



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE PLÁTANO, CACAO Y
MAÍZ COMO SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DEL
HONGO “*Pleurotus ostreatus*”, EN LA COMUNIDAD LA
MAGDALENA DE FRANCISCO DE ORELLANA”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: CONSUELO MIREYA CUEVA CALVA

TUTOR: DR. EDGAR IVÁN RAMOS SEVILLA

Orellana – Ecuador

2018

© 2018, Consuelo Mireya Cueva Calva

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Investigación: “Aprovechamiento de residuos de plátano, cacao y maíz como sustratos para la producción del hongo “*Pleurotus ostreatus*”, en la comunidad La Magdalena de Francisco de Orellana”, de responsabilidad de la señorita Consuelo Mireya Cueva Calva, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Dr. Edmundo Rodrigo Caluña Sánchez

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dr. Edgar Iván Ramos Sevilla

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Dra. Jenny Marina Moreno Mora

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, Consuelo Mireya Cueva Calva declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 06 de Abril del 2018

.....
Consuelo Mireya Cueva Calva
C.I. 220005192-4

Yo, Consuelo Mireya Cueva Calva soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el trabajo de titulación y el patrimonio intelectual del trabajo de titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.

Consuelo Mireya Cueva Calva

C.I. 220005192-4

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, salud y con ello las herramientas para cumplir mis objetivos, a mis padres; David Cueva y María Calva, por todo el sacrificio y esfuerzo que han realizado, para poder culminar mi carrera profesional, su confianza, cariño y amor incondicional son y serán pilares fundamentales en mi vida, que me permitirán alcanzar con éxito nuevos objetivos y levantarme de los fracasos que la vida me tenga preparada.

Mireya Cueva

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial, a la carrera de Biotecnología Ambiental, por todos los conocimientos, consejos y vivencias adquiridas, durante mi vida politécnica, que me permitirán ejercer mi profesión, de manera correcta y responsable, siendo una persona útil para la sociedad.

Al Dr. Iván Ramos y a la Dra. Jenny Moreno, por sus conocimientos y experiencias, que me permitieron culminar el presente trabajo de investigación de manera exitosa, alcanzado todos los objetivos propuestos.

Mireya Cueva

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ADEVA	Análisis de varianza
Bs	Base seca
°C	Grados celsius
cm	Centímetros
C	Carbono
Ca	Calcio
C/N	Relación carbono/nitrogeno
CML	Cultivo en medio líquido
C:M	Cuadrado medio
DCA	Diseño completamente al azar
EB	Eficiencia biológica
F	Factor calculado
F.V	Factores de variación
FES	Fermentación en estado sólido
FL	Fermentación líquida
g	Gramos
g.l	Grados de libertad
h	Horas
K	Potasio
Kg	Kilogramo
Mg	Miligramo

mmHg	Milímetros de mercurio
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
P	Fósforo
pH	Potencial hidrógeno
PNSA	Proteína y nitrógeno del sustrato agotado
R	Rendimiento
S.I	Sustrato inicial
S.C	Suma de cuadrados
SmF	Fermentación sumergida
S.R	Sustrato remanente

TABLA DE CONTENIDO

	Pp.
RESUMEN	xvii
SUMMARY	xviii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO.....	4
<i>1.1. Antecedentes de la investigación.....</i>	<i>4</i>
<i>1.2. Los hongos.....</i>	<i>6</i>
<i>1.2.1. Hongos Macromycetes</i>	<i>7</i>
<i>1.2.2. Ciclo de vida de los hongos Macromycetes</i>	<i>7</i>
<i>1.2.3. Clasificación de los hongos Macromycetes</i>	<i>7</i>
<i>1.2.3.1. Ascomycetes</i>	<i>7</i>
<i>1.2.3.2. Basidiomycetes.....</i>	<i>8</i>
<i>1.3. Pleurotus ostreatus.....</i>	<i>9</i>
<i>1.3.1. Clasificación taxonómica y morfología</i>	<i>9</i>
<i>1.3.2. Historia del cultivo de Pleurotus ostreatus</i>	<i>10</i>
<i>1.3.3. Composición nutricional de Pleurotus ostreatus.....</i>	<i>11</i>
<i>1.3.4. Etapas del cultivo de Pleurotus ostreatus</i>	<i>12</i>
<i>1.3.4.1. Condiciones de Incubación</i>	<i>12</i>
<i>1.3.4.2. Condiciones de fructificación.....</i>	<i>13</i>
<i>1.3.5. Importancia del cultivo del Pleurotus ostreatus</i>	<i>13</i>
<i>1.3.5.1. Nutrición humana.....</i>	<i>13</i>
<i>1.3.5.2. Propiedades medicinales.....</i>	<i>13</i>
<i>1.3.5.3. Alimento para ganado</i>	<i>14</i>
<i>1.3.5.4. Control biológico</i>	<i>14</i>
1.4. Residuos	14
<i>1.4.1. Residuos agroindustriales</i>	<i>14</i>
<i>1.4.2. Problemas ambientales de los residuos agroindustriales</i>	<i>15</i>
<i>1.4.3. Composición química de los residuos agroindustriales.....</i>	<i>15</i>
<i>1.4.3.1. Celulosa</i>	<i>16</i>
<i>1.4.3.2. Hemicelulosa.....</i>	<i>16</i>

1.4.3.3. <i>Lignina</i>	16
1.4.3.4. <i>Extractivos</i>	17
1.4.4. Residuos agroindustriales para el cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	17
1.4.4.1. <i>Maíz</i>	17
1.4.4.2. <i>Cacao</i>	19
1.4.4.3. <i>Plátano</i>	21
1.5. Fermentación	22
1.5.1. Tipos de fermentación	22
1.5.1.1. <i>Fermentación anaerobia</i>	22
1.5.1.2. <i>Fermentación aerobia</i>	22
1.5.1.2.1. <i>Fermentación líquida</i>	23
1.5.1.2.2. <i>Fermentación sólida</i>	23
1.5.2. Cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> por fermentación en estado sólido	23
1.5.2.1. <i>Condiciones ambientales</i>	24
1.5.2.1.1. <i>Temperatura</i>	24
1.5.2.1.2. <i>Humedad</i>	25
1.5.2.1.3. <i>Aireación</i>	25
1.5.3. Indicadores de productividad	25
1.5.3.1. <i>Tiempo de aparición de primordios</i>	25
1.5.3.2. <i>Peso del hongo fresco</i>	25
1.5.3.3. <i>La eficiencia biológica</i>	25
1.5.3.4. <i>Proteína y nitrógeno del sustrato agotado (PNSA)</i>	26
 CAPÍTULO II	
2. METODOLOGÍA	27
2.1 Zona de estudio	27
2.1.1 Lugar de la investigación	27
2.2 Tipo de investigación	27
2.2.1 Hipótesis e identificación de variables	28
2.2.1.1 <i>Variables</i>	28
2.2.1.1.1 <i>Variable Independiente</i>	28
2.2.1.1.2 <i>Variable dependiente</i>	28
2.2.1.2 <i>Hipótesis generales</i>	28
2.2.1.2.1 <i>Hipótesis Alternante</i>	28
2.2.1.2.2 <i>Hipótesis Nula</i>	28
2.2.2 Diseño experimental	28
2.2.2.1. <i>Tipo de diseño</i>	29

