presente.-

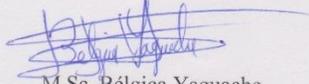
De mi consideración:

Reciba un cordial saludo y el deseo de éxitos en sus funciones.

El motivo de la presente es poner a su consideración el resultado de la consulta relativa al URKUND, realizada al trabajo de las estudiantes Miriam Margoth Santillan Tandapilco y Verónica Estefanía Morocho Noboa, cuyo título es "Evaluación de sustratos lignocelulósicos para la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), en la parroquia Tarqui", dirigido por la docente M.Sc. Bélgica Dolores Yaguache Camacho. En el reporte Urkund Analysis Result de fecha 01-02-2018, hora 07:50:00, reporta el 2% de coincidencia.

Por la favorable acogida que se digne dar a la presente, agradezco.
Adjunto documento.

Atentamente



M.Sc. Bélgica Yaguache
Directora de Tesis



para el
01-02-2018

Urkund Analysis Result

Analysed Document: PROYECTO COMPLETO 1-02-2018.docx (D35234927)
Submitted: 2/1/2018 7:50:00 PM
Submitted By: agr20140050@uea.edu.ec
Significance: 2 %

Sources included in the report:

Tesis Diego 2016 PARA URKUND.doc (D30835215)
Trabajo de Titulación Pleurotus.docx (D29559812)
HONGOS OSTRAS.docx (D18328407)
<http://biomicelios.com/cultivo-del-hongo-ostra/>

Instances where selected sources appear:

7

**FORMATO DE AVAL DOCENTE PARA LA PRESENTACIÓN DEL
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

AVAL

Quien suscribe Bélgica Dolores Yaguache Camacho. Docente de la Universidad Estatal Amazónica avaliza el Proyecto de investigación:

Título: "Evaluación de sustratos lignocelulósicos para la producción de hongos ostra (*Pleurotus ostreatus*), en la parroquia Tarqui"

Autor (a): Miriam Margoth Santillan Tandapilco

Certifico haber acompañado el proceso de elaboración del Proyecto de Investigación y considero cumple los lineamientos y orientaciones establecidas en la normativa vigente de la institución.

Por lo antes expuesto se avala el Proyecto de investigación para que sea presentado ante la Coordinación de la Carrera Agropecuaria como forma de titulación como Ingeniero en Agropecuaria, y que dicha instancia considere el mismo a fin de que tramite lo que corresponda.

Para que a si conste, firmo la presente a los 30 días del mes de enero del 2018.

Atentamente,



Bélgica Dolores Yaguache Camacho
CI: 1103457824

FORMATO DE AVAL DOCENTE PARA LA PRESENTACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

AVAL

Quien suscribe Bélgica Dolores Yaguache Camacho. Docente de la Universidad Estatal Amazónica avaliza el Proyecto de investigación:

Título: "Evaluación de sustratos lignocelulósicos para la producción de hongos ostra (*Pleurotus ostreatus*), en la parroquia Tarqui"

Autor (a): Verónica Estefanía Morocho Noboa

Certifico haber acompañado el proceso de elaboración del Proyecto de Investigación y considero cumple los lineamientos y orientaciones establecidas en la normativa vigente de la institución.

Por lo antes expuesto se avala el Proyecto de investigación para que sea presentado ante la Coordinación de la Carrera Agropecuaria como forma de titulación como Ingeniero en Agropecuaria, y que dicha instancia considere el mismo a fin de que tramite lo que corresponda.

Para que a si conste, firmo la presente a los 30 días del mes de enero del 2018.

Atentamente,



Bélgica Dolores Yaguache Camacho
CI: 1103457824

FORMATO DE INFORME DEL DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

INFORME DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título: "Evaluación de sustratos lignocelulósicos para la producción de hongos ostra (*Pleurotus ostreatus*), en la parroquia Tarqui"

Autor (a): Miriam Margoth Santillan Tandapilco

Unidad de Titulación: Ingeniería Agropecuaria

Director del proyecto: M.Sc Bélgica Dolores Yaguache Camacho

Fecha: 30 de enero de 2018

Introducción y contexto de la investigación:

La introducción expresa de manera clara, la importancia y el propósito del proyecto; la investigación se enmarca dentro del contexto amazónico, para dar respuesta a la necesidad de la población de la ciudad de Pastaza, específicamente, a la Asociación de productores de la parroquia Tarqui.

Cumplimiento de objetivos

La investigación cumple con los objetivos planteados, mismos que permitieron identificar el tratamiento más precoz, en colonización y producción del hongo ostra.

Principales resultados obtenidos

Los resultados obtenidos durante la investigación, incluyen aquellos relacionados con caracteres físicos: % de humedad y de materia seca; morfológicos: número de carpóforos, longitud del cuerpo fructífero, largo y ancho de la seta; 3) y, de producción: peso de carpóforos y rendimiento del cultivo.

La estudiante Miriam Margoth Santillan Tandapilco ha mostrado durante el desarrollo de la investigación una elevada dedicación y un alto grado de independencia, sirviendo como guía de los principales elementos a desarrollar en la investigación.

Se destacó la actividad curricular por su rendimiento académico, mostrado durante la investigación interés, motivación en el mismo, lo cual condujo a culminar de forma exitosa el trabajo, cumpliendo con las 400 horas establecidas en el Reglamento de Régimen Académico de la UEA.

La presentación final del trabajo cumple con las normas establecidas en la reglamentación institucional.

La redacción, ortografía, calidad de los gráficos, tablas y anexos es adecuada.

Sin otro particular.

Atentamente,


Bélgica Dolores Yaguache Camacho
CI: 1103457824

**FORMATO DE INFORME DEL DIRECTOR DEL PROYECTO DE
INVESTIGACIÓN**

INFORME DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título: "Evaluación de sustratos lignocelulósicos para la producción de hongos ostra, (*Pleurotus ostreatus*), en la parroquia Tarqui"

Autor (a): Verónica Estefanía Morocho Noboa

Unidad de Titulación: Ingeniería Agropecuaria

Director del proyecto: M.Sc Bélgica Dolores Yaguache Camacho

Fecha: 30 de enero de 2018

Introducción y contexto de la investigación:

La introducción expresa de manera clara, la importancia y el propósito del proyecto; la investigación se enmarca dentro del contexto amazónico, para dar respuesta a la necesidad de la población de la ciudad de Pastaza, específicamente, a la Asociación de productores de la parroquia Tarqui.

Cumplimiento de objetivos

La investigación cumple con los objetivos planteados, mismos que permitieron identificar el tratamiento más precoz, en colonización y producción del hongo ostra.

Principales resultados obtenidos

Los resultados obtenidos durante la investigación, incluyen aquellos relacionados con caracteres físicos: % de humedad y de materia seca; morfológicos: número de carpóforos, longitud del cuerpo fructífero, largo y ancho de la seta; 3) y, de producción: peso de carpóforos y rendimiento del cultivo.

La estudiante Verónica Estefanía Morocho Noboa ha mostrado durante el desarrollo de la investigación una elevada dedicación y un alto grado de independencia, sirviendo como guía de los principales elementos a desarrollar en la investigación.

Se destacó la actividad curricular por su rendimiento académico, mostrado durante la investigación interés, motivación en el mismo, lo cual condujo a culminar de forma exitosa el trabajo, cumpliendo con las 400 horas establecidas en el Reglamento de Régimen Académico de la UEA.

La presentación final del trabajo cumple con las normas establecidas en la reglamentación institucional.

La redacción, ortografía, calidad de los gráficos, tablas y anexos es adecuada.

Sin otro particular.

Atentamente,

Bélgica Dolores Yaguache Camacho

CI: 1103457824

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE
SUSTENTACIÓN.**

Dra. Karina Carrera Sánchez, PhD

Presidenta

Dr. Segundo Valle Ramírez, PhD

Miembro

MSc. Sandra Soria Re

Miembro

AGRADECIMIENTO.

En primer lugar, doy gracias infinitamente a Dios, por bendecirme para llegar hasta donde he llegado y hacer realidad este sueño anhelado.

A mis padres, hermanos y familia en general por llenarme de consejos sabios y guiar mi camino día tras día.

De la misma manera a mi novio Isaías, compañero inseparable de la vida y la eternidad. Por ser mi apoyo para continuar y nunca renunciar.

A mi directora de tesis, MSc. Bélgica Yaguache, por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia y motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Tarqui (GADPRT) y a la Asociación de Productores de Hongos Comestibles de Tarqui, por abrirnos sus puertas y apoyarnos para realizar el trabajo de campo y hacer realidad el presente proyecto de investigación.

A mis amigas y amigos, en especial a mis buenas amigas Verónica Morocho, Jenny Cayambe, Betty Reinoso y Lilia Zambrano por compartir conmigo tiempo, consejos, momentos de alegrías y tristezas.

A mis profesores de toda mi carrera profesional, porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación, y en especial a la MSc. Sandra Soria por su apoyo incondicional, consejos, enseñanzas y sobre todo por su amistad.

Finalmente, a la Universidad Estatal Amazónica por darme la oportunidad de estudiar y ser una profesional.

Miriam Margoth Santillán Tandapilco.

AGRADECIMIENTO.

Quiero expresar mi agradecimiento principalmente a Dios, quien ha permitido concluir otra etapa más en mi vida, misma que ha sido posible a través del sacrificio y amor de mis padres y hermanos.

Gratitud también a mi tutora y amiga MSc. Bélgica Dolores Yaguache Camacho quien en cada clase impartida tuvo la capacidad de transmitir sus conocimientos e inspirar confianza por su entrega y responsabilidad y de esta manera finalmente trabajar en la ejecución del presente proyecto.

A todos mis maestros quienes día a día transmitieron no solo sus conocimientos sino también valores que contribuyeron en mi formación como profesional y persona.

A Miriam Santillán por ser más que una compañera de clases, sino mi mejor amiga y permitirme formar parte del desarrollo del proyecto de investigación

A Isaías Lema por ser quien nos motivó y contribuyó durante la ejecución de cada etapa del proyecto.

Finalmente, al GADPRT, entidad del estado que, gracias a vínculos existentes con mi querida universidad, ha abierto sus puertas para el desarrollo de varias actividades con estudiantes y docentes, ya que, brindaron su apoyo incondicional para que esta investigación sobre todo la etapa de campo se desarrolle con éxito.

A todos ¡Muchas Gracias!

Verónica Estefanía Morocho Noboa.

DEDICATORIA.

A mis padres María Tandapilco y Segundo Santillán, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mí apoyo en todo momento.

Al niño de mis ojos Cristhofer Alexander, por ser mi inspiración y el motor de mi vida.

A mis hermanos Medardo, Vanessa, Nataly y Alina por compartir conmigo momentos inolvidables.

A mis sobrinos, tíos y demás familiares que indirectamente forman parte de mi vida.

A mi novio Isaías Lema, por ser el amor de mi vida y compartirme su amor infinito e incondicional.

Miriam Margoth Santillán Tandapilco.

DEDICATORIA.

A Dios porque es la razón de mi existencia.

A mi padre Miguel Morocho y a mi madre Oliva Noboa, quienes han sido mi punto de partida y de retorno durante cada etapa de mi vida, su amor incondicional, sus consejos, confianza y paciencia se ven reflejadas hoy al finalizar esta trayectoria universitaria.

A mis hermanos José, Miriam y David porque han sido mis compañeros de vida y la razón del sacrificio y entrega durante esta maravillosa etapa, pues anhelo también algún día verlos crecer como personas y profesionales.

A mi gran amigo, consejero y guía espiritual Pastor David Pino.

A mis maestras y amigas MsC. Bélgica Yaguache y Sandra Soria.

A Miriam Santillán, Betty Reinoso, Jenny Cayambe y Lilia Zambrano, por las experiencias y aventuras únicas vividas como amigas y compañeras de clases.

A todos mis compañeros de promoción.

Verónica Estefanía Morocho Noboa.

RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES.

Pleurotus ostreatus, es el segundo hongo comestible más cultivado a nivel mundial, debido a sus propiedades nutricionales y medicinales, además, de transformar la biomasa lignocelulósica en alimento nutritivo y orgánico; sin embargo, la producción no ha alcanzado una eficiencia biológica (EB) óptima, que hagan de éste un cultivo rentable, entre las razones se mencionan, el mal manejo del sustrato. Con estos antecedentes, el presente proyecto tuvo como finalidad identificar el tratamiento que permita alcanzar la mayor EB e incrementar el margen beneficio/costo. El diseño experimental utilizado fue de Bloques Completamente al Azar, se evaluó 5 tratamientos a base de sustratos lignocelulósicos (80%), enriquecidos con afrecho de trigo (20%): T1, aserrín de pigüe; T2, aserrín de otras maderas; T3, bagazo de caña; T4, bagazo + aserrín de pigüe (40 - 40%) y T5, bagazo + aserrín de otras maderas (40 - 40%), en 3 bloques y 5 repeticiones, con un total de 75 unidades experimentales. Cada unidad experimental consistió en una funda con 2 kg de sustrato húmedo (60% de humedad), corregido a 6,5 de pH y pasteurizado por 12 horas mediante vapor de agua superando los 98 °C. Las muestras fueron inoculadas con micelio al 3,5% e incubadas a 27 °C en oscuridad y humedad relativa (HR) de 76,3%, posteriormente llevadas a la cámara de fructificación expuestas a 23,9 °C y 80,2% de HR. Al cabo de 70 días de evaluación, se obtuvo resultados de producción únicamente del T3, alcanzando una EB del 40,36% en la primera cosecha, el cual, proyectado a 3 cosechas alcanza una EB del 80% y un rendimiento de 10,24 kg/m². La relación beneficio/costo del tratamiento evaluado fue 2,02USD, y debido a su precocidad ante los demás sustratos y su viabilidad económica, se concluye que es el mejor sustrato para la producción del hongo ostra.

Palabras claves: *Pleurotus ostreatus*, sustratos lignocelulósicos, eficiencia biológica, beneficio/costo.

EXECUTIVE SUMMARY AND KEY WORDS.

Pleurotus ostreatus, it is the second most cultivated edible mushroom in the world, due to their nutritional and medicinal properties, besides transforming the lignocellulose biomass in food nutritious and organic; however, the production has not reached an optimal biological efficiency (EB), that make this a profitable crop, the main reason, is the mishandling of the substrate, with this background. The present project has as finality to identify the treatment which would allow reach the largest EB and increasing the cost/benefit. The experimental design used was Completely Random Blocks. It evaluated five treatments based in substrates lignocellulosic (80%), enriched with wheat bran (20%): T1, pigüe sawdust: T2, sawdust of other woods; T3 bagasse of cane; T4 bagasse + pigüe sawdust (40 - 40%) and T5, bagasse + sawdust of other woods (40 - 40%), into three blocks and five repetitions, total 75 experimental units. Each experimental unit consisted in a sheath with 2 kilograms of wet substrate (60% of humidity), adjusted to 6,5 of pH and pasteurized for 12 hours while the water steam system exceeding 98 °C. The samples were inoculated with mycelium to 3,5% incubated to 27 °C in darkness and relative humidity (RH) of 76,3%, later carried to the fructification cameras exposed to 23,9 °C and 80,2% of HR. Later 70 days of evaluation, it has obtained production results only of T3, reaching a EB to 40,36% in the first harvest projected to three harvests reached a EB to 80% and a performance to 10,24 kg/m². The cost/benefit ratio of the treatment evaluated was 2,02 USD, due prematurity face to the others substrates and its economic viability. It concludes that is the best substrate for the production of the oyster mushroom.