2.2.3. Marco metodológico	30
2.2.3.1. <i>Obtención de micelio de Pleurotus ostreatus</i>	30
2.2.3.1.1. Preparación del medio de cultivo	30
2.2.3.1.2. Inoculación de los medios de cultivo solidificados.....	30
2.2.3.2. <i>Obtención del inóculo de Pleurotus ostreatus</i>	31
2.2.3.3. <i>Preparación de los sustratos</i>	32
2.2.3.4. <i>Inoculación de los sustratos e incubación</i>	35
2.2.3.5. <i>Análisis bromatológico del sustrato inicial, remanente y cuerpos fructíferos</i>	36
2.2.3.6. <i>Cálculo de los parámetros a evaluarse</i>	37
2.2.3.7. <i>Esquema del proceso</i>	38

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
3.1. <i>Análisis bromatológico de los sustratos al inicio y final de la fermentación</i>	39
3.2. <i>Análisis del promedio de producción de la biomasa</i>	40
3.2.1. <i>Determinación de la eficiencia biológica</i>	41
3.2.2. <i>Determinación del rendimiento</i>	43
3.2.3. <i>Precocidad</i>	44
3.3. <i>Análisis bromatológico de Pleurotus ostreatus</i>	45
3.4. <i>Análisis estadístico</i>	46
3.4.1. <i>Producción</i>	46
3.5.2. <i>Eficiencia biológica</i>	47
3.5.3. <i>Rendimiento</i>	48
3.5.4. <i>Precocidad</i>	49
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES	55

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pp.
Gráfico 1-2. Esquema del proceso.....	38
Gráfico 1-3. Producción obtenida de las cuatro siembras de <i>Pleurotus ostreatus</i>	40
Gráfico 2-3. Comparación de los promedios de la eficiencia biológica de las cuatro siembras de <i>Pleurotus ostreatus</i>	42
Gráfico 3-3. Comparación de los promedios de rendimiento obtenido de las cuatro siembras de <i>Pleurotus ostreatus</i>	43
Gráfico 4-3. Comparación de los promedios de los tiempos de precocidad obtenidos de las cuatro siembras de <i>Pleurotus ostreatus</i>	45

ÍNDICE DE TABLAS

	Pp.
Tabla 1-1. Clasificación taxonómicamente de <i>Pleurotus ostreatus</i>	9
Tabla 2-1. Composición nutricional de <i>Pleurotus ostreatus</i>	12
Tabla 3-1. Estructuras de los residuos del cultivo de maíz	18
Tabla 4-1. Porcentaje de compuestos lignocelulósicos en la tusa de maíz.....	19
Tabla 5-1. Composición química de la cáscara de cacao	20
Tabla 6-1. Porcentaje de compuestos lignocelulósicos en la cáscara de cacao	20
Tabla 7-1. Porcentaje de compuestos lignocelulósicos en la hoja de plátano	22
Tabla 1-2. Diseño experimental.....	29
Tabla 1-3. Análisis bromatológico de los sustratos iniciales (S.I.) y remanentes (S.R.).....	39
Tabla 2-3. Análisis del coeficiente de variación de la producción media de <i>Pleurotus ostreatus</i>	40
Tabla 3-3. Porcentajes de eficiencia biológica de <i>Pleurotus ostreatus</i>	41
Tabla 4-3. Porcentajes de rendimiento obtenido de la producción del <i>Pleurotus ostreatus</i>	43
Tabla 5-3. Tiempo en días de la precocidad registrada en las cuatro siembras de <i>Pleurotus ostreatus</i>	44
Tabla 6-3. Análisis bromatológico de cuerpos fructíferos de <i>Pleurotus ostreatus</i>	46
Tabla 7-3. Análisis de varianza para la producción obtenida de las cuatro siembras de <i>Pleurotus ostreatus</i>	46
Tabla 8-3. Prueba de Tukey para la separación de medias para la producción de <i>Pleurotus ostreatus</i>	47
Tabla 9-3. Análisis de varianza para los porcentajes de eficiencia biológica obtenidos de las cuatro siembras de <i>Pleurotus ostreatus</i>	48

Tabla 10-3. Prueba de Tukey para la separación de medias de los porcentajes de eficiencia biológica de <i>Pleurotus ostreatus</i>	48
Tabla 11-3. Análisis de varianza para los porcentajes de rendimiento de las cuatro siembras de <i>Pleurotus ostreatus</i>	49
Tabla 12-3. Prueba de Tukey para la separación de medias de los porcentajes de rendimiento de <i>Pleurotus ostreatus</i>	49
Tabla 13-3. Análisis de varianza para los tiempos de precocidad obtenidos de las cuatro siembras de <i>Pleurotus ostreatus</i>	50
Tabla 14-3. Prueba de Tukey para la separación de medias de los tiempos de precocidad de <i>Pleurotus ostreatus</i>	50

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pp.
Fotografía 1-2. Preparación del medio de cultivo	30
Fotografía 2-2. Inoculación de los medios de cultivo con <i>Pleurotus ostreatus</i>	31
Fotografía 3-2. Incubación de las semillas de trigo con el micelio de <i>Pleurotus ostreatus</i>	32
Fotografía 4-2. Tusa de maíz triturada finalizadas las 24 horas de remojo	32
Fotografía 5-2. Cáscara de cacao triturada finalizadas las 24 horas de remojo	33
Fotografía 6-2. Hoja de plátano triturada finalizadas las 24 horas de remojo	33
Fotografía 7-2. Hoja plátano pasteurizada finalizado el tiempo de secado al aire libre.....	34
Fotografía 8-2. Cáscara de cacao pasteurizada finalizado el tiempo de secado al aire libre	34
Fotografía 9-2. Tusa de maíz pasteurizada finalizado el tiempo de secado al aire libre	34
Fotografía 10-2. Mixto de sustratos pasteurizado finalizado el tiempo de secado al aire libre..	35
Fotografía 11-2. Inoculación de los sustratos con las semillas invadidas con el micelio de <i>Pleurotus ostreatus</i>	35
Fotografía 12-2. Estantes de crecimiento para el cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	36