Key Words: *Pleurotus ostreatus*, lignocellulosic sustrates, biological efficiency, cost/benefit.

INDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Introducción.....	2
1.2. Problema de investigación.....	3
1.3. Formulación del problema.....	3
1.4. Hipótesis.	3
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. Objetivo general.....	4
1.5.2. Objetivos específicos.	4
CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
2.1. Etiología del hongo <i>Pleurotus spp.</i>	6
2.2. Características del hongo ostra.	7
2.2.1. Clasificación taxonómica.	7
2.2.2. Fisiología.	7
2.2.3. Morfología.....	8
2.2.4. Ciclo reproductivo.	9
2.3. Importancia.....	9
2.3.1. Propiedades nutricionales y medicinales.....	9
2.4. Elementos necesarios para el cultivo del hongo.	10
2.4.1. Micelio o inculo.	10
2.4.2. Sustratos.	11
2.4.2.1. Bagazo de caña de azúcar.....	11
2.4.2.2. Aserrín.....	12

2.4.3.	Suplementos.....	12
2.5.	Composición química de los sustratos lignocelulósicos.	13
2.6.	Nutrientes del sustrato.....	13
2.7.	Técnicas del cultivo.	14
2.8.	Etapas del cultivo.....	14
2.8.1.	Preparación del sustrato.	14
2.8.2.	Pasteurización.	15
2.8.3.	Inoculación o siembra.	16
2.8.4.	Tasa de inoculación.....	16
2.8.5.	Incubación.	16
2.8.6.	Inducción.....	17
2.8.7.	Fructificación.....	18
2.8.8.	Cosecha.	19
2.9.	Problemas del cultivo.....	19
2.9.1.	Contaminantes.	19
2.9.2.	Enfermedades.	19
2.10.	Eficiencia biológica.....	20
2.11.	Análisis económico.....	20
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		22
3.1.	Localización.....	23
3.2.	Tipo de investigación.	23
3.3.	Métodos de investigación.....	24
3.4.	Diseño de la investigación.....	24
Los detalles de la preparación de los sustratos se muestran en el ANEXO I y III.		26
3.4.1.	Métodos de evaluación de las variables.	26

3.4.1.1.	Potencial hidrogeno (pH) de los sustratos.....	26
3.4.1.3.	Tiempo de colonización.	27
3.4.1.4.	Tiempo de aparición de cuerpos fructíferos.	27
3.4.1.5.	Tiempo de maduración de cuerpos fructíferos.	27
3.4.1.6.	Número de cuerpos fructíferos.	27
3.4.1.7.	Peso fresco total.	27
3.4.1.8.	Longitud de los cuerpos fructíferos.	28
3.4.1.10.	Porcentaje de eficiencia biológica (EB).....	28
3.4.1.11.	Rendimiento de producción (RP).	28
3.4.2.	Desarrollo del experimento.	29
3.4.2.1.	Adquisición del micelio.....	29
3.4.2.2.	Adquisición de los sustratos.	29
3.4.2.3.	Adecuación de las cámaras experimentales.	29
3.4.2.4.	Limpieza y desinfección de las cámaras experimentales.	30
3.4.2.5.	Pretratamiento de los sustratos.	30
3.4.2.6.	Preparación de los sustratos.....	30
3.4.2.7.	Pasteurización.	30
3.4.2.8.	Inoculación o siembra.	30
3.4.2.9.	Incubación.	30
3.4.2.10.	Fructificación.	31
3.4.2.11.	Cosecha.	31
3.5.	Tratamiento de los datos.....	31
3.6.	Recursos humanos y materiales.....	31
3.6.1.	Recursos humanos.	31

3.6.2.	Materiales.	32
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		33
4.1.	Resultados y discusión.	34
4.1.1.	Potencial hidrogeno (pH) de los sustratos.	34
4.1.2.	Porcentaje de humedad de los sustratos.	34
4.1.3.	Análisis del tiempo de colonización de los tratamientos (T1, T2, T3, T4 y T5).	35
4.1.4.	Tiempo de aparición de cuerpos fructíferos del T3 (bagazo de caña de azúcar).	38
4.1.5.	Tiempo de maduración de cuerpos fructíferos del T3 (bagazo de caña de azúcar).	38
4.1.6.	Número de cuerpos fructíferos del T3 (bagazo de caña de azúcar).	39
4.1.7.	Peso fresco de los cuerpos fructíferos del T3 (bagazo de caña de azúcar) de la primera cosecha y pesos proyectados de la segunda y tercera cosecha.	39
4.1.8.	Longitud de los cuerpos fructíferos del T3 (bagazo de caña de azúcar).	40
4.1.9.	Largo del sombrero del T3 (bagazo de caña de azúcar).	41
4.1.10.	Eficiencia biológica (%) del T3 (bagazo de caña de azúcar).	42
4.1.11.	Rendimiento de producción (RP) de la primera cosecha y rendimiento proyectado de la segunda y tercera cosecha del T3 (bagazo de caña de azúcar).	43
4.1.12.	Porcentaje de humedad del hongo del T3 (bagazo de caña de azúcar).	44
4.1.13.	Porcentaje de materia seca del T3 (bagazo de caña de azúcar).	44
4.1.14.	Análisis Beneficio/Costo del cultivo de hongos del T3 (bagazo de caña de azúcar).	44
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		47
5.1.	Conclusiones	48
5.2.	Recomendaciones	49
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFIA		50
CAPÍTULO VII. ANEXOS		58

ÍNDICE DE CUADROS

	PÁGINA
Cuadro 1. Clasificación taxonómica del hongo ostra	7
Cuadro 2. Composición nutricional del hongo <i>P. ostreatus</i>	10
Cuadro 3. Composición química del afrecho de trigo.	12
Cuadro 4. Composición química de los sustratos del bagazo de caña y aserrín.....	13
Cuadro 5. Características del experimento.....	25
Cuadro 6. Descripción de la formulación de los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 del experimento.	26
Cuadro 7. pH de los sustratos a evaluar para el cultivo del hongo ostra.....	34
Cuadro 8. Porcentaje de humedad de los sustratos a evaluar para el cultivo del hongo <i>P. ostreatus</i>	35
Cuadro 9. Peso fresco (kg) de los cuerpos fructíferos del T3 (bagazo de caña de azúcar) de la primera cosecha, y pesos proyectados de la segunda y tercera cosecha.	40
Cuadro 10. Eficiencia biológica de la primera cosecha y proyectada de la segunda y tercera del T3 (bagazo de caña de azúcar).....	43
Cuadro 11. Rendimiento de producción de la primera cosecha y rendimiento proyectado de la segunda y tercera cosecha del T3 (bagazo de caña de azúcar).	43
Cuadro 12. Costos de producción y beneficio/costo del cultivo de hongo del T3 (bagazo de caña de azúcar).....	45
Cuadro 13. Análisis de varianza del tiempo de colonización de los tratamientos (T1, T2, T3, T4 y T5).....	66
Cuadro 14. Depreciación de materiales y equipos utilizados para el T3 en el cultivo del hongo ostra.....	67

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	PÁGINA
Gráfico 1. Morfología de una seta	9
Gráfico 2. Mapa base Parroquia Tarqui, 2017.....	23
Gráfico 3. Distribución de los tratamientos en el área del experimento para la etapa de fructificación.....	24
Gráfico 4. Proceso de colonización del micelio en el sustrato evaluado.....	37
Gráfico 5. Días de colonización de los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 en la etapa de incubación.....	37
Gráfico 6. Proceso de crecimiento de la seta del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> del T3 (bagazo de caña de azúcar) a) Aparición de cuerpos fructíferos, b) Formación de cuerpos fructíferos, c) Cuerpos fructíferos en estado de cosecha.....	38
Gráfico 7. Número de cuerpos fructíferos del T3 (bagazo de caña de azúcar), en la etapa de fructificación.....	39
Gráfico 8. Peso fresco de los cuerpos fructíferos del tratamiento 3 (bagazo de caña de azúcar), obtenido en la primera cosecha.....	40
Gráfico 9. Medición de longitud de los cuerpos fructíferos.....	41
Gráfico 10. Medición del largo del sombrero del T3 (bagazo de caña de azúcar) en la etapa de fructificación.....	41
Gráfico 11. Muestra de cuerpos fructíferos del hongo ostra en estado fresco y deshidratado del T3 (bagazo de caña de azúcar).....	44
Gráfico 12. Adquisición, picado y secado de los residuos lignocelulósicos.....	60
Gráfico 13. Materia prima y suplementos empleados en la investigación.....	61
Gráfico 14. Preparación, pasteurización, inoculación e incubación de los sustratos.....	62
Gráfico 15. Riego de sustratos colonizados, aparición de primordios, formación y maduración de cuerpos fructíferos.....	64

ÍNDICE DE ECUACIONES

	PÁGINA
Ecuación 1. Modelo estadístico diseño de bloques completamente aleatorizado.....	24
Ecuacion 2. Eficiencia bilogica (%).....	28
Ecuacion 3. Rendimiento de la producción (RP).....	28
Ecuación 4. Porcentaje de materia seca del hongo.....	28
Ecuación 5. Análisis Beneficio/Costo.....	29

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I. Preparación de los sustratos del experimento.....	59
ANEXO II. Pretratamiento de los sustratos lignocelulósicos.....	60
ANEXO III. Materiales y suplementos utilizados en la investigación.....	61
ANEXO IV. Preparación, pasteurización, inoculación e incubación de los sustratos.....	62
ANEXO V. Manejo de sustratos en la cámara de fructificación.....	64
ANEXO VI. Análisis de la variable tiempo de colonización de los tratamientos.....	66
ANEXO VII. Depreciación de materiales y equipos utilizados para el T3.....	67

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción.

Uno de los grandes problemas a los que se enfrenta la humanidad en la actualidad, es la seguridad alimentaria, pues, parece ser una meta imposible de alcanzar de no haber cambios en el modo de producción en el mundo (Pineda, 2014). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2017), señala que, en el año 2016, aproximadamente 815 millones de personas pasan hambre en el mundo, esto significa, que no han tenido acceso a una alimentación adecuada, siendo los conflictos violentos y el cambio climático las principales causas de desnutrición. Ante esta realidad, Ecuador no es la excepción ya que se encuentra entre los países con mayores índices de hambre (16,3%), por tanto, necesitamos producir más alimento (Diario la Hora, 2013).

Carvajal (2010) menciona que, ya existen iniciativas para producir diversos alimentos alternativos, dentro de ellas, la producción de hongos comestibles, con grandes expectativas. Según la República del Ecuador – Inerhi Conade, 1978, esta iniciativa surgió históricamente como un proceso artesanal y tienen su inicio en Latinoamérica a finales de los años treinta, mientras que, en Ecuador a finales de los años sesenta.

Pleurotus ostreatus, es el segundo hongo comestible más cultivado en todo el mundo después de *Agaricus bisporus* Lange, debido a sus propiedades nutricionales (buenos valores proteicos, vitamínicos y minerales), medicinales, valores económicos, sociales y ecológicos (Sánchez, 2010); además, son capaces de transformar toda la biomasa lignocelulósica en alimento nutritivo y orgánico, su ciclo de producción es relativamente corto en comparación a otros cultivos, la inversión es baja y los sustratos al finalizar la producción pueden ser reutilizados como abonos orgánicos y en la alimentación animal (Villacís, 2017).

Sin embargo, la producción de estos hongos se ha visto limitada por la baja eficiencia biológica del cultivo, mismo que, se ha originado por el uso inadecuado del sustrato, otras de las causas que también han afectado la producción son: el manejo incorrecto en los procesos de producción del cultivo (preparación del sustrato, siembra, riego y cosecha), conocimiento empírico, adquisición y costo de la semilla, los cuales han influido directamente en la rentabilidad del cultivo, ocasionando con ello, un área reducida de cultivo y un mercado insatisfecho.

En este contexto, el presente proyecto titulado “Evaluación de sustratos lignocelulósicos para la producción del hongo *P. ostreatus*, en la parroquia Tarqui”, tiene como finalidad identificar el tratamiento que contiene sustratos de bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L), aserrín de pigüe (*Piptocoma discolor* Cass) y aserrín de otras maderas; que permitirá alcanzar la mayor eficiencia biológica y con ello mejorar la rentabilidad del cultivo; se espera que en un futuro la investigación contribuya a mejorar las condiciones de vida de los pobladores de la parroquia Tarqui mediante el desarrollo de este emprendimiento.

1.2. Problema de investigación.

El proyecto implementado por el Gobierno Autónomo descentralizado Parroquial Rural Tarqui (GADPRT) “Cultivo de hongos comestibles”, se ha visto limitado por la baja eficiencia biológica en la producción del cultivo del hongo ostra, mismo que, se ha originado por el uso inadecuado del sustrato, ya que, solamente utilizan el aserrín de pigüe, no cumpliendo con las exigencias nutricionales del hongo, como son nitrógeno y carbono; sin aprovechar otros sustratos existentes en la zona con mejores características, como el bagazo de caña de azúcar.

Otras de las causas que han afectado la producción de hongos comestibles, son: el manejo incorrecto en los procesos de producción del cultivo (preparación del sustrato, siembra, riego y cosecha), conocimiento empírico, adquisición y costo de la semilla para la reproducción, los cuales han influido directamente en la rentabilidad, producción y costos, de tal manera que, ha generado el desaliento por parte de los productores, viéndose reflejado en un área reducida de cultivo y un mercado insatisfecho del producto.

1.3. Formulación del problema.

¿Qué sustrato podrá ser el indicado para producir hongos ostra, de tal manera que, se alcance una producción sostenible, y económica en la parroquia Tarqui?

1.4. Hipótesis.

El uso de diferentes sustratos, permitirá identificar aquel que tendrá mayor eficiencia biológica en la producción del cultivo del hongo ostra *Pleurotus ostreatus*.

La selección de sustrato para el cultivo de hongos, favorecerá una adecuada relación beneficio/costo para que la producción sea ambiental y económicamente viable.

1.5. Objetivos.

1.5.1. Objetivo general.

Evaluar el potencial de sustratos lignocelulósicos para la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), en la parroquia Tarqui.

1.5.2. Objetivos específicos.

1. Identificar el sustrato con mayor eficiencia biológica en la producción del cultivo del *P. ostreatus*.
2. Determinar la relación beneficio/costo en la producción de hongo ostra, con los sustratos evaluados.

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Etiología del hongo *Pleurotus spp.*

Según López (2002), existen aproximadamente 10 000 especies de hongos que ampliamente se distribuyen a nivel mundial, y únicamente el 10% son comestibles, incluido el género *Pleurotus*. El hongo *P. ostreatus*, es una especie de origen húngaro, también llamada comúnmente: seta de ostra, orellana, seta de chopo, gírgola, entre otros.

La producción de setas de ostra, se realizó por primera vez en 1917 en Alemania, se cultivó en troncos y tocones; posteriormente esta producción sería sustituida por sustrato artificial, gracias a las investigaciones que empezaron a realizar a mediados de los años cincuenta (Rodríguez, 2007).

En cambio, Gaitán, Salmones, Pérez y Mata (2006) señalan que en México, numerosas especies han sido mencionadas como hongos comestibles y algunas han sido consumidos por los aztecas, mismos que, conocían al hongo como NANACATL, que significa “carne”. Además, este país, es el principal cultivador de hongos ostra en América Latina.

A inicios de la década de los ochenta, más del 70% de la oferta mundial representaba el champiñón, seguido por Shiitake con el 14,3%, y únicamente el 2,8% de *P. ostreatus*. Pero en la actualidad, la producción de setas se encuentra en segundo lugar, correspondiendo al 20% de la producción mundial de hongos comestibles (Rodríguez, 2007).

En Ecuador, existe una producción de *P. ostreatus*, perteneciente a los pequeños productores del Sumaco, quienes se dedican a su producción desde el 2007 en pequeñas instalaciones localizadas en sus fincas en la reserva de biosfera de Sumaco y Cayambe – Coca (Muñoz, 2010).

El Diario la Hora (2003), señala que la producción de hongos en Ecuador, oscila entre 1,2 y 1,6 kilos de hongo fresco por cada kilo de bagazo de caña de azúcar seco.

2.2. Características del hongo ostra.

2.2.1. Clasificación taxonómica.

La Taxonomía del hongo *P. ostreatus* se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del hongo ostra

Nombre científico	<i>Pleurotus ostreatus</i>
Reino	Fungi
División	Basidiomycota
Clase	Himenomycetes
Orden	Agaricales
Familia	Tricholomataceae
Genero	<i>Pleurotus</i>
Especie	<i>ostreatus</i>
Nombre científico	<i>Pleurotus ostreatus</i> <u>Kumm.</u>

Fuente: AGUINAGA (2012).

Según Gaitán, *et al.* (2006), el termino *Pleurotus*, proviene del griego pleurón o pleura (lado o costado) y del latín otus (oreja).

2.2.2. Fisiología.

El hongo ostra es un hongo que degrada la materia orgánica y se alimenta principalmente de lignina y celulosa. Estos componentes son azúcares complejos que se encuentran disponibles en la materia muerta, por ejemplo, cebada, caña, rastrojo de maíz, trigo, paja, etc. Además, en ambiente natural esta seta se alimenta de madera destruyendo la misma y de esta manera se desarrolla sobre tocones, arbustos, arboles, entre otras, también presentan diferentes formas de crecimiento, tales como; en grupo formando repisas laterales superpuestas al costado de los árboles y aislada, sobre la superficie horizontal del mismo (Aguinaga, 2012).

Según Ardón (2007), *P. cornucopiae*, *P. ostreatus*, *P. pulmonarius* y *P. abalonus*, se encuentran dentro de las 30 especies más cultivadas. Además, todos los hongos necesitan la fuente de carbono, ya que forma la base nutricional, puesto que, carecen de clorofila y por lo

tanto no pueden realizar la fotosíntesis. Por esa razón los hongos pueden vivir y progresar sobre la materia orgánica muerta (Rodríguez, 2007).

2.2.3. Morfología.

El cuerpo de las setas se constituye principalmente de: sombrero (píleo), laminas (himenio) y pie reducido (estípite).

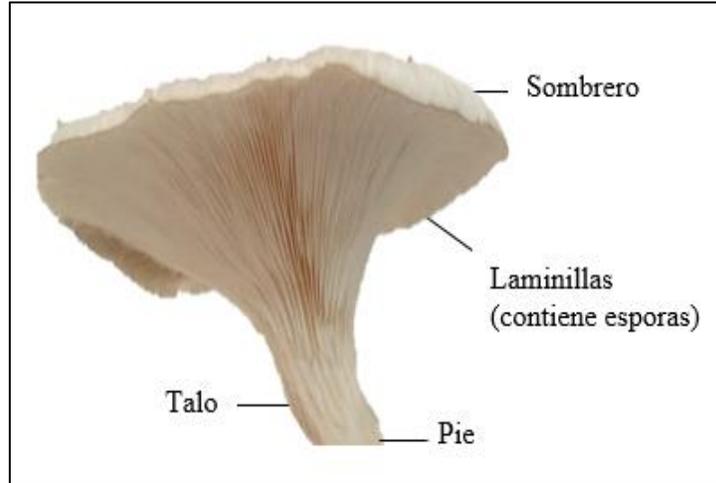
Sombrero: Gaitán *et al.* (2006) señalan que tiene forma de paraguas, más o menos circular, su desarrollo se da en forma de una oreja u ostra (Gráfico 1). Carvajal (2010) indica que, la carne blanca es de olor fuerte, tierno al principio y después blando (correoso), además es ovalado el sombrerillo de este cuerpo fructífero o seta, con la superficie lisa abombada y convexa. En dependencia de la edad es su tamaño, y aunque puede encontrarse ejemplares muy grandes, generalmente va desde 5 a 15 cm de diámetro, también presenta diferentes colores, como; blanco, grisáceo, pardo, crema etc.

Láminas: En ellas se originan las esporas encargadas de la reproducción de la especie. Son blancas o crema, anchas, espaciadas unas de otras, a veces bifurcadas, y se encuentran radialmente situadas como las varillas de una sombrilla, que van desde el pie o tallo que lo soporta, hasta el borde Gaitán *et al.*, (2006).

Pie: Según López (2002), es muy corto, levemente duro, algo lateral u oblicuo, con el principio de las laminillas en la parte de arriba. Además, es firme, blanco y algo peludo en la base (García, 2001).

Esporas: vistas al microscopio son cilíndricas de 8 - 11 x 3 - 4 μm , poseen color blanco a cremosa, además hialinas y lisas (García, 2001).

Gráfico 1. Morfología de una seta.



Fuente: AGUINAGA (2012).

2.2.4. Ciclo reproductivo.

El ciclo reproductivo comienza cuando el hongo maduro suelta sus esporas, entre la semana 7 y 8. Las esporas son las células que darán origen al micelio, y este a su vez a la seta. Este ciclo finaliza cuando el hongo seta maduro, elimina o desprende las esporas y comienza a degradarse para morir (Carvajal, 2010).

2.3. Importancia.

2.3.1. Propiedades nutricionales y medicinales.

Los hongos desde el punto de vista del valor alimentario, constituyen una excelente opción alimentaria, debido a que son un alimento nutritivo, sabroso y bajo en calorías. Contienen entre el 10 - 26% de proteínas en base seca, son de buena calidad debido a que contienen a todos los aminoácidos esenciales, tales como lisina, leucina, valina, isoleucina, entre otros. Además, es rico en carbohidratos, vitaminas, minerales y fibra. Las vitaminas son especialmente del complejo B (tiamina (B), riboflavina (B2), niacina (B3), B12). También son fuente de minerales, tales como hierro, calcio, sodio, fósforo y potasio (Aguinaga, 2012). La composición nutricional del hongo se reporta en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Composición nutricional del hongo *P. ostreatus*.

Componente	Valor	Unidad de medida
Proteína	26	% en base seca
Grasa	0,9 – 1,8	% en base seca
Carbohidratos	57 - 61	% en base seca
Fibra	11,9	% en base seca
Calcio	0,02	% en base seca
Fosforo	1,40	% en base seca
Hierro	0,02	% en base seca
Valor energético	367	kcal/g
Agua	92,2	%

Fuente: GAITAN *et al.*, (2006).

El hongo *P. ostreatus* también tiene ciertas propiedades medicinales, actúa como reductor del nivel de colesterol, antiviral, anticancerígeno, antibacterial, antitumoral y sirve para fortalecer del sistema cardiovascular (Aguinaga, 2012).

2.4. Elementos necesarios para el cultivo del hongo.

2.4.1. Micelio o inculo.

Según Gaitán *et al.* (2006), el micelio del hongo ostra que se cultiva y coloniza los granos de cereales, es considerado como el inculo del hongo, mismo que posteriormente es aplicado en el sustrato, este inculo también se conoce como primera generación, puesto que, el micelio provino de la cepa aislada en un medio de cultivo, por medio de esporas o por medio de hifas del hongo, posteriormente esta cepa se ha incubado en un periodo de 7 - 8 días y luego se ha inoculado en granos de cereales en el laboratorio.

Cabe recalcar que, para incrementar el rendimiento del micelio y la producción del hongo, preferiblemente se utiliza el micelio de la primera generación propagado en semillas de un sustrato adecuado. Para certificar una siembra segura, debe el micelio presentar una textura densa de color blanco, fresco y sin contaminación. Además, es probable que exista exudantes de color amarillo, pero es mejor que el color sea uniforme (Villacís, 2017).

2.4.2. Sustratos.

Aguinaga (2012) señala que el hongo ostra debido a que posee enzimas lignocelulósicas, es uno de los organismos que disuelven la celulosa, la absorbe y la transforma en alimento para la humanidad, son hongos saprófitos, descomponedores primarios de materia orgánica como maderas, hojas secas y pajas. Los hongos requieren fuentes de carbono (celulosa 60 - 70%, hemicelulosa y 15% de lignina), nitrógeno y compuestos inorgánicos, como nutrientes. Por lo tanto, se clasifican en tres grupos los residuos que pueden ser empleados como sustratos para el cultivo de estos hongos: el primer grupo constituye las pajas de cereales (arroz, trigo, cebada, maíz, tallo de sorgo, entre otros), el segundo grupo corresponde a los tallos, hojas o resto de cultivo de plantas destinadas al uso industrial (algodón, girasol, tabaco, entre otros) y el último grupo pertenece a residuos derivados de algunas agroindustrias como las oleaginosas, destilerías, azucareras, aserraderos, entre otros.

P. ostreatus requiere más de carbono que nitrógeno, esta relación varía de 30/1 a 300/1, es decir para esta especie resulta muy versátil, por lo tanto, se puede emplear para su cultivo casi cualquier residuo vegetal o mezclas. Pero la relación C/N adecuada del sustrato está en dependencia de la fase en la que se encuentre el hongo, por lo que bajas relaciones favorecen el desarrollo de cuerpo fructíferos y altas relaciones favorecen el crecimiento micelial (Garzon y Cuervo, 2016).

Según Aguinaga (2012), la acidez del sustrato también influye en el desarrollo del hongo. El potencial hidrogeno (pH) óptimo varía entre 6 y 8, y está en función de las especies de hongos, por lo que se recomienda realizar un pre-tratamiento a los sustratos con carbonato de calcio puro CaCO_3 , calcita (cal agrícola) o hidróxido de calcio Ca(OH)_2 del 1 - 2% para alcanzar este pH.

2.4.2.1. Bagazo de caña de azúcar.

De acuerdo con Medina, Guardia, y Flórez (2007), el bagazo de caña de azúcar, es un residuo leñoso y fibroso, que se consigue como desecho del proceso de molienda. Donado (2014), menciona que contiene: agua (49%), fibra (48%), sólidos solubles (2,3%), y celulosa que es degradada fácilmente por el hongo ostra. Además de azúcares, sobre todo sacarosa que provee energía al hongo durante su colonización en el sustrato. El contenido de nitrógeno total es de

1,23%, mismo que está principalmente en forma orgánica, sobre todo proteína, que se requiere para el crecimiento del hongo.

2.4.2.2. Aserrín.

El aserrín, es otro de los residuos más accesibles y factibles, para el aporte de un alto contenido de celulosa y lignina, debe proceder de maderas duras, porque de no ser así disminuye la cantidad de estos compuestos y por consiguiente el rendimiento de la producción. Es importante también considerar que previo a la utilización como sustrato del aserrín de las maderas duras, se debe dar algún tipo de tratamiento para eliminar compuestos fenólicos presentes en estas maderas (Villacís, 2017).

2.4.3. Suplementos.

La fuente de nitrógeno empleada para los hongos ostras, es proporcionada en bajas cantidades por los sustratos, los cuales aportan con menos del 1% de N, debido a que, por su constitución misma, aportan mayores cantidades de carbono. Por lo tanto, para proporcionar el nitrógeno necesario para el cultivo, se adicionan suplementos tanto orgánicos (salvado de trigo, cereal, arroz, afrecho, entre otros), como inorgánicos (sales de ion amonio y sales de nitrato) (Atlas y Bartha, 2002).

Afrecho de trigo: es el residuo de la molienda del grano de trigo, compuesto por la cáscara (pericarpio) del grano, mezclado con parte superficial del albumen (endosperma) (Molino Chabas, 2014). La composición química se detalla en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Composición química del afrecho de trigo.

Componente	Afrecho de trigo %
Proteína bruta	15 - 17
Fibra bruta	10 - 12
Energía metabolizable	2,59
Grasa	4
Cenizas	5 - 6

Fuente: SLIDEPLAYER (2016).

2.5. Composición química de los sustratos lignocelulósicos.

La composición química de los sustratos bagazo de caña y aserrín se describen en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Composición química de los sustratos del bagazo de caña y aserrín.

Material utilizado	Materia orgánica (%)	Hemicelulosa (%)	Celulosa (%)	Lignina (%)	C/N
Bagazo de caña de azúcar	97,50	26,60	36,60	9,40	314,20
Aserrín	88,00	18,30	26,60	6,20	97,00

Fuente: SÁNCHEZ Y ROYSE (2001).

2.6. Nutrientes del sustrato.

Carbono: Es la fuente directa para el metabolismo de los hongos, útil para la formación de todas las partes y estructuras celulares. Además, este compuesto puede ser empleado de otras fuentes como polímeros, lípidos, carbohidratos, entre otros (Sánchez, 2010).

Azúcares: según Carvajal (2010), la glucosa, la galactosa y la manosa son buenos sustratos para los *Pleurotus*, a diferencia de la arabinosa y la xilosa producen un crecimiento no eficiente.

Lípidos: los aceites vegetales resultan favorables para el desarrollo micelial de *P. sapidus* y *P. ostreatus* (Sánchez, 2010).

Nitrógeno: Rodríguez (2007), indica que los requerimientos de nitrógeno pueden ser aportados por las proteínas y aminoácidos que quedan de la desintegración químico-biológica de cuerpos orgánicos (estiércol, harinas, granos de cereales,). Por ello los *Pleurotus* tienen la habilidad de crecer sobre fuentes inorgánicas de nitrógeno, como la urea, el nitrato de potasio, no obstante, para obtener un crecimiento adecuado dan preferencia a las fuentes orgánicas.