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de titulación fue determinar si los residuos de cacao, maíz, plátano y el mixto conformado por los tres residuos son idóneos para la producción del hongo "*Pleurotus ostreatus*", en la comunidad La Magdalena, la investigación se realizó en dos etapas: la primera, se desarrolló en el Laboratorio de Biotecnología Ambiental de la ESPOCH, donde se obtuvo el micelio de "*Pleurotus ostreatus*", para su posterior inoculación en un medio de crecimiento (semillas de trigo), luego se prepararon los sustratos a ser evaluados, para lo cual los residuos fueron triturados, lavados, pasteurizados y secados, hasta alcanzar una humedad del 50%, posteriormente se pesó 1 kg de residuo y se inoculó con 100 g de semillas de trigo, la mezcla se homogenizó y colocó en una funda plástica, en total se realizaron cuatro siembras, cada una conformada por los residuos y un mixto compuesto de los tres, con cuatro repeticiones para cada uno de éstos; para la segunda etapa las fundas se trasladaron a la comunidad La Magdalena donde se llevó a cabo el proceso de fermentación sólida hasta la cosecha del hongo; los sustratos iniciales, remanentes y cuerpos fructíferos obtenidos, se evaluaron con un análisis bromatológico, la producción se analizó a partir de los siguientes parámetros: rendimiento, eficiencia biológica y precocidad, los resultados fueron comparados a través de un diseño completamente al azar. El análisis estadístico determinó que la cáscara de cacao es el mejor sustrato para el cultivo de "*Pleurotus ostreatus*", con una producción media de 262.49 g, un rendimiento de 23.86%, una eficiencia biológica de 90.24% y un tiempo de precocidad de 19 días, los cuerpos fructíferos de "*Pleurotus ostreatus*" analizados registraron porcentajes adecuados de proteína (25.4%), por lo tanto, las setas cosechadas son consideradas como un alimento que tiene un importante valor nutritivo apto para el consumo humano. Se concluyó que los residuos de cacao, maíz, plátano y el mixto registraron porcentajes de rendimiento y eficiencia biológica de 10% y 50% respectivamente, por lo tanto, estos residuos pueden ser utilizados como sustratos para la producción de hongos comestibles "*Pleurotus ostreatus*". Se recomienda combinar éstos residuos con otros subproductos agrícolas de la zona con la finalidad de obtener una mayor producción.

Palabras clave: <CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES>, <HONGO (*Pleurotus Ostreatus*)>, <RESIDUOS AGRÍCOLAS>, <DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR>, <MICELIO>, <FERMENTACIÓN SÓLIDA>, <EFICIENCIA BIOLÓGICA>, <PRECOCIDAD>.

SUMMARY

The objective of the present titration work was to determine if the residues of cocoa, corn, banana and the mixed one conformed by the three residues are suitable for the production of the fungus "*Pleurotus Ostreatus*", in the community of La Magdalena, the research was carried out in two stages: the first one, was developed in the Environmental Biotechnology Laboratory of the ESPOCH, where the mycelium of "*Pleurotus Ostreatus*" was obtained, for its later inoculation in a growth medium (wheat seeds), then the substrates were prepared to be evaluated, for which the waste was crushed, washed, pasteurized and dried, until reaching a humidity of 50%, then 1 kg of residue was weighed and inoculated with 100 g of wheat seeds, the mixture was homogenized and placed in a plastic cover, in total four sowings were made, each consisting of waste and a mixed compound of the three, with four repetitions for each of these; for the second stage, the bags were moved to the La Magdalena community, where the solid fermentation process was carried out until the mushroom harvest; the initial substrates, remnants and fruiting bodies obtained, were evaluated with a bromatological analysis, the production was analyzed from the following parameters: yield, biological efficiency and precocity, the results were compared through a completely random design. The statistical analysis determined that the cocoa shell is the best substrate for the cultivation of "*Pleurotus Ostreatus*", with an average production of 262.49g, a yield of 23.86%, a biological efficiency of 90.24% and a precocity time of 19 days, the fruiting bodies of "*Pleurotus ostreatus*", analyzed recorded adequate percentages of protein (25.4%), therefore the harvested mushrooms are considered as a food that has an important nutritional value suitable for human consumption. It was concluded that the waste of cocoa, maize, banana and mixed percentages of yield and biological efficiency of 10% and 50% respectively, therefore, these residues can be used as substrates for the production of edible mushrooms "*Pleurotus Ostreatus*". It is recommended to combine these waste with other agricultural by-products from the area with the purpose of obtaining greater production.

Keywords: <EXACT AND NATURAL SCIENCES>, <HONGO (*Pleurotus Ostreatus*)>, <AGRICULTURAL WASTE>, <COMPLETELY DESIGN AT RANDOM>, <MYELIUM>, <FERMENTATION SOLID>, <BIOLOGICAL EFFICIENCY>, <PRECOCIDAD>.

INTRODUCCIÓN

El incremento poblacional es uno de los grandes problemas que los gobiernos actuales deben enfrentar, por consiguiente, se requiere mayores recursos para satisfacer las necesidades básicas, como es la alimentación, una de las fuentes de alimentos representa la agroindustria, proceso que a más de generar ingresos económicos, también originan sub productos que al no darles una disposición final adecuada generan contaminación ambiental. Los problemas antes mencionados ocurren in situ, pero la cadena productiva en todas sus etapas tiende a generar problemas ambientales, en especial por la falta de interés de las empresas en establecer alternativas tecnológicas para minimizar los impactos ambientales. De acuerdo al Ministerio de Agricultura y Ganadería en el país se generan al año una ingente cantidad de residuos, éstos generalmente son quemados, abandonados en el sitio de producción o arrojados en los ríos, constituyéndose un grave foco de contaminación para los ecosistemas por cuanto debido a su estructura lignocelulósica la biodegradación es lenta (Delfín y Dúran, 2003).

Existen varios métodos amigables con el ambiente que permiten aprovechar gran parte de los residuos agroindustriales, entre éstos esta la degradación aerobia, en los últimos años ha adquirido una gran relevancia la fermentación sólida que permite transformar los subproductos para obtener beneficios sociales, ambientales y económicos. La producción de hongos comestibles representa una alternativa para minimizar la contaminación ambiental que provocan los residuos ya que éstos constituyen una fuente de nutrientes que son utilizados para el desarrollo de los hongos, generando un alimento con alto contenido nutritivo y con propiedades nutraceuticas (Grodzinskaya, 2002), a su vez el sustrato remanente representa un excelente abono orgánico (Toledo, 2008).

En lo referente a los hongos como un producto de consumo, se debe destacar ciertas características en la cuales se fundamenta la importancia de su producción, una de ellas es que sus cuerpos fructíferos están conformados por el doble de proteínas en relación con el contenido normal de los vegetales, tienen disponibles los nueve aminoácidos esenciales, entre los que destacan la leucina y lisina, que se encuentran ausentes en la mayoría de los cereales. Poseen una elevada proporción de minerales, son bajos en calorías y carbohidratos, además se ha reportado que tienen características medicinales entre las que se destacan: retardar el crecimiento de tumores, disminuir el nivel de colesterol en la sangre y la presencia de elementos antioxidantes (Romero, et al., 2000).