Minerales: Carvajal (2010), afirma que los hongos ostra se desarrollan mejor cuando el sustrato contiene KH_2PO_4 .

Vitaminas: los *P. ostreatus* necesitan para su crecimiento tiamina en una concentración óptima de 100 mg/l e indican que no requiere de otras vitaminas cuando la mencionada vitamina está presente (Carvajal, 2010).

2.7. Técnicas del cultivo.

Las técnicas para el cultivo de hongo ostra son muy variadas alrededor del mundo. Los métodos más utilizados son: cultivo en bandejas, cultivo en botellas y cultivo en fundas de polipropileno, que resista la pasteurización (Oei, 2003).

- Cultivo en fundas.

Es el más utilizado a nivel mundial debido a su disponibilidad en varios tamaños, bajo costo e higiene, si se usan una sola vez. Cuando se usan fundas cerradas se debe realizar perforaciones para evitar condiciones anaerobias (Oei, 2003). Silva, Fritz, Cubillos, y Díaz (2010) señalan que usualmente, las fundas presentan una forma cilíndrica con peso que van desde 500 g hasta 8 kg de sustrato.

No se recomienda la utilización de fundas de color opaco o negras porque no permiten observar la presencia de contaminación y el desarrollo del micelio en el sustrato (Donado, 2014).

2.8. Etapas del cultivo.

Las etapas del cultivo dentro de esta técnica incluyen: preparación del sustrato, pasteurización, inoculación del micelio, incubación, inducción térmica, fructificación y cosecha (Rojas, 2004).

2.8.1. Preparación del sustrato.

- Pretratamiento del sustrato.

los sustratos, deben estar picados preferentemente de 2 a 3 cm, esto aumentara la superficie de contacto, la acción enzimática del hongo y facilitara la invasión del micelio en el mismo (Rojas, 2004). Si el tamaño es menor, perjudicara la difusión de gases; pero, si el tamaño es mayor, no permitirá una retención adecuada de la humedadk debido a su inapropiada compactación, además, el hongo no podrá acceder a los nutrientes (Gaitán *et al.*, 2006).

Según Rivera, Martínez y Morales (2013), en el caso del bagazo de caña, para reducir los azúcares contenidos en él, se debe sumergir en agua a temperatura ambiente durante 48 horas, cambiando el agua cada 12 horas.

- **Humectación.**

La humedad del sustrato debe mantenerse entre 60 y 75%, (Quizhpilema, 2013). No es recomendable utilizar niveles mayores a los recomendados, ya que, afecta la disponibilidad del oxígeno en el sustrato, produciendo la aparición de organismos que se desarrollan en condiciones anaerobias y ocasionan pudrición del sustrato; si por el contrario, el sustrato está muy seco, inhibe el crecimiento del micelio y disminuye la producción (Gaitán *et al.* 2006).

Para determinar la humedad adecuada en la paja de cereales, se aplica la “prueba de la palma de la mano”, la cual consiste en tomar un puñado de sustrato y apretar fuertemente, si caen unas pocas gotas por gravedad, la humedad es correcta (Aguinaga, 2012).

- **Enfundado.**

El sustrato enfundado, no debe encontrarse compacto, ya que ocasionará una fermentación anaerobia, aumentando la temperatura en el medio y causando estrés en el hongo (Villacís, 2017).

2.8.2. Pasteurización.

France, Cañumir y Cortez (2000), señalan que, es un proceso térmico que tiene por objeto eliminar microorganismos indeseables presentes en el sustrato, mismos que, pueden competir por espacio y nutrientes con el hongo. Los métodos más comunes para pasteurizar sustratos son: el método por autoclave, métodos de inmersión en agua caliente a 90 °C y el método con vapor de agua.

- **Pasteurización con vapor de agua.**

El sustrato enfundado, es introducido en un tanque de tol y colocado sobre una parrilla situada por encima del agua, para que, el vapor de ésta pasteurice las fundas, debe superar los 100 °C por 2 a 3 horas, dependiendo del tamaño y volumen de las fundas (Quizhpilema, 2013).

2.8.3. Inoculación o siembra.

Esta es una de las etapas más críticas del cultivo; el área de inoculación debe estar previamente desinfectada y no deben existir corrientes de aire, por lo que, las puertas y ventanas deben estar cerradas. Se puede realizar en una cámara de flujo laminar o sobre una mesa desinfectada con alcohol, sobre esta mesa se coloca el sustrato previamente pasteurizado y enfriado con una temperatura menor a 30 °C, y se procede a colocar el micelio en el sustrato (Michel, Ariza, Oteri y Barrios, 2015). Al finalizar la siembra se cierra por medio de un nudo, teniendo en cuenta de eliminar el aire del interior (Ardón, 2007).

Cuando la temperatura excede los 30 °C, el ritmo de crecimiento se vuelve lento llegando a la detención total. Si la temperatura baja a 4 °C o menos el micelio sufre daños graves y puede incluso morir (Velasco y Vargas, 2004).

Se debe tener en cuenta que el personal este provisto de mandil limpio, mascarilla, cofia y guantes estériles si es posible (Donado, 2014).

2.8.4. Tasa de inoculación.

Según Sánchez y Royse (2001), el porcentaje de inoculación, puede variar del 2 al 5% del peso húmedo del sustrato. En la siembra comercial, es común, utilizar tasas de inoculación del 2 – 2,5%, lo que es rentable (Carvajal, 2010). Además, Donado (2014) menciona que la cantidad de micelio puede variar de 0,8 y 15% del peso húmedo del sustrato y no afectar el rendimiento del hongo, pero, el valor apropiado depende del sustrato utilizado y el inoculo. Sin embargo; hay que considerar que, a menor tasa de inoculación, el tiempo de colonización y el riesgo de contaminación aumentarán.

2.8.5. Incubación.

La incubación consiste en proporcionar al hongo las condiciones óptimas para que invada totalmente el sustrato en el menor tiempo posible (Aguinaga, 2012). El cuarto de incubación debe proporcionar al hongo:

- Temperatura: de 25 a 30 °C, (Tisdale, Miyasaka y Hemmes, 2006).
- Humedad: del 70 al 80% (Villacís, 2017).

- Luminosidad: requieren oscuridad (Bermúdez, Morris, Donoso, Martínez, y Ramos, 2003).
- Ventilación: según Sánchez y Royse (2001), no requiere ventilación. Por lo que Baena (2005) menciona que las concentraciones de CO₂ deben oscilar entre 20 000 y 30 000 ppm.

Guarín y Ramírez (2004), mencionan que la incubación culmina entre los 25 y 30 días, cuando el hongo ha colonizado completamente el sustrato, donde se evidencia una coloración blanca sobre dicho sustrato y éste está compacto.

Las fundas que ya están listas para la posterior etapa, presentan micelio de color blanco algodonoso, sin embargo, independientemente del porcentaje de colonización, otra característica que manifiestan los sustratos, es la acumulación de un líquido amarillo a rojizo entre el sustrato y la funda plástica. según Cisterna (2005).

2.8.6. Inducción.

De acuerdo con Aguinaga (2012), la inducción inicia al culminar la fase de incubación, trasladándose al área de fructificación, la cual consiste en la aparición de los cuerpos fructíferos, los cuales aparecen de 10 a 14 días para lo cual, se debe realizar perforaciones sobre la funda, o a su vez, colocar un tubo de PVC en la parte superior de la funda. En esta etapa se cambia bruscamente las condiciones de crecimiento del hongo:

- Temperatura: requiere de una disminución drástica de temperatura entre 10 a 15 °C, causándole un “shock térmico” (Villacís, 2017).
- Humedad: debe oscilar entre 95 y 100%, para esto se debe aplicar un riego directo por aspersión (Quizhpilema, 2013). Si existe un exceso de humedad se debe ventilar el lugar, o, por el contrario, si la humedad es deficiente, se debe regar agua en el piso, paredes o colocar baldes con agua (Gaitán *et al.*, 2006).
- Luminosidad: por lo general, una luz filtrada y tenue es la adecuada, con una intensidad entre 400 y 600 lux; éstas condiciones se consideran estimulante en la formación de cuerpos fructíferos (Bermúdez *et al.*, 2003). Una baja iluminación, causa que el hongo adquiera un color blanco, el tallo se alargue y el rendimiento disminuya (Flores, 2006). La exposición directa es considerada dañina, pero una total ausencia de luz, causa malformaciones y coloraciones pálidos en el hongo (Arrúa y Quintanilla, 2007). Se debe

mantener ciclos de 12 horas de luz; un lapso menor a lo indicado, reducirá la eficiencia biológica a un 68% y hasta un 60% en el rendimiento (Bermúdez *et al.*, 2003).

- Aireación: para una adecuada formación de cuerpos fructíferos, el nivel de O₂ debe ser del 20% y un nivel de CO₂ por debajo de los 800 ppm, ya que, concentraciones superiores inhibe la formación de primordios (Garzon y Cuervo, 2016).

2.8.7. Fructificación.

Según Aguinaga (2012), esta etapa comienza cuando se ha logrado observar los primeros cuerpos fructíferos, los cuales se desarrollan hasta alcanzar su madurez dentro de los 4 y 6 días.

- Temperatura: una vez formado los primordios, la temperatura debe aumentarse de 18 a 24 °C (Flores, 2006). Este factor controla la velocidad de desarrollo del cuerpo fructífero, lo que provoca un rápido crecimiento a mayores temperaturas y un desarrollo más lento a menores. El uso de temperaturas más bajas, induce al desarrollo de un tejido carnoso más firme y de mejor calidad, sin embargo, se obtiene hongos más oscuros (Quizhpilema, 2013).
- Humedad: de acuerdo con Forero, Hoyos y Bazante (2008), se debe disminuir hasta un 80 a 90%. Si la humedad es baja, los sombreros se deshidratan y se parten, pero, si, por el contrario, la humedad es excesiva, pueden ser atacados por hongos y bacterias, los cuales causan reblandecimiento y amarillamiento. Para mantener la humedad, se debe regar pisos y paredes, pero nunca, directamente sobre la funda, ya que, esto podría causar contaminación o deformidad de los cuerpos fructíferos (Villacís, 2017).
- Iluminación: mantener fotoperiodos de 8 a 12 horas, de la misma manera que en el área de inducción (Forero *et al.*, 2008).
- Aireación: debe existir mínimo un 60% de oxígeno, niveles inferiores inhiben el crecimiento de cuerpos fructíferos (Sánchez y Royse 2001). Por otro lado, una ventilación excesiva, causará pérdida de humedad del sustrato y por ende disminución en el desarrollo del hongo (Villacís, 2017).

2.8.8. Cosecha.

La cosecha se efectúa de forma manual, cuando los sombreros están totalmente extendidos sin el margen enrollado hacia arriba, con cuchillos bien afilados, se cortan desde la base del pie para evitar remover el sustrato (Donado, 2014), aunque otros prefieren tomarlos con la mano y retirarlos directamente (Sánchez y Royse, 2001).

Según Gaitán, *et al.* (2006), los hongos se producen en oleadas, por lo que se deben cuidar para la próxima cosecha. La primera cosecha dura entre 1 y 3 días, luego del cual, los sustratos deben mantenerse nuevamente en las condiciones descritas en el proceso de inducción, produciendo la segunda oleada o cosecha al acabo de 7 a 14 días. Se pueden esperar de 2 a 4 cosechas, pero la producción de cada una es cada vez menor, las dos primeras son las más importantes, porque, corresponden al 90% de la producción.

- Temperatura: mantener entre 12 y 14 °C (Vedder, 1979).
- Humedad relativa: mantener alrededor del 85% (Vedder, 1979). Para aumentar la calidad y la vida útil del producto, es recomendable reducir la humedad horas antes de la cosecha (Villacís, 2017).

2.9. Problemas del cultivo.

2.9.1. Contaminantes.

Según Ardón (2007), de forma general, el hongo ostra es poco susceptible a plagas y enfermedades; sin embargo, puede ser afectado por otros hongos (*Trichoderma*, *Penicillum*, *Aspergillus* y *Gliocladium*), principalmente en la etapa de incubación, debido a: una mala pasteurización del sustrato, falta de higiene en el momento de la siembra, condiciones ambientales inapropiadas (exceso de humedad y temperatura), instalaciones inadecuadas y falta de una correcta limpieza y desinfección dentro y fuera de las áreas de producción.

2.9.2. Enfermedades.

Las enfermedades más comunes que se presentan en el cultivo son causadas por hongos (mohos y levaduras), bacterias y virus. Estos son favorecidos por las temperaturas y humedales en el ambiente y el sustrato (Gaitán, *et al.*, 2006).

- **Enfermedades del moho verde.**

Corresponden a los hongos del género *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus* y *Gliocladium*. El color verde de estos aparece cuando el patógeno produce las esporas en las hifas aéreas, y esta detiene el desarrollo del hongo cultivado (Ardón, 2007). *Trichoderma* es el hongo más importante en el cultivo de *P. ostreatus*, debido a su elevada tasa de crecimiento y su capacidad para funcionar como saprofito o parásito, ya que es el único hongo capaz de descomponer la celulosa y no depende solamente de los nutrientes solubles disponibles (Aguinaga, 2012).

2.10. Eficiencia biológica.

Fernández (2004) menciona que, para este cultivo, el parámetro de producción es el siguiente: el total de peso fresco de hongos de una funda de sustrato, corresponderá al total de peso seco del mismo sustrato; es decir, 100% de eficiencia biológica, sin embargo, de acuerdo con Albarrán, *et al.*, (2001), este es aceptable a partir del 40%.

Las producciones se darán en 3 cosechas, la primera corresponde al 50%, la segunda al 30 - 35% y el último un 20 - 15%, aunque, esto depende del tipo de micelio. Análisis económico.

2.11. Análisis económico.

De acuerdo con Crece Negocios (2017), la relación beneficio/costo (B/C), también conocida como índice neto de rentabilidad, es un cociente que se obtiene al dividir el valor actual de los ingresos totales netos (VAI), entre el valor actual de los costos de inversión (VAC) de un proyecto.

El valor actual de los ingresos totales netos (VAI), corresponde a los beneficios en dólares obtenidos a partir de las ventas realizadas, mientras que, el valor actual de los costos de inversión (VAC), pertenecen a:

- Materia prima: materiales que serán sometidos a operaciones de transformación o manufactura para su cambio físico y/o químico, antes de que puedan venderse como productos terminados.

Ejemplo: sustrato, micelio, carbonato de calcio y fundas.

- Mano de obra: es el esfuerzo humano que interviene en el proceso de transformar las materias primas en productos terminados y se compone de los salarios producidos por operarios.
- Costos indirectos de fabricación: conjunto de costos fabriles que intervienen en la transformación de los productos y que no se identifican o cuantifican plenamente con los productos terminados.