Los hongos comestibles que más se han producido en los últimos años es el *Pleurotus ostreatus*, debido a la facilidad que presenta para ser cultivado, su potencial económico y su contenido

nutricional, éste a nivel de la naturaleza se desarrolla preferentemente en residuos leñosos, en hojas gruesas o ricos en biomoléculas lignocelulósicas como ramas, bagazos y troncos, características propias de los residuos agroindustriales

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad utilizar los residuos agroindustriales, cáscara de cacao, hoja de plátano y tusa de maíz como materia prima para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*, mediante la fermentación en estado sólido (FES).

Justificación de la investigación

Los cultivos de maíz, plátano y cacao en el país generan anualmente una gran cantidad de residuos, los cuales se encuentran conformados por la tusa de la mazorca del maíz, ya que el resto de residuos generalmente se utilizan como alimento para el ganado, en el caso del plátano son las hojas el residual a tener en cuenta, mientras que en el cacao la cáscara del fruto conforma su principal residuo, estos residuales poseen características físico-químicas idóneas para ser considerados como sustratos base en la producción de *Pleurotus ostreatus*, sin embargo en el país este potencial es desaprovechado, ya que los residuos generalmente son desechados acumulándose en los rellenos sanitarios o directamente son incinerados, por tal razón es importante determinar cuan productivo puede llegar a ser el cultivo del hongo aprovechando los residuos antes mencionados, de esta forma se generará una alternativa ecológica de manejo que puede ser implementada por los productores.

En la comunidad La Magdalena, la principal actividad agroindustrial esta representada por el cultivo de plátano, cacao y maíz, procesos que generan grandes cantidades de residuos como la cáscara de cacao, la hoja de plátano y la tusa de maíz, que al momento no tienen un destino final sino al contrario son abandonados o en el mayor de los casos quemados en el lugar de origen originando contaminación, pero que por sus características físicas químicas pueden ser utilizados como sustratos para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* generando un beneficio social, económico y ambiental para la comunidad.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

General:

Aprovechar los residuos de plátano, cacao y maíz como sustratos para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*, en la comunidad La Magdalena de Francisco de Orellana

Específicos:

- Realizar la caracterización física química de los residuos obtenidos de los cultivos de plátano, cacao y maíz.
- Determinar el rendimiento, eficiencia biológica y precocidad de la biomasa fúngica.
- Caracterizar la biomasa fúngica obtenida

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la investigación

El cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* se ha incrementado a nivel mundial, debido a su facilidad de producción a sus propiedades nutricionales así como por su exquisito sabor, y por sobre todo porque pueden utilizar los nutrientes que se encuentran en una gran variedad de residuos agroindustriales con características lignocelulósicas para su desarrollo; El cultivo, de este hongo comestible se caracteriza especialmente por tener un rápido crecimiento en un amplio tipos de sustratos utilizados como materia prima entre los que se pueden mencionar aserrín de varias especies arbóreas, residuos industriales y agrícolas como por ejemplo el olivo, jitomate, hojas de pino, hojas de plátano, hoja de avellana, desechos de algodón, rastrojo de maíz y palma de aceite.

La producción de *Pleurotus ostreatus* se realiza utilizando la fermentación sólida que constituye una de las técnicas más utilizadas en la actualidad, debido a su facilidad de implementación de la metodología, a los altos rendimientos de producción, a la facilidad de manejo de los residuos, así como a la inversión económica mínima que requiere este proceso biotecnológico.

Existen muchos trabajos de investigación relacionados con el cultivo del *Pleurotus ostreatus* utilizando como materia prima residuos agroindustriales entre los que se pueden destacar el realizado por Hurtado de Mendoza, et al., (2016), quienes realizaron el cultivo y producción de *Pleurotus ostreatus* (Hongo ostra) utilizando como sustrato las mazorcas de cacao donde evaluó el peso total de los carpóforos, el porcentaje de eficiencia biológica (E.B) y porcentaje de rendimiento (R). Se determinó que el tratamiento que presentó los mejores resultados al ser comparado con el resto fue el T5 (3 días de fermentación tratado por esterilización), en el cual se obtuvo una producción de 283g, el 31,22% de eficiencia biológica y 28,30% de rendimiento, valores que fortalecen la investigación realizada.

Díaz y Carvajal, (2014) evaluaron la producción de *Pleurotus ostreatus* utilizando como materia prima fibra de palma de aceite en combinación con salvado en diferentes concentraciones. Los resultados determinaron que no existen diferencias significativas entre los tratamientos F1 y F6 en cuanto a tamaño, número de carpóforos y se obtuvieron eficiencias biológicas de 29% y 28%

respectivamente. El tratamiento F6 determinó un rendimiento alto del 15.8% en comparación con el tratamiento F1 que registró el 13.12%. El análisis químico implementado a los sustratos remanentes determinó que el tratamiento F6 es idóneo para la alimentación del ganado. Los autores determinaron que la fibra de palma de aceite aporta en el crecimiento de *Pleurotus ostreatus*, comprobando su adaptabilidad a residuos agroindustriales.

Romero, et al., (2010), realizaron la investigación de producción de *P. ostreatus* en residuos de hoja de plátano comparado con otros residuos agroindustriales que se generan en el Municipio de Tetela de Ocampo-Puebla como la paja de trigo (*T. aestivum*), paja de cebada (*H. vulgare*), pajilla de frijol (*P. vulgaris*) y rastrojo de maíz (*Z. mays*). Los resultados demuestran que se obtuvo un adecuado crecimiento del micelio en las hojas de plátano mientras que la mejor eficiencia biológica, se obtuvo en la paja de trigo, con $129,34 \pm 9,1\%$, seguida de la hoja de plátano registró el $123,30 \pm 0,7\%$, en cambio la pajilla de frijol obtuvo la eficiencia biológica más baja que fue $82,91 \pm 0,4\%$, los resultados obtenidos en esta investigación demostraron la factibilidad de cultivar *Pleurotus ostreatus* bajo condiciones rústicas.

Rivera, et al., (2013), evaluaron en su investigación el uso de residuos agrícolas, como una opción proteica para la producción de *Pleurotus ostreatus* en el corregimiento de Llacuanas, Municipio de Almaguer (Cauca). El diseño experimental utilizado fue de tipo DCA (diseño completamente al azar), para ésto se implementó cuatro tratamientos, con cinco repeticiones para cada uno de éstos, se tomó en cuenta variables físicas como el color, la textura y productivas como la colonización, peso y diámetro. El análisis ADEVA mostró que existen diferencias estadísticas significativas tanto para peso, como para diámetro, mientras que la prueba post hoc de Duncan, indicó que los mejores tratamientos fueron el 1 y 2, los cuales estaban conformados por bagazo de caña, cáscara de plátano, salvado de maíz y cal agrícola en distintas proporciones, sustratos conformados por un alto porcentaje de carbohidratos estructurales que aportan en el crecimiento del hongo.