Ejemplo: depreciación, impuestos, seguros, entre otros.

Para una conclusión acerca de la viabilidad de un proyecto, la inversión en un proyecto es aceptable, si el valor de la relación Beneficio/Costo es mayor o igual a 1. Con estos datos se obtiene lo siguiente:

- Beneficio/Costo: > 1 , indica que los beneficios superan los costes, por consiguiente, el proyecto debe ser considerado.
- Beneficio/Costo: $= 1$, la inversión inicial se recuperó satisfactoriamente, pero, no hay ganancias, pues los beneficios son iguales a los costes.
- Beneficio/Costo < 1 , muestra que los costes son mayores que los beneficios, no se debe considerar.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

La investigación se realizó en la parroquia Tarqui, cantón Pastaza, provincia de Pastaza (Gráfico 2); limitada al Norte con las parroquias Puyo y Veracruz, al Sur con la parroquia Madre Tierra, al Este con las parroquias Pomona y Madre Tierra, y al Oeste con las parroquias Madre Tierra y Shell. Además, cuenta con una extensión de 8 827,57 hectáreas y según el censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2010) es de 3 831 habitantes.

Según la Prefectura de Pastaza (2017), la parroquia Tarqui cuenta con un clima cálido-húmedo, 4 500 mm de precipitación, una temperatura de 18 a 24 °C, humedad relativa entre 85 y 90%, una altura de 945 msnm, latitud de 0833545 UTM, y longitud 9831573 UTM.

Gráfico 2. Mapa base Parroquia Tarqui, 2017.



Fuente: GOOGLE MAPS (2017).

3.2. Tipo de investigación.

El tipo de investigación fue explicativa, porque se evaluaron diferentes sustratos lignocelulósicos, y la relación beneficio/costo de cada tratamiento, esto con el propósito de identificar el mejor sustrato para incrementar la producción del cultivo del hongo.

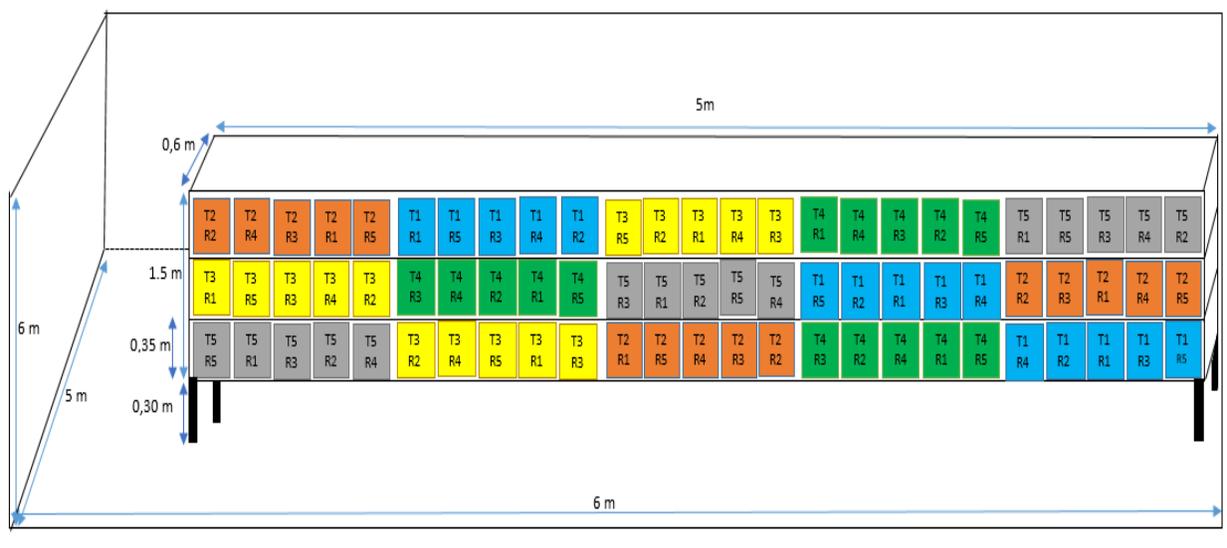
3.3. Métodos de investigación.

El método de investigación fue experimental, ya que, mide la causa y efecto a través de las variables independiente y dependiente, respectivamente; se evaluaron tres sustratos puros y dos mezclas, a base de residuos lignocelulósicos para determinar la producción del hongo *P. ostreatus*.

3.4. Diseño de la investigación.

Debido a la ubicación de las unidades experimentales, para la etapa de fructificación se utilizó el diseño experimental bloques completos al azar (DBCA), donde se evaluó cinco tratamientos y cinco repeticiones, en tres bloques, con un total de 75 unidades experimentales. Como se muestra en el Gráfico 3.

Gráfico 3. Distribución de los tratamientos en el área del experimento para la etapa de fructificación.



El modelo estadístico lineal utilizado se describe según la ecuación (1):

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + E_{ij} \quad (1)$$

Dónde:

Y_{ij} : unidad experimental que recibe el tratamiento i y está en el bloque j

μ : media general

T_i : efecto del i -ésimo tratamiento

B_j : efecto del j -ésimo bloque

E_{ij} : error experimental en la unidad j del tratamiento i

Unidad Experimental.

Cada unidad experimental consistió en una funda cilíndrica semicompacta, que contiene 2 kg de sustrato húmedo (60% de humedad), ajustado a la exigencia de pH del hongo (6,5 de pH). Las unidades experimentales se colocaron en estanterías con tres niveles a 0,35 m de separación entre ellos, constituyendo cada nivel un bloque experimental.

Las especificaciones del experimento se detallan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Características del experimento.

Características	Cantidad
Factores de estudio	2
Tratamientos	5
Repeticiones	15
Bloques	3
Unidades experimentales-fundas	75
Peso unidad experimental	2 kg

El factor de estudio es el tipo de sustrato, que corresponde a los cinco tratamientos evaluados (Cuadro 6).

Cuadro 6. Descripción de la formulación de los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 del experimento.

Tratamientos	Sustratos			No. Fundas/ Tratamiento
T1	80% aserrín pigüe		20% afrecho de trigo	15 fundas
T2	80% aserrín de otras maderas		20% afrecho de trigo	15 fundas
T3	80% bagazo de caña de azúcar		20% afrecho de trigo	15 fundas
T4	40% aserrín pigüe	40% bagazo de caña de azúcar	20% afrecho de trigo	15 fundas
T5	40% aserrín de otras maderas	40% bagazo de caña de azúcar	20% afrecho de trigo	15 fundas

Los detalles de la preparación de los sustratos se muestran en el ANEXO I y III.

3.4.1. Métodos de evaluación de las variables.

3.4.1.1. Potencial hidrogeno (pH) de los sustratos.

Se realizó por medio del método Ponteciométrico (Laboratorio de química, 2004); mediante la mezcla entre el sustrato y el agua con una relación 1/10 (5 ml/50 g), seguidamente se filtró, para su posterior lectura de pH con el peachímetro (Orion Star Series) previamente calibrado.

3.4.1.2. Porcentaje de humedad de los sustratos.

Se realizó a través del método MO-LSAIA-01.01, apoyado en el método de referencia de la Universidad de Florida 1970, por diferencia de pesos. Donde se tomó una (4) de 100 g de cada tratamiento, se pesó en una balanza de precisión (Ohaus) y se sometió a desecación en estufa (Binder) por 48 horas a 65 °C (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), 2017). Posteriormente se calculó el contenido de humedad con la siguiente ecuación (4):

$$\% \text{ Humedad} = \frac{A}{B} \times 100$$

Donde:

A: Peso fresco menos peso seco, en gramos.

B: Peso fresco de la muestra, en gramos.

El peso perdido por el calentamiento en gramos es igual al peso inicial menos el peso final. Los resultados se presentan como porcentaje de humedad en relación al peso inicial de la muestra.

3.4.1.3. Tiempo de colonización.

Por observación directa se determinó el tiempo (días) en el cual el hongo colonizó el área del sustrato en un 100% (de color blanco por la presencia de micelio); es decir, fue el tiempo transcurrido a partir de la siembra hasta que los sustratos estuvieron listos para colocarse en la cámara de fructificación (Carvajal, 2010).

3.4.1.4. Tiempo de aparición de cuerpos fructíferos.

Número de días que transcurrieron, desde que las fundas (propileno) pasaron al área de fructificación, hasta que aparecieron los primeros cuerpos fructíferos (Catucuamba, 2013).

3.4.1.5. Tiempo de maduración de cuerpos fructíferos.

Correspondió al tiempo en días, desde la aparición de los cuerpos fructíferos hasta la cosecha, mediante observación diaria (Catucuamba, 2013).

3.4.1.6. Número de cuerpos fructíferos.

Para determinar el número de cuerpos fructíferos se procedió a contabilizar el número promedio de setas por racimos (Carvajal, 2010).

3.4.1.7. Peso fresco total.

Esta variable corresponde al peso fresco de las setas cosechadas durante todo el ciclo de cultivo (Carvajal, 2011). Con ayuda de una balanza de precisión (Excell), se tomó el peso fresco en kilogramos de los cuerpos fructíferos de la primera cosecha, mientras que los datos de la segunda y tercera cosechas se calcularon en base a los parámetros establecidos por Fernández (2004), donde señala que la producción total se distribuye así: 50% la primera cosecha, 30% la segunda y 20% la tercera cosecha.

3.4.1.8. Longitud de los cuerpos fructíferos.

Se determinó la longitud (en centímetros) de la seta, desde la base del talo hasta el ápice del sombrero; esto con ayuda de una cinta métrica (Carvajal, 2010).

3.4.1.9. Largo del sombrero.

Con ayuda de una cinta métrica, se midió el largo del sombrero desde base hasta el ápice (Cutucuamba, 2013).

3.4.1.10. Porcentaje de eficiencia biológica (EB).

Para su determinación se empleó la siguiente ecuación (2): peso fresco total del hongo en kilogramos, sobre peso seco de sustrato empleado, se expresa en porcentaje.

$$\% \text{ EB} = \frac{\text{Peso fresco hongo}}{\text{Peso sustrato seco}} \times 100 \quad (2)$$

3.4.1.11. Rendimiento de producción (RP).

Se empleó la siguiente ecuación (3): peso fresco de hongos en kilogramos, sobre metro cuadrado (haciendo referencia el área ocupada por las fundas) (Aguinaga, 2012).

$$\text{RP} = \frac{\text{Peso fresco hongo}}{\text{área (m}^2\text{)}} \quad (3)$$

3.4.1.12. Porcentaje de humedad del hongo.

Se obtuvo a través de la metodología aplicada en la variable porcentaje de humedad del sustrato mencionada anteriormente.

3.4.1.13. Porcentaje de materia seca del hongo.

Una vez obtenido el porcentaje de humedad, se procedió al cálculo de la materia seca mediante la siguiente ecuación (4).

$$\% \text{ Materia seca (MS)} = 100 - \% \text{ Humedad.} \quad (4)$$

Los sustratos y las muestras del hongo fueron analizados en los laboratorios de bromatología y biología de la Universidad Estatal Amazónica.

3.4.1.14. Análisis Beneficio/Costo.

De acuerdo a Calidad (2000), se determinó mediante los siguientes pasos:

- Determinar los costos relacionado en cada uno de los tratamientos. Estos son materia prima, mano de obra y costos indirectos de fabricación.
- Determinar los beneficios en dólares por cada tratamiento.
- Calcular la relación mediante la siguiente ecuación (5):

$$BC = \frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} \quad (5)$$

Comparar la relación beneficio - costo con los diferentes tratamientos. La mejor solución, en términos financieros es aquella con la relación más alta.

3.4.2. Desarrollo del experimento.

La investigación se desarrolló de la siguiente manera:

3.4.2.1. Adquisición del micelio.

El micelio que se empleó en la inoculación se adquirió en frascos de vidrio con un peso aproximado de 270 g, en la empresa Nono, ubicada en la ciudad de Quito.

3.4.2.2. Adquisición de los sustratos.

- **Bagazo de caña de azúcar:** Se obtuvo de las paneleras de la parroquia Tarqui en estado fresco y limpio.
- **Aserrines:** Se obtuvo de los aserraderos de la parroquia Tarqui.
- **Afrecho de trigo (Molinos Río Segundo):** Se adquirió de la casa comercial “La finca” ubicada en la ciudad de Puyo.

3.4.2.3. Adecuación de las cámaras experimentales.

El área experimental se dividió en dos ambientes, cada uno de 30 m² aproximadamente:

- a. Cámara de crecimiento o incubación (colonización).
- b. Cámara de fructificación (inducción y producción).

La cámara de incubación (Fase de oscuridad) y de fructificación (Fase de luminosa 400 y 600 lux) contaron con las condiciones de temperatura, humedad y aireación que requiere el hongo en la etapa de colonización y fructificación, respectivamente.

3.4.2.4. Limpieza y desinfección de las cámaras experimentales.

Las cámaras junto con las estanterías se desinfectaron con una solución de amonio cuaternario en agua a dosis de 1 ml/L, previa limpieza con agua y detergente; por último, para la desinfección del calzado se ubicó en la puerta un pediluvio que contenía una solución de carbonato de calcio al 40%.

3.4.2.5. Pretratamiento de los sustratos.

Se realizó el picado del bagazo de caña de azúcar con una picadora agrícola para lograr un tamaño de 1 a 2 cm, posteriormente se puso a secar por un período de 20 días (ANEXO II).

3.4.2.6. Preparación de los sustratos.

Se realizó el llenado y amarrado de las fundas, mismas que tuvieron un peso de 2 kg de sustrato por unidad experimental (ANEXO IV).

3.4.2.7. Pasteurización.

Para la pasteurización se utilizó el método con vapor de agua, se colocaron las fundas en el interior de un tanque y éste se selló herméticamente. Se esterilizó a una temperatura ± 98 °C, durante 12 horas.

Una vez pasteurizados e identificados los sustratos, fueron llevados al área de inoculación (ANEXO IV).

3.4.2.8. Inoculación o siembra.

Este proceso se realizó dentro de la cámara de siembra artesanal; para ello se colocó 3,5% de inóculo sobre la parte superior del sustrato. Una vez sembrado, se amarró la funda de forma ligera, permitiendo el intercambio gaseoso (ANEXO IV).

3.4.2.9. Incubación.

Los sustratos inoculados fueron llevados a la cámara de incubación, donde se mantuvieron en total oscuridad, fueron monitoreados constantemente para asegurar que cuente con las

condiciones de humedad y temperatura requeridas, hasta que el hongo colonice el 100% del sustrato (ANEXO IV).

3.4.2.10. Fructificación.

Los sustratos colonizados se trasladaron a la cámara de fructificación, esta etapa se inició con el proceso de inducción (shock térmico), mismo que consistió en el riego con agua fría a 10 °C para acelerar el crecimiento de los cuerpos fructíferos. En la etapa de incubación y fructificación se registró la temperatura y humedad relativa utilizando el termo higrómetro digital (Hakusa), (ANEXO V).