Sánchez, et al., (2008), analizaron la producción de *P. pulmonarius* (IE-4) y *P. ostreatus* (IE-8), a partir de la fermentación sólida (FS) del rastrojo de tomate (RT), combinado con madera de vid (MV) y paja de trigo (PT); las proporciones fueron: RT (1:0), RT-MV (1:1) y RT-PT (1:1), estas combinaciones se evaluaron en función a los siguientes parámetros: eficiencia biológica (EB), tasa de producción (TP) y rendimiento (R). La EB varió de 92.0 a 139.8 %, el valor mayor porcentaje lo registró RT (IE-4); la TP de 1.4 a 2.9 % y el R de 6.4 a 9.8 %. Los porcentajes de proteína y grasa de los sustratos se redujeron de forma significativa en todos los tratamientos, después de la FS con *Pleurotus*, a excepción de RT-PT (IE-4), tratamiento en el cual el porcentaje de grasa fue similar al testigo. El RT presentó un potencial adecuado para ser utilizado como fuente lignocelulósica en la producción de *Pleurotus spp.*

Vargas, et al., (2012), evaluaron la hojarasca de roble en arboles relicto del bosque de la Vereda, como sustrato alternativo para el desarrollo de *Pleurotus ostreatus*, se eligió árboles maduros con un DAP de 35 a 37 cm, de los cuales se obtuvo una media de 7,41 kg de hojarasca por cada espécimen. Se determinó el crecimiento del hongo en la hojarasca mezclada con el bagazo de caña y 5 sustratos adicionales: T1 - bagazo al 100%, T2 - roble al 100%, T3 – roble al 75% y 25% de bagazo, T4 - roble al 50% y 50% bagazo y T5 - roble al 25% y 75% bagazo, se obtuvo eficiencias biológicas del 221,1%, 44,35%, 52,78%, 90,30% y 109,12% respectivamente, además, se determinó que se da una relación inversa entre la cantidad de hojarasca de roble y las eficiencias alcanzadas, debido a las características coriáceas y cerosas de las hojas, los carpóforos cosechados generalmente tenían un diámetro de 5 a 12 cm. Se produjeron cambios en la composición de los sustratos remanentes, como un aumento de minerales y proteínas y una reducción de la fibra en el bagazo de caña y en la hojarasca de roble, lo que les convierte en alimentos aptos para animales poligástricos por el porcentaje de proteína micelial y celulosa, además de tener un menor porcentaje de lignina.

Estas investigaciones justifican la realización del presente trabajo ya que los datos obtenidos indican la factibilidad de producir *P. ostreatus* en residuos provenientes de actividades agrícolas.

1.2. Los hongos

Son organismos unicelulares, pluricelulares o dimórficos cuya estructura no posee clorofila, por tal razón, son de tipo heterótrofos ya que generan sus alimentos por absorción, siendo el compuesto principal de sus células la quitina. La parte vegetativa de los hongos filamentosos se encuentra conformada por filamentos finos denominados hifas, las que tiene un crecimiento apical y su conjunto forma el micelio (Hernández, et al., 2010).

Los hongos se clasifican en dos grandes grupos: microscópicos y macroscópicos. En el caso de los hongos macroscópicos, el micelio conforma una masa de características algodonosas y de color blanco, la cual constituye el cuerpo de reproducción, estos hongos se subdividen en Ascomycetes y Basidiomycetes, tienen reproducción asexual y/o sexual. A los hongos macroscópicos también se les llama Macromycetes y su distribución es variada en el planeta ya que pueden crecer en distintos climas, presentándose una variedad de géneros los cuales crecen en rangos de temperatura que van de los 4 °C a los 60 °C, partiendo del nivel del mar hasta sobrepasar los 4000 m.s.n.m. y en variados tipos de residuos (Hernández, et al., 2010).

1.2.1. Hongos Macromycetes

Están conformados por hifas alargadas y ramificadas que al unirse forma cordones y cuerpos de reproducción que están a la vista y se pueden medir. Son de tipo saprófitos ya que se desarrollan en materia en descomposición mediante la absorción de la parte orgánica, para esto generalmente el hongo realiza simbiosis con la vegetación para formar ectomicorrizas, además pueden ser parásitos al colocarse sobre la superficie de los árboles. Pueden ser comestibles, venenosos e incluso tienen efectos psicoactivos. Para su crecimiento requieren de humedad y de sombra que les proporciona las coberturas vegetales (Saldarriaga, 2001).

1.2.2. Ciclo de vida de los hongos Macromycetes

Su reproducción se da por esporas, éstas son expuestas al exterior cuando se abre el píleo para que la especie pueda propagarse. Las esporas son transportadas por el viento y el agua, y al depositarse en lugares idóneos, éstas germinan formando un extenso filamento de células llamado hifa, la misma que se desarrolla a partir de su extremo facilitándole el deslizamiento hacia adelante. La materia vegetativa será descompuesta a través de las enzimas que liberan las hifas (Saldarriaga, 2001).

Los nutrientes que son liberados son absorbidos y utilizados para mantener el desarrollo y promover la fructificación. De esta forma, todos los alimentos encontrados serán eficientemente acaparados para que la colonia pueda expandirse hasta encontrar nuevas fuentes de alimento (Solomon, et al., 1996). La ramificación y crecimiento de las hifas dan lugar a una red de células llamadas micelios, mismas que componen una parte estructural vegetativa del cuerpo del hongo, en los sustratos, los micelios de la seta pueden ser observados desarrollándose bajo las coberturas vegetativas.

1.2.3. Clasificación de los hongos Macromycetes

1.2.3.1. Ascomycetes

Los Ascomycetes se encuentran en una gran diversidad de hábitat como el suelo, el agua, coprófilos (excrementos de herbívoros), saprobios de animales y plantas. De este grupo forman

parte miembros microscópicos y macroscópicos, generalmente son epigeos, a pesar de ésto existen miembros que son totalmente hipógeos (Koneman, 1997).

Pueden ser unicelulares o estar conformados por un micelio formado por hifas de paredes quitinosas, con septos transversales incompletos, por su parte las hifas, pueden ser uni o multinucleadas, homocarióticas o dicarióticas con ramificaciones. Su principal característica es que, como resultado de su reproducción sexual, se generan unos sacos o bolsas denominados ascos, éstos contienen en su interior las esporas de origen sexual. Las estructuras productoras de ascos se llaman ascocarpos. No están conformados por células flageladas en ningún nivel. Ciertas especies forma asociaciones con algas formando líquenes denominados ascolíquenes (Hernández, et al., 2010).

En la gran mayoría de las especies se generan cuerpos fructíferos macroscópicos o microscópicos que poseen uno o varios ascocarpos, debido a ésto algunas especies no son capaces de formar cuerpos fructíferos ni ascocarpos, por tal razón los ascos quedan descubiertos y diseminados en todo el micelio (Saldarriaga, 2001).