3.4.2.11. Cosecha.

El hongo ostra se cosechó de forma manual, realizando un corte con un bisturí en la unión entre el sustrato y pie del carpóforo, cuando los sombreros estaban totalmente extendidos (sin el margen enrollado hacia arriba). Posteriormente este producto se evaluó de acuerdo a las variables de estudio.

3.5. Tratamiento de los datos.

Para el análisis de los datos, se utilizó el paquete estadístico Statgraphics Centurion XVI, para calcular el análisis de varianza (ANOVA) del factor, y en función de las diferencias estadísticas entre los tratamientos, se realizó la prueba de rango múltiple de Tukey al 95% de probabilidad para determinar cuál es el mejor tratamiento.

3.6. Recursos humanos y materiales.

3.6.1. Recursos humanos.

Tutora: MSc. Bélgica Yaguache.

Colaboradores de la revisión del proyecto: Dra. Karina Carrera PhD, Dr. Reinaldo Alemán PhD y Dr. Segundo Valle PhD, MsC. Sandra Soria.

Técnicas de laboratorio: Ing. Derwing Viafara, Ing. Andrea Riofrío, Ing. Andrea Tapuy.

Colaborador logístico: Ing. Isaías Lema.

Colaboradores del GAD: Sr. Milton Rodríguez.

Colaboradoras de la asociación: Sra. Judith Carvajal, Sra. Amada Caicedo.

Estudiantes de vinculación de la UEA: Srta. Janeth Cárdenas y Srta. Carmen Moreno.

Traductora del resumen del proyecto: Lic. Nancy Barreno.

3.6.2. Materiales.

Se utilizó: cuchara medidora, fundas de polipropileno, equipo de protección (mascarilla, mandil, cofia, mandil, guantes, y botas de caucho), cámara de fructificación e incubación, ligas, alcohol antiséptico, alcohol industrial, atomizador, una estantería para la etapa fructificación, tanques metálicos de tol, baldes, pala, mesa metálica, plástico, bomba de mochila, amonio cuaternario, gavetas, malla de plástico y vasos de precipitación.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados y discusión.

Los resultados que se presentan a continuación corresponden a aquellos que se obtuvieron durante los primeros 70 días que duró la etapa de experimentación; la variable tiempo de colonización se evaluó en todos los tratamientos; los datos de producción (primera cosecha) se registraron únicamente en el T3 (bagazo de caña de azúcar), debido a que, los tratamientos T1 (aserrín de pigüe), T2 (aserrín de otras maderas), T4 (bagazo de caña de azúcar + aserrín de pigüe) y T5 (bagazo de caña de azúcar + aserrín de otras maderas) no fructificaron durante el periodo de evaluación.

4.1.1. Potencial hidrogeno (pH) de los sustratos.

En el cuadro 7 se detalla el valor de pH para cada tratamiento, mismo que fluctuó en un rango que va desde 6,21 en el T4 (aserrín pigüe + bagazo de caña de azúcar) hasta de 6,59 en el T1 (aserrín de pigüe); por consiguiente, todos los tratamientos contaron con el requerimiento de pH para el crecimiento y fructificación del hongo; tal como afirma Aguinaga (2012), donde el pH óptimo para el desarrollo del hongo varía entre 6 y 7.

Cuadro 7. pH de los sustratos a evaluar para el cultivo del hongo ostra.

Tratamientos	pH
T1	6,59
T2	6,45
T3	6,24
T4	6,21
T5	6,23

Laboratorio de Bromatología de la Universidad Estatal Amazónica - UEA, 2017.

4.1.2. Porcentaje de humedad de los sustratos.

El porcentaje de humedad de los sustratos se detalla en el Cuadro 8. El tratamiento 4 (bagazo de caña de azúcar + aserrín de pigüe) alcanzó el mayor porcentaje de humedad con 63,80% a diferencia del T5 (bagazo de caña de azúcar + aserrín de otras maderas) que obtuvo 60,35%. Los sustratos evaluados contenían el porcentaje óptimo de humedad para el desarrollo del hongo;

pues, Quizhpilema (2013), señala que la humedad del sustrato para la colonización y fructificación debe mantenerse entre 60 y 75%.

El porcentaje de humedad del sustrato, permite la colonización homogénea del mismo con ausencia de contaminación, e influye directamente sobre el desarrollo del hongo porque afecta la disponibilidad de nutrientes: contenidos inferiores al 50% no serán propicios y superiores al 80% tendrán efecto negativo sobre el crecimiento, la humedad del 60 al 70% asegura el crecimiento micelial de *P. ostreatus* en todos los tratamientos (Salmones, Mata y Waliszewski, 2005).

Cuadro 8. Porcentaje de humedad de los sustratos a evaluar para el cultivo del hongo *P. ostreatus*.

Tratamientos	Humedad (%)
T1	63,60
T2	61,20
T3	60,81
T4	63,80
T5	60,35

Laboratorio de Bromatología de la Universidad Estatal Amazónica - UEA, 2017.

4.1.3. Análisis del tiempo de colonización de los tratamientos (T1, T2, T3, T4 y T5).

La etapa de colonización culminó cuando los sustratos mostraron alrededor del 100% de presencia de micelio (Gráfico 4), presentaron también exudaciones de color amarillo a rojizo, indicadores de madurez del micelio e inicio de la fructificación (Cisterna, 2005). Durante la etapa de incubación, el micelio hongo creció a una temperatura promedio de 27 °C y humedad relativa de 76,3%; estos resultados coinciden con los de Tisdale *et al.*, (2006) y Villacís (2017), quienes mencionan que la temperatura óptima de incubación oscila entre 25 y 30 °C y la humedad entre 70 y 80 %.

Los resultados del análisis de varianza (probabilidad y valor F) de los promedios de tiempo de colonización, muestran la significancia entre los tratamientos, mientras que el coeficiente de variación (menor al 5%) otorga confiabilidad a los datos (ANEXO VI). Además, se destaca que, mediante el análisis de medias, los mejores tratamientos son aquellos que en menor tiempo el micelio colonizó el sustrato, por tanto, se considera como mejor tratamiento al T3 (Bagazo de caña de azúcar) ya que, logró colonizar a los 39 días, seguido por el T4 (aserrín de pigüe + bagazo de caña de azúcar) y T5 (aserrín de otras maderas + bagazo de caña de azúcar) con 44 días para ambos casos. Mientras que el T2 (aserrín de otras maderas), fue el tratamiento que requirió más tiempo para colonizar (alrededor de 49 días) (Gráfico 5).

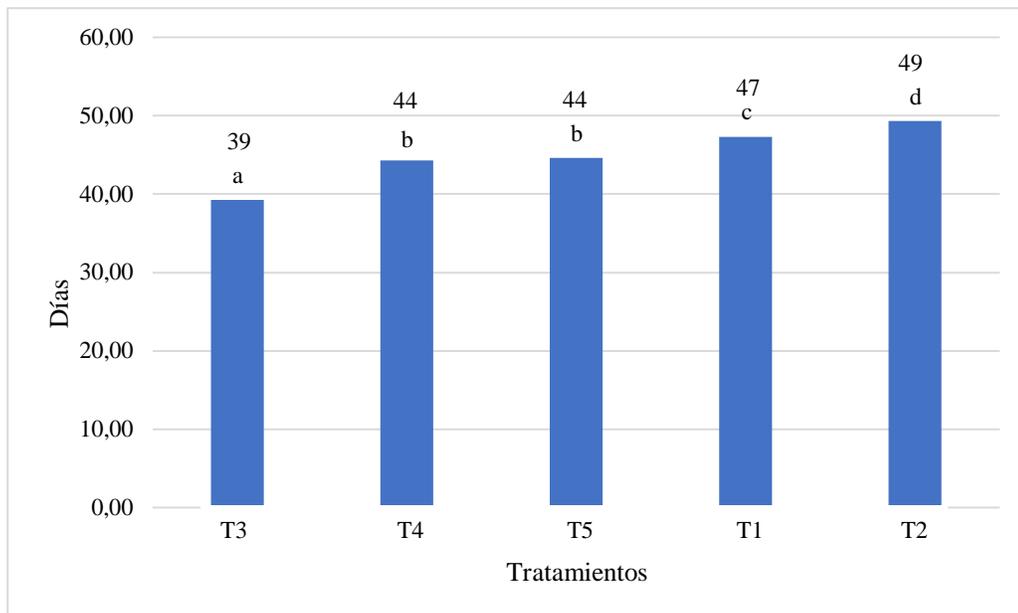
Los resultados de la presente investigación son similares a los alcanzados por Garzón y Cuervo (2008), donde el bagazo de caña de azúcar acelera el proceso de colonización (36 días), mientras que el aserrín lo logra a los 42 días, esto con el 5% de inóculo; esto se debió seguramente a que el bagazo de caña posee porcentajes superiores de sacarosa y celulosa que el aserrín, lo cual permite una rápida colonización del sustrato (Sánchez y Royse, 2001); además, el bagazo de caña aumenta la disponibilidad de carbohidratos solubles, compuestos fácilmente asimilables por el hongo para el crecimiento del micelio (Manjarrés, Castro y Rodríguez, 2010;). En la fase de crecimiento micelial (fase de incubación) el hongo consume preferiblemente carbohidratos solubles y hemicelulosa respecto de la celulosa y lignina (Okano, Fukui, Kitao, y Usagawa, 2007).

Los factores que pueden influir también sobre la velocidad de crecimiento del micelio son, el tamaño de partícula del sustrato y la capacidad de retención de agua, los cuales son importantes para evitar contaminación, ataques de microorganismos competidores y, por consiguiente, la inhibición del micelio (Salmones, Mata y Waliszewski, 2005).

Gráfico 4. Proceso de colonización del micelio en el sustrato evaluado.



Gráfico 5. Días de colonización de los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 en la etapa de incubación.



4.1.4. Tiempo de aparición de cuerpos fructíferos del T3 (bagazo de caña de azúcar).

La etapa de fructificación se desarrolló a una temperatura de 23,9 °C y humedad relativa de 80,2%; estas condiciones fueron óptimas, pues, se encuentran dentro de los límites recomendados por Flores (2006) y Forero *et al.*, (2008), quienes señalan que la temperatura ideal para la fructificación de *P. ostreatus* fluctúa entre 18 a 24 °C y la humedad relativa de 80 a 90%.

En el T3 (bagazo de caña de azúcar), los cuerpos fructíferos aparecieron a los $19,73 \pm 6,15$ días, mientras que, los resultados de los tratamientos T1, T2, T4 y T5 no se presentaron debido a que no fructificaron hasta los 70 días de evaluación. El tiempo de aparición de cuerpos fructíferos en el bagazo de caña es superior al citado por Aguinaga (2012), quien menciona que los primordios aparecen entre 10 y 14 días.

4.1.5. Tiempo de maduración de cuerpos fructíferos del T3 (bagazo de caña de azúcar).

En la primera cosecha el tiempo de maduración de primordios para el T3 fue de cuatro días (Gráfico 6); este resultado es similar al citado por Villacis (2017) y Aguinaga (2012), quienes reportan que los primordios maduraron en un rango comprendido entre cuatro a seis días.

Gráfico 6. Proceso de crecimiento de la seta del hongo *Pleurotus ostreatus* del T3 (bagazo de caña de azúcar) a) Aparición de cuerpos fructíferos, b) Formación de cuerpos fructíferos, c) Cuerpos fructíferos en estado de cosecha.



4.1.6. Número de cuerpos fructíferos del T3 (bagazo de caña de azúcar).

En el Gráfico 7 se muestra el número de cuerpos fructíferos correspondientes al tratamiento 3, el mismo alcanzó un promedio de ocho setas por racimo. El resultado es similar la obtenido por Carvajal (2010), quien, utilizando sustrato formulado (80% de tamo de cebada + 10% de tusa molida + 8% de afrecho de cebada y 2% de carbonato de calcio) alcanzó un promedio de 8,75.

Gráfico 7. Número de cuerpos fructíferos del T3 (bagazo de caña de azúcar), en la etapa de fructificación.



4.1.7. Peso fresco de los cuerpos fructíferos del T3 (bagazo de caña de azúcar) de la primera cosecha y pesos proyectados de la segunda y tercera cosecha.

El peso fresco de los cuerpos fructíferos corresponde a las tres cosechas que se realizan durante el ciclo de cultivo. Los datos de la primera cosecha fueron obtenidos en el experimento (Gráfico 8), mientras que los valores de la segunda y tercera cosecha se proyectan según los parámetros establecidos por Fernández (2004) (Cuadro 9). Se evidencia que el peso de los cuerpos fructíferos va disminuyendo de 0,32 kg (Primera cosecha) a 0,13 kg (Tercera cosecha). El peso promedio de las setas disminuye conforme se cosechan, indicando que el suministro de nutrientes fue paulatino hasta agotarse, debido al agotamiento de los nutrientes del sustrato y la acumulación de desechos del metabolismo del hongo, alcanzando niveles limitantes para su crecimiento (Iriarte, 2003).

Los resultados del presente proyecto (0,64 kg) son mayores a los obtenidos por Rivera *et al.*, (2013), quienes reportan una producción total de 0,099 kg (utilizando 23% de salvado de maíz

y 75% de bagazo, 5% de inóculo, a una temperatura de 18 a 19 °C y 80 a 85% de humedad relativa); el incremento de peso se debió posiblemente a las condiciones de temperatura y humedad óptimas en que se desarrolló el hongo. Además, la mayor producción se obtiene en los tratamientos donde el sustrato es rico en fibra y carbohidratos estructurales (Bermúdez, García y Mourlot, 2007). Estos efectos se evidencian en el T3, puesto que posee un alto contenido de bagazo de caña, permitiendo así el crecimiento y desarrollo del hongo (Iriarte, 2003).

Gráfico 8. Peso fresco de los cuerpos fructíferos del tratamiento 3 (bagazo de caña de azúcar), obtenido en la primera cosecha.



Cuadro 9. Peso fresco (kg) de los cuerpos fructíferos del T3 (bagazo de caña de azúcar) de la primera cosecha, y pesos proyectados de la segunda y tercera cosecha.

Tratamiento	Cosecha 1 (kg)	Cosecha 2 (kg) proyectada con (30%)	Cosecha3 (kg) proyectada con (20%)	Total Estimado (kg)
3	0,32	0,19	0,13	0,64

4.1.8. Longitud de los cuerpos fructíferos del T3 (bagazo de caña de azúcar).

Los cuerpos fructíferos en el tratamiento T3 (bagazo de caña de azúcar), alcanzaron una media de 13,04 cm de longitud (Gráfico 9). Los resultados coinciden con el estudio realizado por Vargas *et al.*, (2012), donde obtuvieron setas de 5 a 12 cm de longitud, utilizando el bagazo de caña como sustrato; esto puede ser debido a que los sustratos que benefician un mejor desarrollo del cuerpo fructífero, son aquellos, cuya composición nutricional se basa en

carbohidratos estructurales (lignina, celulosa y hemicelulosa), siendo el bagazo de caña, el que brinda las condiciones nutricionales adecuadas para el desarrollo del hongo (Rivera *et al.*, 2013).