1.2.3.2. Basidiomycetes

Las esporas que le dan la denominación a este grupo son las basidiosporas, se generan exógenamente en órganos específicos, denominados basidios. En los Basidiomycetes superiores normalmente se producen cuatro basidiosporas y los basidios forman líneas aserradas en los grandes basiocarpos carnosos. (Stamets, 2002).

Una de las características más relevantes de los Basidiomycetes es la descomposición de la madera, papel y otros residuos de productos naturales, para ésto los Basidiomycetes son capaces de generar celulasas o enzimas que tienen la capacidad de catabolizar la lignina y ocuparla como fuente de carbono y energía. El proceso de descomposición de la lignina en la naturaleza es ejecutada por un pequeño grupo de hongos basidiomycetes, denominados hongos de podredumbre de la madera de color: marrón; siendo la que degrada la celulosa pero no la lignina y la blanca; en la que los dos polímeros son degradados de manera eficiente (Stamets, 2002).

1.3. *Pleurotus Ostreatus*

Pleurotus ostreatus es un hongo considerado como parásito débil o conocido como saprofítico, es un descomponedor que forma parte del grupo de la podredumbre blanca el cual se desarrolla de manera natural en árboles (aliso, arce y balso) que se encuentran en los valles de los ríos, en especial en zonas con abundante humedad. La palabra *Pleurotus* proviene del griego “*pleuro*”, cuyo significado es formado en posición lateral o lateralmente, en relación con la posición del estípite con respecto al píleo. La palabra “*ostreatus*” viene del latín, que significa en forma de ostra y para este caso se hace referencia al color y apariencia del cuerpo fructífero (Stamets, 2002).

Con el pasar de los años todas las especies del género *Pleurotus* se han convertido en una alternativa de producción y consumo, que cada vez se va incrementándose, por cuanto este puede desarrollarse en una gran variedad de materiales considerados subproductos, su crecimiento micelial es acelerado, los requerimientos nutricionales son simples, y que gracias al sistema multienzimático que posee le permite biodegradar la mayoría de los residuos disponibles (Chegwin, 2010).

Este tipo de hongos forman parte del grupo de los macromycetes o macroscópicos, los cuales a pesar de tener la misma forma de crecimiento de los hongos microscópicos (hifas y micelio), poseen una característica en particular, que, es desarrollar un cuerpo fructífero, aéreo o carpófago, el cual es identificado como “hongo”.

1.3.1. Clasificación taxonómica y morfología

En la tabla 1-1 se muestra la clasificación taxonómicamente de *Pleurotus ostreatus*

Tabla 1-1. Clasificación taxonómicamente de *Pleurotus ostreatus*

Reino	Fungi
Subreino	Fungi Superior
División	Basidiomycota
Subdivisión	Basidiomycotina
Clase	Himenomycetes
Orden	Agaricales
Familia	Tricholomataceae
Género	<i>Pleurotus</i>
Especie	<i>ostreatus</i>

Fuente: Hernández y López, (2010)

Pleurotus ostreatus tiene características típicas de un hongo agarical, por lo general su base se encuentra cubierta por una capa micelial y tiene carne blanca y delgada. El píleo al llegar a su etapa de madurez toma la forma de una concha, sus láminas son blanquecinas o de una coloración cremosa, lugar donde se ubican los basidios no tabicados con cuatro basidiosporas de color blanco y forma elíptica de 8 a 11 x 3 a 4 mm (Hernández y López, 2010).

El píleo posee una superficie brillante, lisa, cuya viscosidad disminuye cuando está húmedo. El estípite es por lo general corto de 1-4 x 1-2 cm, con lámelas de color blanquecino, decurrentes y considerablemente espaciadas y las esporas cuando se encuentran en masa son de color blancas o gris blanquecino. *Pleurotus ostreatus* tiene un píleo de 4-13 cm de diámetro, rara vez presenta tamaños superiores, lo cual está en función de las condiciones que tengan para la fructificación. La superficie superior puede tener color diferente, que van desde blanquecinos, grises hasta azulados, dependiendo de la intensidad de luz que esté expuesto. Su borde es ondulado, delgado y suave, en ocasiones es enrollado (Hernández y López, 2010).

1.3.2. Historia del cultivo de *Pleurotus ostreatus*

No se sabe con exactitud la fecha en la cual comenzó el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, pero se han dado a conocer diversas hipótesis. De acuerdo con lo mencionado por Zadrazil, (1978), *Pleurotus ostreatus* se ha cultivado en diferentes lugares de Europa desde el año 1900, entre los géneros más conocidos están; Agaricus, Lentinula, Auricularia, Volvariella, Flammulina y *Pleurotus*. Por su parte García, (1987), menciona que *Pleurotus ostreatus* no se ha cultivado en el continente europeo sino hasta después del año 1960, aunque se considera que antes ya se cosechaba para el consumo, que eran recolectados de los troncos de árboles que se encontraban en descomposición (Hernández y López, 2010).

Los primeros cultivos se iniciaron en: Francia, Italia, Hungría y Checoslovaquia, para esto se usaba troncos en los cuales se hacían zanjas para la incubación, posteriormente se sometían a riegos constantes para así lograr que se formen los cuerpos fructíferos. *Pleurotus ostreatus*, a inicio de los 90, era el segundo hongo más cultivado a nivel mundial, trascurridos cinco años más, de la producción total de hongos comestibles en el mundo, el 24% son *Pleurotus ostreatus* y múltiples especies relacionadas. Miles y Shang (1997), mencionan que, en la última década del siglo XX, la totalidad de producción de *Pleurotus sp.* fue superior a las 250 000 toneladas.

1.3.3. Composición nutricional de *Pleurotus ostreatus*

El valor nutritivo del *Pleurotus ostreatus* es elevado, debido a que está constituido por vitaminas, minerales y especialmente por proteínas las mismas que contienen los aminoácidos esenciales como: fenilalanina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptófano, valina, arginina e histidina dichos componentes proteicos son necesarios para el correcto funcionamiento del organismo (Tabla 2-1) además es muy apetecible en muchas regiones, debido a su sabor agradable, se le conoce también como "bistec vegetal", gracias a su alto valor proteico y por tener buenas características organolépticas y ser fácilmente asimilable (Fennema, 2000).

Con relación al contenido de minerales, *Pleurotus ostreatus* presenta bajo contenido en sodio y en grasa, pero tiene una concentración alta de potasio, lo cual es substancial para los estados de hipertensión, de enfermedades cardiovasculares y contrarrestar la obesidad., también están presentes otros minerales como: fósforo (P), sodio (Na), magnesio (Mg), calcio (Ca), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn) y cobre (Cu), en algunas de sus etapas de desarrollo se han determinado altos contenidos de vitamina C (ácido ascórbico), así como ergosterol el mismo que constituye una fuente de vitamina D (Potter y Hotchkiss, 1995).

Además, se ha observado que los animales en épocas de enfermedad o apareamiento se alimentan de *Pleurotus ostreatus*, por lo que se especula que podría servir como sedante, estimulante sexual o que ejerza sobre ellos un efecto positivo al momento de tener una enfermedad (Potter y Hotchkiss, 1995).

Tabla 2-1. Composición nutricional de *Pleurotus ostreatus*

Parámetro	%
Agua	92.2
Materia Seca	7.8
Ceniza	9.5
Grasa	1
Proteína bruta	39
Fibra	7.50
Fibra cruda	1.40
N total	2.40
Ca	33mg/100g
P	1.34mg/100g
K	3793mg/100g
Fe	15.20mg/100g
Ácido ascórbico	90-144mg/100g
Tiamina	1.16-4.80mg/100g
Niacina	46-108.7mg/100g
Ácido fólico	65mg/100g

Fuente: Romero, et al., (2000)

1.3.4. Etapas del cultivo de Pleurotus ostreatus

El cultivo de *Pleurotus ostreatus*, tiene las mismas fases de desarrollo que las de los hongos comestibles en bloques estériles, aunque se diferencian en los periodos de fructificación e incubación, debido a que es primordial proporcionar las condiciones ambientales del lugar de producción, de esa manera permitir simular sus condiciones de crecimiento en su ambiente natural.

1.3.4.1. Condiciones de Incubación

El área de incubación debe ser una zona fresca, oscura y cerrada con el fin de mantener la humedad relativa entre 70-80%. El periodo de incubación es de 22-30 días, donde es necesario que la temperatura del área de incubación se encuentre entre los 23 y 24 °C (Hernández y López, 2010).

1.3.4.2. Condiciones de fructificación

En esta etapa es necesario aumentar la humedad relativa de 80% a un 93%, para estimular la formación de los cuerpos fructíferos. Este proceso se puede realizar en el mismo sitio o área de incubación, siempre y cuando el sustrato haya sido colonizado en su mayoría por el micelio, La temperatura debe mantenerse entre los 16 °C y 18 °C (Hernández y López, 2010).

*1.3.5. Importancia del cultivo del *Pleurotus ostreatus**

El cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* tiene mucha importancia, desde el punto de vista ambiental por cuanto permite utilizar como materia prima y residual para transformarlo al mismo en un alimento para animales o a su vez utilizarlo como abono orgánico. Su cultivo ha logrado un desarrollo significativo debido a la capacidad de reproducirse en varios sistemas de sustratos y procedimientos tecnológicos relativamente sencillos.

1.3.5.1. Nutrición humana

Las proteínas que contiene el hongo ostra son de un alto valor nutricional en comparación con las proteínas de las plantas, ya que poseen propiedades parecidas a las proteínas que provienen de los animales (Sánchez y Royse, 2001).

El hongo ostra contiene en su estructura 14 % de fibra cruda y 57 % de carbohidratos y; del cual el 47 % es fibra dietética, la vitamina C también se encuentra en grandes cantidades, va de los 90 a 144 mg/100 g del peso seco, por este motivo es fuente de antioxidantes, además se lo considera rico en porcentajes de tiamina (B1), riboflavina (B2), ácido pantoténico (B3), ácido ascórbico (C) y biotina (Sánchez y Royse, 2001).

1.3.5.2. Propiedades medicinales

Se ha comprobado que el consumo de *Pleurotus ostreatus* al estar compuesto de diferentes tipos de estatinas, ayuda a la prevención del incremento de colesterol. Debido a los mínimos contenidos de sodio y grasa, junto al nivel de potasio alto, permiten que sea un alimento útil

para personas con hipertensión y trastornos cardiovasculares, de la misma manera para disminuir la obesidad (Hernández y López, 2010).

1.3.5.3. Alimento para ganado

El sustrato remanente posee un amplio conjunto de proteínas en relación con el inicial, a más de esto tiene la capacidad de retener agua y transportar nutrientes líquidos. La lignina que compone el sustrato es descompuesta por el hongo y la transforma en una sustancia más asimilable para la nutrición del ganado. (Sánchez y Royse, 2001).

1.3.5.4. Control biológico

Se ha determinado que los hongos que poseen la capacidad de degradar la madera, pueden ser agentes capaces de controlar a los nemátodos, ya que utilizan los nutrientes de estos parásitos para su desarrollo, complementariamente las especies de *Pleurotus* generan cantidades pequeñas de toxinas que al entrar en contacto con los nemátodos los vuelve inmóviles (Sánchez y Royse, 2001).

1.4. Residuos

Son aquellos materiales que han sido desechados después de haber terminado su vida útil, generalmente por sí solos no poseen un valor económico. Los residuos se conforman principalmente de materiales que provienen de la fabricación, transformación o utilización de bienes que han sido consumidos, generalmente son aptos para ser reutilizados a partir de la correcta implementación de un proceso de reciclado o reutilización (Inforeciclaje, 2018).

1.4.1. Residuos agroindustriales

Residuo agroindustrial se considera a la materia que después de haber sido utilizada o manipulada, ya no posee un valor para la industria que la genera y que por lo general no se le da un manejo posterior adecuado situación que trae como consecuencia la contaminación del ambiente al no darle un destino adecuado. (Qhizhpilema, 2013).

Las actividades agroindustriales a nivel mundial generan altas cantidades de residuos que generalmente están conformados por tallos, rastrojos, hojas y otras estructuras restantes de los cultivos de gramíneas y frutas, a su vez, una parte de éstos son incinerados para utilizar las cenizas como fertilizantes y otra parte es añadida al suelo para que cumpla las funciones de abono orgánico (Típan, 2016).

1.4.2. Problemas ambientales de los residuos agroindustriales

Los residuos de los cultivos agrícolas o de las industria agroalimentarias que se generan en grandes cantidades se encuentran, dispersos por toda la superficie terrestre, como es el caso de los monocultivos de palma, plátano, algodón entre otros, en general este tipo de residuos están conformados por , lignina y celulosa, por tal razón su biodegradación es lenta, lo que ocasiona su acumulación, produciendo un desequilibrio en el ciclo natural de los recursos vegetales, ocasionando un grave impacto ambiental (Sinergia, 2003).

Estos residuos al ser abandonados constituyen un foco de infección para el ambiente, ya que al ser acumulados y expuestos a la intemperie éstos inician procesos de pudrición, que contaminan las aguas superficiales y suelos, estos residuos también generan un problema grave que se genera debido a su acumulación, y es de atraer una gran cantidad de mosquitos que pueden transformarse en vectores de transmisión de enfermedades observando un deterioro en el nivel paisajístico (Sinergia, 2003).