Gráfico 9. Medición de longitud de los cuerpos fructíferos.

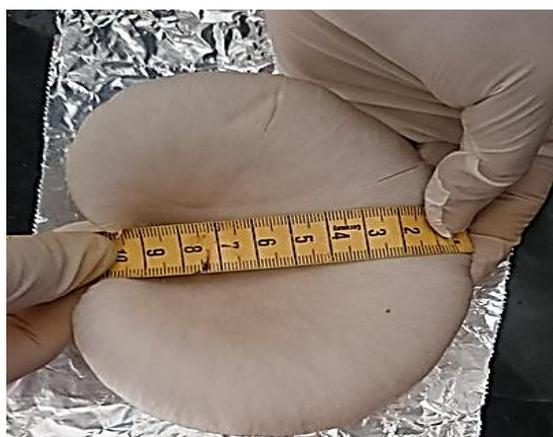


4.1.9. Largo del sombrero del T3 (bagazo de caña de azúcar).

El largo del sombrero para el tratamiento T3 (bagazo de caña de azúcar) se muestra en el Gráfico 10, y alcanzó un promedio de 14,73 cm, valor comprendido dentro del rango establecido. El largo de la seta va desde 5 a 15 cm de largo, aunque puede encontrarse ejemplares muy grandes (Carvajal, 2010).

Cabe recalcar que, el largo del sombrero y longitud de los cuerpos fructíferos producidos por funda, no es relevante como su peso, ya que lo importante de un sustrato es el rendimiento y la productividad en cuanto al peso fresco que éste pueda generar.

Gráfico 10. Medición del largo del sombrero del T3 (bagazo de caña de azúcar) en la etapa de fructificación.



4.1.10. Eficiencia biológica (%) del T3 (bagazo de caña de azúcar).

La eficiencia biológica (EB) del tratamiento 3 (T3) durante las tres cosechas se muestra en el Cuadro 10. En la primera cosecha se alcanzó 40,00 % de EB, mientras que con datos estimados para la cosecha dos y tres se calculó la eficiencia biológica total de 80%, valor que supera el 50 % reportado por Fernández (2004) y el 20,8% mencionado por Garzón y Cuervo (2008), utilizando el mismo sustrato.

Por su parte, Aguinaga (2012), en Quito, bajo condiciones ambientales en fructificación, entre 80 y 90% de humedad relativa, 10 y 18 °C de temperatura, un pH de 8,54 y de tasa de inoculación de 4%, obtuvo como mejor tratamiento el bagazo de caña de azúcar con una eficiencia biológica de 40,5%.

Sin embargo, la eficiencia biológica (80%) de la presente investigación es menor al 95,85% reportado por Jaramillo *et al.*, (2012), en Argentina, donde evaluó el bagazo de caña de azúcar (con una temperatura de 15 - 18 °C, humedad mayor a 70%, fotoperiodo de 9 horas luz/15 horas de oscuridad, 5% de inóculo). Los resultados difieren también del 221,1% de eficiencia biológica citada por Vargas *et al.* (2012), en Colombia, con la utilización de bagazo de caña, a una temperatura entre 18 a 19 °C y 80 a 85% de humedad relativa, con una tasa de inoculación del 4%.

La variación en el porcentaje de eficiencia biológica utilizando el mismo sustrato, puede atribuirse a la variación de temperatura, humedad, horas luz y aireación en que se desarrolla el hongo. Sin embargo, el tratamiento 3 (T3) (bagazo de caña) presentó una eficiencia biológica superior al 40%, valor mínimo reportado por Albarrán, *et al.*, (2001), como referencia para los cultivos comerciales de *Pleurotus ostreatus*, por cuanto se dice que a partir de este valor un cultivo de hongos empieza a ser económicamente rentable.

Cuadro 10. Eficiencia biológica de la primera cosecha y proyectada de la segunda y tercera del T3 (bagazo de caña de azúcar).

Variable	Cosecha 1 (50%)	Cosecha 2 (%) proyectada con 30%	Cosecha3 (%) proyectada con 20%	Total Estimado (%)
Eficiencia biológica	40,00	23,75	16,25	80,00

4.1.11. Rendimiento de producción (RP) de la primera cosecha y rendimiento proyectado de la segunda y tercera cosecha del T3 (bagazo de caña de azúcar).

El rendimiento de la producción del bagazo de caña de azúcar (T3) de la primera cosecha es $5,12 \pm 1,44$. Mientras que, el rendimiento para las tres cosechas con datos proyectados es de $10,24 \text{ kg/m}^2$ (Cuadro 11). Por tanto, es similar al citado por Aguinaga (2012), quien señala haber alcanzado un rendimiento de $8,9 \text{ kg/m}^2$, en bagazo de caña con el 80 y 90% de humedad relativa, 10 y 18 °C de temperatura, un pH de 8,5, utilizando el 4% de tasa de inoculación.

El rendimiento alcanzado en la presente investigación se atribuye a las condiciones en que se desarrolló el hongo, como son: temperatura y pH, los cuales fueron óptimos, puesto que se encuentran dentro del rango recomendado por Flores (2006) y Aguinaga (2012).

Cuadro 11. Rendimiento de producción de la primera cosecha y rendimiento proyectado de la segunda y tercera cosecha del T3 (bagazo de caña de azúcar).

Variable	Cosecha 1 (kg/m²)	Cosecha 2 (kg/m²) proyectada con 30%	Cosecha3 (kg/m²) proyectada con 50%	Total (kg/m²)
Rendimiento de la producción.	5,12	3,04	2,08	10,24

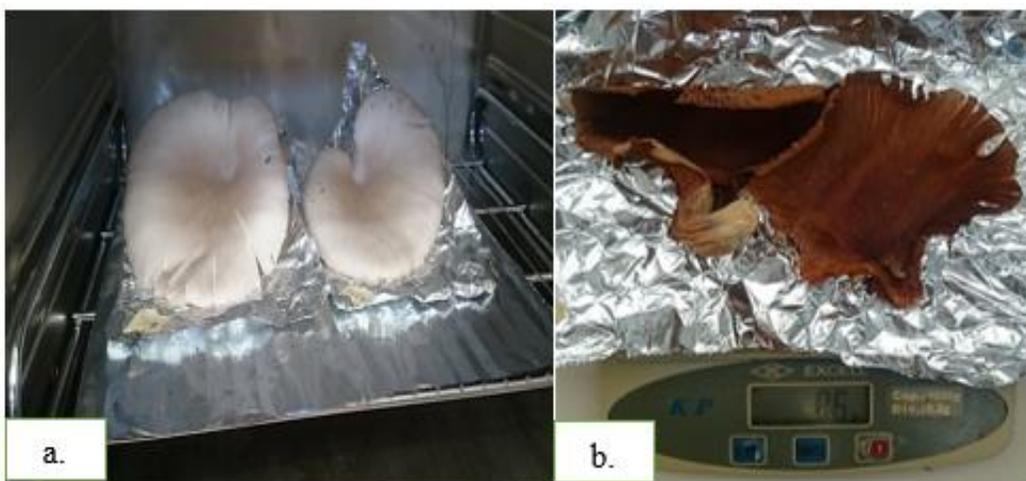
4.1.12. Porcentaje de humedad del hongo del T3 (bagazo de caña de azúcar).

La humedad de los cuerpos fructíferos del T3 obtenidos de una muestra de 100 g fue de 91,89%, misma que, se encuentran dentro de lo establecido por Gaitan *et al.*, (2006), quienes señalan que el hongo contiene 92,2% de humedad.

4.1.13. Porcentaje de materia seca del T3 (bagazo de caña de azúcar).

De la muestra deshidratada de la variable anterior presento 8,10% de materia seca (Gráfico 11).

Gráfico 11. Muestra de cuerpos fructíferos del hongo ostra en estado fresco y deshidratado del T3 (bagazo de caña de azúcar).



4.1.14. Análisis Beneficio/Costo del cultivo de hongos del T3 (bagazo de caña de azúcar).

Al realizar la evaluación económica de la producción del hongo *P. ostreatus*, cultivado mediante el uso del bagazo de caña de azúcar (T3), se determinó los egresos cuantificando el costo del sustrato, materia prima, mano de obra, servicios básicos, depreciaciones (ANEXO VII) e insumos utilizados para la producción, estableciéndose egresos de 174,30USD e ingresos de 352,00USD, para una producción de 64 kg (100 fundas de 2 kg) de hongo en peso fresco. Cabe recalcar que, de todos los costos de inversión, la materia prima generó mayor

costo, debido a que el micelio se debe comprar. La relación beneficio/costo de este tratamiento fue 2,02, indicando que, por cada dólar gastado, se ganó 1 dólar con 0,02 centavos de dólar (Cuadro 12).

Según Quizhpilema (2013), en la producción e industrialización del hongo ostra, obtuvo 49,86USD de egresos y, 79USD de ingresos, (sustrato de cebada e incluyen el proceso de industrialización del hongo), alcanzando un índice de beneficio costo de 1,58USD.

Finalmente, los resultados del presente proyecto son favorables, de acuerdo a lo mencionado por Crece Negocios (2017), donde indican que, si el Beneficio/Costo es > 1 , los beneficios superan los costos, por consiguiente, el proyecto debe ser considerado. Esto se corrobora con la eficiencia biológica del 80%, valor superior al mínimo reportado (40%) como referencia para los cultivos comerciales de *Pleurotus ostreatus*, por cuanto se dice que a partir de este valor un cultivo de hongos empieza a ser económicamente rentable (Albarrán, *et al.*, 2001).

Cuadro 12. Costos de producción y beneficio/costo del cultivo de hongo del T3 (bagazo de caña de azúcar).

Concepto	Tratamiento
	T3 (Bagazo de caña de azúcar)
Materia prima	
Bagazo de caña azúcar	0,00
Salvado de trigo	8,80
Carbonato de calcio	2,25
Fundas polipropileno	2,10
Ligas (200)	3,00
Micelio de <i>P. ostreatus</i>	70,00
Subtotal	86,15
Mano de obra	
Recolección de los sustratos	3,75
Pretratamiento de los sustratos	9,38
Adecuación de infraestructura	15,00
Preparación y pasteurización de sustratos	7,50
Inoculación o siembra	5,63
Cosecha y riego	1,88
Subtotal	43,13

Costos indirectos	
Baldes	2,00
Alcohol industrial	3,50
Alcohol antiséptico	4,00
Amonio cuaternario	12,90
Cartones grandes	2,40
Lonas	1,80
Protección personal	2,30
Gavetas	2,50
Fundas para ventas	1,50
Ventas y Distribución	4,50
Costo depreciación	7,63
Subtotal	45,03
TOTAL, EGRESOS	174,30
TOTAL, INGRESOS	352,00
BENEFICIO/COSTO	2,02

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El sustrato con mayor eficiencia biológica fue el T3 (bagazo de caña de azúcar), ya que alcanzó 40% de EB en la primera cosecha y proyectado a las tres cosechas se obtuvo 80% de EB, sin embargo, los T1 (aserrín de pigüe), T2 (aserrín de otras maderas), T4 (aserrín de pigüe + bagazo de caña de azúcar) y T5 (aserrín de otras maderas + bagazo de caña de azúcar) no tuvieron resultados de producción, debido a que no fructificaron al haber transcurrido los 70 días de evaluación.
- El tratamiento 3, presentó una favorable relación beneficio/costo de 2,02USD (datos estimados), demostrando que los ingresos netos son superiores a los egresos netos, debido a que el valor es mayor que 1, lo cual significa que, por cada dólar gastado, se obtiene una ganancia de 1,02 USD. De esta manera se concluye que el proyecto es económicamente viable.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda el uso de bagazo de caña de azúcar como sustrato para la producción del hongo ostra, debido a su precocidad, alta producción, disponibilidad en la zona y su viabilidad económica.
- Seguir investigando, el potencial del bagazo de caña de azúcar como sustrato para mejorar su eficiencia biológica.
- Continuar tomando los datos de producción hasta obtener la tercera cosecha en todos los tratamientos.
- Determinar la composición química del hongo ostra y los sustratos, para corroborar el contenido nutricional del hongo cultivado en el contexto amazónico.
- Evaluar técnicas que permitan la conservación de los hongos, en cultivos comerciales, debido a los volúmenes de producción.
- Promover el consumo del hongo ostra, mediante ferias alimenticias, preparando diferentes platos y socializando sobre su importancia nutricional y medicinal; y de esta forma asegurar el mercado para producciones futuras.
- Tener precaución al momento de pasteurizar el sustrato, puesto que, es una etapa decisiva en la producción del cultivo ostra.

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFIA

- Aguinaga, P. (2012). *Evaluación de cuatro sustratos para la producción del hongo ostra (Pleurotus ostreatus) en tres ciclos de producción en la zona de Tambillo, provincia de Pichincha* (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Albarrán, B. et al.(2001). *Crecimiento del micelio de Pleurotus ostreatus en un medio sólido con harina de salvado de trigo* (Tesis pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Ardón, C. (2007). *La producción de los hongos comestibles* (Tesis de posgrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Arrúa, J. M., y Quintanilla, J. E. (2007). *Producción del hongo ostra (Pleurotus ostreatus) a partir de las malezas Paspalum fasciculatum y Rottboellia cochinchinensis* (Tesis de pregrado). Universidad EARTH, Guácimo, Limón, Costa Rica.
- Atlas, R. M., y Bartha, R. (2002). *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. Recuperado de <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=uccma.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=004867>
- Baena, A. (2005). *Aprovechamiento del bagazo del maguey verde (Agave salmiana) de la agroindustria del mezcal en San Luis Potosí para la producción de hongo ostra (Pleurotus ostreatus)* (Tesis de maestría). Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C., San Luis Potosí.
- Bautista, N., Bautista, N. G., Venegas, R., López, L., y Portugal, D. (2003). Evaluación de la producción de pleurotus ostreatus sobre paja de trigo como sustrato en un módulo rústico en galeana, municipio de Zacatepec, Estado de Morelos, México. *Laboratorio de Micología, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos*, 1-10.
- Bermúdez, R. C., Morris, H. J., Donoso, C., Martínez, C. E., y Ramos, E. I. (2003). Influencia de la luz en la calidad proteica de Pleurotus ostreatus var. florida. *Rev. cuba. invest. bioméd*, 22(4), 226-231.

- Bermúdez, R; García, N. y Murlot, A. (2007). Fermentación sólida para la producción de *Pleurotus* sp. sobre mezclas de pulpa de café y viruta de Cedro. *Tecnología Química*, 27(2), 55-62.
- Calidad., S. L. (2000). *Análisis de Costo/Beneficio*. Recuperado de <http://sigc.uqroo.mx/Manuales/Institucional/Procedimientos/Secretaria%20General/Gestion%20Calidad/DGC-001/Methodologias/Costob.pdf>
- Carvajal, G. (2010). *Evaluación de la producción del hongo Pleurotus ostreatus sobre cinco tipos de sustratos (tamo de trigo, tambo de cebada, tambo de vicia, tambo de avena y paja de páramo), enriquecidos con tuza molida, afrecho de cebada y carbonato de calcio* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ibarra-Ecuador.
- Catucumbamba, J. A. (2013). *Evaluación de la producción del cultivo del hongo comestible (pleurotus ostreatus), sobre tambo de cebada, con aplicación de afrecho, y diferente porcentaje de micelio, en la parroquia Pifo, provincia Pichincha* (Tesis de pregrado). Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda-Ecuador.
- Cisterna, C. (2005). Semillas para el cultivo de hongos comestibles y medicinales. Recuperado de <http://biomicelios.com/cultivo-del-hongo-ostra/>
- CreceNegocios. (2017). *El análisis costo-beneficio*. Recuperado de <https://www.crecenegocios.com/el-analisis-costo-beneficio/>
- Diario la Hora. (2013). *Ecuador entre los países con más hambre*. Recuperado de <https://lahora.com.ec/noticia/1101601183/ecuador-entre-los-paises-con-mas-hambre>
- Diario la Hora. (2003). *Hongo ostra puede desarrollarse en Ecuador*. Recuperado de <https://lahora.com.ec/noticia/1000207437/hongo-ostra-puede-desarrollarse-en-ecuador>
- Donado, T. V. (2014). *Evaluación de tres sustratos para la producción de hongo ostra (pleurotus ostreatus); Moyuta, Jutiapa* (Tesis de pregrado). Universidad Rafael Landívar, Escuintla.
- Fernandez, F. (2004). Guía práctica de producción de Setas (*Pleurotus* spp.). Fungitec Asesorías. Guadalajara, Jalisco. México.

- France, A., Cañumir, J. A., y Cortez, M. (2000). Producción de hongos ostras. *Boletín INIA*, (23), 1-32.
- Flores, J.A. (2006). Efecto de microorganismos eficaces (EM) sobre la producción del hongo ostra *pleurotus ostreatus* (Agaricales: Tricholomataceae) a partir de remanentes agrícolas (Tesis de pregrado). Universidad EARTH.
- Forero, C. L., Hoyos, O. L., y Bazante, W. E. (2008). Evaluación de residuos de ají (*Capsicum* spp.) como sustrato en la producción de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 6(1), 42-53.
- Gaitán, R., Salmones, D., Perez, R., y Mata, G. (2006). *Manual Práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción*. Recuperado de http://www1.inecol.edu.mx/cv/CV_pdf/libros/Manual_PleurotusGaitan.pdf
- García, R. M. (2001). *Manual para buscar Setas*. Recuperado de <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=QUV.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mn=003963>
- Garzon, J. P., y Cuervo, J. L. (2008). Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. *NOVA*, 6(10), 101-236.
- Google Maps. (2017). *Mapa de la Parroquia Tarqui*. Recuperado de <https://www.google.com.ec/maps/place/Parroquia+Tarqui/@-1.5728368,-78.041495,11.92z/data=!4m5!3m4!1s0x91d3d8d253152689:0x211f51e95c2735ab!8m2!3d-1.5726213!4d-77.939597?dcr=0>
- Guarín, J. A., & Ramírez, A. A. (2004). *Estudio de factibilidad técnico-financiero de un cultivo del hongo Pleurotus ostreatus* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. (2017). *Análisis físico químico de los alimentos*. Santa Catalina. Recuperado de http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com_content&view=article&id=44&Itemid=44
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). *Población por sexo, según provincia, parroquia y cantón de empadronamiento*. Recuperado de

<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/?s=POBLACION+POR+SEXO+SEGUNDA+PROVINCIA+PARROQUIA+CANTON+DE+EMPADRONAMIENTO>

- Iriarte, C. (2003). *Estudio de la producción y secreción de enzimas celulíticas en micelios rápidos y lentos de P. ostreatus*. Navarra, España: Universidad Pública de Navarra, Ingeniería Técnico Agrícola (Hortofruticultura y Jardinería).
- Laboratorio de química. (2004). *Medición del "pH" de ácidos, bases y sales*. Quito. Recuperado de <http://app.ute.edu.ec/content/3248-3-8-1-6-21/Pr%C3%A1ct.%204.-pH.pdf>
- Lopez, E. (2002). Orellanas: deliciosa medicina. *Visión Chamánica*. Recuperado de http://www.visionchamanica.com/alimentacion_sana/Orellanas.htm
- Manjarrés, K.; Castro, A. y Rodríguez, E. (2010). Producción de lacasa utilizando *Pleurotus ostreatus* sobre cáscaras de plátano y bagazo de caña. *Revista Lasallista*, 7 (2), 9-15.
- Medina, H. H., Martínez, M., y Bonilla, J. A. (2007). Caracterización bromatológica de materias primas y subproductos en el municipio de Quibdó, Chocó. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó Investigación Biodiversidad y Desarrollo*, 26(2), 9-12.
- Michel, A. C., Ariza, R., Otero, M., A., y Barrios, A. (2015). Productos químicos y biológicos como suplementos que incrementan la producción del hongo ostra *Pleurotus ostreatus*. *Interciencia*, 40(8), 542-548.
- Molino Chabas. (2014). *Afrechillo*. Recuperado de <http://www.molinochabas.com.ar/index.php/es/afrechillo-integral>
- Muñoz, V. (23 de junio de 2010). Solo para emprendedores. [Luchar contra la pobreza y el atraso demanda de la incursión en actividades solidarias, asociativas y sobre todo de emprendimiento, a efectos de generar y ofertar productos competitivos que demandan los mercados nacionales e internacionales]. Recuperado de <http://emprendimientosdelecuador.blogspot.com/2010/06/21-hongos-de-sumaco-atraen-el-turismo-y.html>

- Oei, P. (2003). Mushroom cultivation: appropriate technology for mushroom growers: Backhuys Publishers. *CAB Direct*, 3(1), 1-429.
- Okano, K., Fukui, S., Kitao, R., y Usagawa, T. (2007). Effects of culture length of *Pleurotus eryngii* grown on sugarcane bagasse on in vitro digestibility and chemical composition. *Animal Feed Science and Technology*, 136(3-4), 240-247.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). *Vuelve a crecer el hambre en el mundo, impulsada por los conflictos y el cambio climático, según un nuevo informe de la ONU*. Recuperado de <http://www.fao.org/ecuador/noticias/detail-events/es/c/1039109/>
- Pineda, J. (2014). *Desarrollo de una tecnología para la producción a pequeña escala de la biomasa del hongo ostra (Pleurotus ostreatus)* (tesis doctoral). Universidad de Camagüey “Ignacio Agromonte Loynaz”, República de Cuba.
- Prefectura de Pastaza. (2017). *Reseña histórica: Tarqui*. Recuperado de <http://www.pastaza.gob.ec/pastaza/tarqui>
- Quizhpilema, E. L. (2013). *Validación de la Tecnología para la Producción e Industrialización de Hongos Comestibles pleurotus ostreatus Utilizando Sustratos Orgánico* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador.
- República del Ecuador – Inerhi Conade. (1978). *Industrialización de hongos comestibles*. Recuperado de <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea60s/ch20.htm>
- Rivera, R. L., Martínez, C. A., y Morales, S. (2013). Evaluación de residuos agrícolas como sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus*. *Revista Luna Azul*, (37), 89-100.
- Rodríguez, G. (2007, 01 de marzo). Cultivo de hongos comestibles. *Fruticultura & Diversificación*. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_revista-fd_52_hongos-comestibles.pdf
- Rojas, E. A. (2004). *Evaluación de paja de trigo, triticum sativum; broza de encino, quercus sp. Y rastrojo de maíz, zea mays; para el cultivo del hongo comestible*

- pleurotus ostreatus* bajo condiciones artesanales en san rafael la independencia, Huehuetenango (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Salmones, D., Mata, G., y Waliszewski, K. N. (2005). Comparative culturing of *Pleurotus* spp. on coffee pulp and wheat straw: biomass production and substrate biodegradation. *Bioresource Technology*, 96(5), 537-544.
- Sánchez, C. (2010). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. *Springer*, 85(5), 1321-1337. doi: 10.1007/s00253-009-2343-7
- Sánchez, J. E., Royse, D.J. (2001). *La biología y el cultivo de Pleurotus spp.* El colegio de la frontera sur. México.
- SlidePlayer. (Productor). (2016). *Clasificación de alimentos.* De <http://slideplayer.es/slide/10181486/>
- Silva, R., Fritz, C., Cubillos, J., y Díaz, M. (2010). *Manual para la producción de hongos comestibles (Shiitake).* Recuperado de <http://volveralatierra.com.ar/fotos/downloads/2011/11/Manual-produccion-hongos-comestibles-shitake.pdf>
- Tisdale, T. E., Miyasaka, S. C., y Hemmes, D. E. (2006). Cultivation of the oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on wood substrates in Hawaii. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 22(3), 201-206.
- Vedder, P. (1979). *Cultivo moderno del champiñón.* Recuperado de <https://latam.casadellibro.com/libro-cultivo-moderno-del-champinon-2-ed/9788471140746/134932>
- Varnero, M. T., Quiroz, M. S., y Álvarez, C. H. (2010). Utilización de residuos forestales lignocelulósicos para producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*). *Información tecnológica*, 21(2), 13-20. Doi: 10.1612/inf.tecnol.4154it.09
- Velasco, J., Vargas, E. 2004. Cultivo del hongo seta (*Pleurotus ostreatus*) (en línea). 24 p. Secretaría de la Reforma Agraria, México, DF. Consultado 4 jul. 2007. Disponible en http://www.sra.gob.mx/internet/informacion_general/programas/fondo_tierras/manuales/Cultivo_Hongo__Seta.pdf

Villacís, C. A. (2017). *Estandarización de un protocolo para la producción de semillas de hongo ostra Pleurotus Ostreatus adaptado a las condiciones de laboratorio* (Tesis de pregrado). Universidad de las Américas, Quito.

CAPÍTULO VII. ANEXOS

ANEXO I

Preparación de los sustratos del experimento.

- **Tratamiento 1: Sustrato de aserrín de pigüe.**

Se colocó 10 kg de aserrín de pigüe, 2 kg de afrecho, 400 g de Carbonato de Calcio, 12 litros de agua y se procedió a mezclar.

- **Tratamiento 2: Sustrato de aserrín de otras maderas.**

Se colocó 10 kg de aserrín, 2 kg de afrecho, 400 g de carbonato de calcio, 11 litros de agua y se procedió a mezclar.

- **Tratamiento 3: Sustrato de bagazo de caña de azúcar.**

Se colocó 10 kg de bagazo, 2kg de afrecho, 1200 g de carbonato de calcio, 18 litros de agua y se procedió a mezclar.

- **Tratamiento 4: Mezcla bagazo de caña de azúcar más aserrín de pigüe.**

Se colocó 5 kg de bagazo más 5 kg de aserrín de pigüe, 2kg de afrecho, 800 g de carbonato de calcio, 15 litros de agua y se procedió a mezclar.

- **Tratamiento 5: Mezcla bagazo de caña de azúcar más aserrín de otras maderas.**

Se colocó 5 kg de bagazo más 5 kg de aserrín de otras maderas, 2kg de afrecho, 800 g de carbonato de calcio, 15 litros de agua y se procedió a mezclar.

Finalmente, se realizó el llenado y amarrado de las fundas con una liga, mismas que tuvieron un peso de 2 kg por unidad experimental. Además, se colocó su respectiva identificación de acuerdo a los tratamientos.

ANEXO II

Pretratamiento de los sustratos lignocelulósicos.

Gráfico 12. Adquisición, picado y secado de los residuos lignocelulósicos.



a. Adquisición del bagazo de caña de azúcar.



b. Picado del bagazo de caña de azúcar.



c. Secado de los aserrines y bagazo de caña.

ANEXO III

Materiales y suplementos utilizados en la investigación.

Gráfico 13. Materia prima y suplementos empleados en la investigación.



a. Aserrín de pigüe



b. Bagazo de caña de azúcar



c. Aserrín de otras maderas



d. Semilla del hongo *P. ostreatus*

ANEXO IV

Preparación, pasteurización, inoculación e incubación de los sustratos

Gráfico 14. Preparación, pasteurización, inoculación e incubación de los sustratos.



a. Mezcla de sustratos y suplementos.



b. Fundas con sustratos.



c. Pasteurización de sustratos.



d. Enfriamiento de sustratos.



e. Inoculación o siembra del micelio en los sustratos.



f. Cámara de incubación con los sustratos colonizados.

ANEXO V

Manejo de sustratos en la cámara de fructificación.

Gráfico 15. Riego de sustratos colonizados, aparición de primordios, formación y maduración de cuerpos fructíferos.



a. Abertura de fundas



b. Riego manual.



c. Cámara de fructificación.

ANEXO VI

Análisis de la variable tiempo de colonización de los tratamientos.

Cuadro 13. Análisis de varianza del tiempo de colonización de los tratamientos (T1, T2, T3, T4 y T5).

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	866.74	4	216.68	99.70	0.0000
Intra grupos	152.13	70	2.17		
Total (Corr.)	1018.88	74			

Grand Mean 44,915 CV 3,25

ANEXO VII

Depreciación de materiales y equipos utilizados para el T3.

Cuadro 14. Depreciación de materiales y equipos utilizados para el T3 en el cultivo del hongo ostra.

Materiales y equipos depreciados								
	Unidad	Cantidad	P. unitario	C. Histórico	Valor residual	Vida útil	D. anual	D. mensual
Quemadores	Unidad	2	35	70	5	15	4,33	0,36
Termo higrómetro	Unidad	1	30	30	0	5	6,00	0,50
Mesa metálica	Unidad	1	40	40	5	15	2,33	0,19
Caja de siembra	Unidad	1	120	120	0	15	8,00	0,67
Pala	Unidad	1	7	7	0	3	2,33	0,19
Bomba de mochila	Unidad	1	40	40	0	5	8,00	0,67
Cilindros de gas	Unidad	2	60	120	0	15	8,00	0,67
Válvulas de gas	Unidad	2	6	12	0	10	1,20	0,10
Tanques de tol	Unidad	2	10	20	0	5	4,00	0,33
Martillo	Unidad	1	5	5	0	5	1,00	0,08
Serrucho	Unidad	1	3,5	3,5	0	5	0,70	0,06
Picadora	Unidad	1	350	350	0	10	35,00	2,92
Malla de plástico	Metros	2	1,400	2,80	0	5	0,56	0,05
Plástico negro	Metros	15	1,500	22,50	0	10	2,25	0,19
Estantería	Unidad	1	39,120	39,12	0	5	7,82	0,65
							91,53	7,63