1.4.3. Composición química de los residuos agroindustriales

Los residuos agroindustriales están constituidos en su mayoría de compuestos lignocelulósicos, los cuales están conformados por las biomoléculas hemicelulosa y celulosa y lignina, éste último se caracteriza por ser un polímero aromático, siendo su monómero con el fenil-propano. En esta matriz también están presentes compuestos denominados extractivos los cuales se caracterizan por tener un reducido peso molecular (Qhizhpilema, 2013).

1.4.3.1. Celulosa

Es el componente más simple del material lignocelulolítico de las plantas, es el polímero con mayor presencia en la biósfera. Se encuentra conformado por repetidas unidades de monómeros de β -glucosas unidas por enlaces β -1,4. En función de su estructura las cadenas de celulosa se encuentran enlazadas por puentes de hidrógeno intermoleculares que conforman agregados (microfibrillas). La celulosa es una molécula que brinda estructural soporte en la vegetación, además forma una estructura impermeable debido a ésto es insoluble en agua y resistente a procesos de hidrólisis (Altas y Bartha, 2006).

1.4.3.2. Hemicelulosa

Es un polímero heterogéneo, esta formada por pequeñas cadenas de polímeros heterogéneos que poseen en su estructura hexosas (azúcares de 6 C como la glucosa, manosa y galactosa), así como de pentosas (azúcares de 5 C como la xilosa y arabinosa), dependiendo de las especies vegetativas los azúcares se unen con ácidos urónicos para conformar estructuras poliméricas variadas que son capaces de relacionarse con la celulosa y la lignina. Los tres polímeros que tienen una mayor relevancia son los xilanos, mananos y arabino galactanos (Altas y Bartha, 2006).

1.4.3.3. Lignina

La lignina es una estructura compleja, tridimensional, globular, insoluble y de un gran peso molecular, esta conformada por unidades de fenilpropano, donde sus enlaces se pueden hidrolizar por vía química o enzimática. Esta molécula posee una gran variedad de enlaces entre sus anillos de fenilpropano (Altas y Bartha, 2006).

La lignina proporciona a la planta tener rigidez formando parte de los mecanismos de resistencia al estrés y a posibles ataques microbianos. En las plantas esta estructura se enlaza químicamente a la hemicelulosa, cubriendo las fibras conformadas por la celulosa (Altas y Bartha, 2006).

1.4.3.4. Extractivos

Son sustancias que forman parte de las variadas fibras vegetales, pero no forman parte de los carbohidratos, entre éstas tenemos los ácidos grasos, terpenos, fenoles y resinas. En su mayoría estos compuestos se disuelven en agua o con disolventes orgánicos polares como por ejemplo el metanol, etanol o acetona, de este tipo de elementos algunos pueden ser utilizados por los hongos Macromycetes (Altas y Bartha, 2006).

1.4.4. Residuos agroindustriales para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*

El cultivo de *Pleurotus* en residuos agrícolas es considerado como un proceso eficiente en la producción de alimentos. Debido a que los hongos comestibles convierten los residuos agrícolas en nutrientes para su desarrollo, transformándose en una fuente de proteína de bajo costo, además, este tipo proceso a escala pequeña se implementa de forma adecuada y rápida en los países en desarrollo que requieran de una tecnología sencilla (Típan, 2016).

Para la producción de *Pleurotus ostreatus* se usa una gran diversidad de residuos, entre los cuales se tiene la paja de trigo, algodón, sorgo, avena y centeno, cortezas y viruta de madera, subproductos del algodón (tallo y hojas), heno, del maíz (tusa, tallo y hojas) y menta (hojas), desperdicios y plantas de café, cáscaras de maní, harina de soya, cáscaras de las semillas de girasol, yuca y sus desperdicios, cabuya, residuos de papel (periódicos, cartones, revistas cuadernos), hojas de plátano, te y limón, cactus, la fibra del coco, el bagazo de la caña, la paja del arroz, entre otros (Qhizhpilema, 2013).

1.4.4.1. Maíz

Es de origen americano, su nombre científico es *Zea mays*, perteneciente a la familia Poaceae, del orden Poales, fue el alimento básico de las culturas americanas siglos antes de la colonización española, la planta primitiva no se diferencia de la moderna en sus características botánicas básicas, siendo antes y ahora una planta de porte robusto cuya producción es anual, tiene un tallo simple erecto, cuya altura puede alcanzar los 4 metros, sin presencia de ramificaciones, no tiene la presencia de entrenudos e internamente está conformado por una médula esponjosa, la inflorescencia es de tipo monoica masculina y femenina que se encuentra separada en la misma planta, las hojas con largas y grandes, con forma lanceolada, alternas y paralelinervias, las raíces son de tipo fasciculadas cuya principal función aparte de la absorción

de nutrientes es proporcionar un correcto anclaje a la planta; el maíz requiere una temperatura de 25 °C a 30 °C, con una alta incidencia de la luz solar, siendo los climas húmedos donde se presenta un rendimiento más bajo, puede soportar temperaturas de hasta 8 °C, a partir de los 30 °C se producen problemas de absorción de nutrientes, minerales y agua (Izquierdo, 2012).

El cultivo del maíz como tal genera una elevada cantidad de biomasa, del total de biomasa producida alrededor del 50% representa el grano que se utiliza para el consumo humano, el sobrante, lo conforman las diversas partes de la planta, como lo es la caña, la hoja, los limbos y las tuzas. La producción de biomasa residual que se genera en un cultivo de maíz se encuentra entre las 20 y 35 ton/ha, en el caso del maíz de choclo (cañas y hojas), este residual fluctúa entre las 16 a 25 ton/ha. Las proporciones entre las partes de la planta que conforman el residuo generalmente depende de la variedad cultivada, los niveles de fertilización aplicados y las técnicas de implementación utilizadas en el cultivo (Tabla 3-1) (Imba y Tallana, 2011).

Tabla 3-1. Estructuras de los residuos del cultivo de maíz

Estructura	Porcentaje
Panoja	12
Tallos	17.60
Chalas	8.9
Caña	38.5
Mazorca	11.8
Grano	49.7
Espiga	61.5

Fuente: Imba y Tallana, (2011)

Cada una de las partes de la planta tiene características fisicoquímicas propias, por lo tanto, su valor nutricional es variado, en función a si el residuo pertenece a maíz de grano o maíz para consumo fresco. El tallo, es la parte de la planta que posee las estructuras más lignificadas y con el menor porcentaje de proteína bruta (3.10%), por su parte los porcentajes de las hojas varían entre el 4% y el 7%, con lo que respecta a los contenidos de celulosa y lignina en la tusa de maíz los cuales se detallan en la tabla 4-1 (Imba y Tallana, 2011).

Tabla 4-1. Porcentaje de compuestos lignocelulósicos en la tusa de maíz

Composición química	Porcentaje
Lignina	1.57
Celulosa	5.28

Fuente: Imba y Tallana, (2011)

1.4.4.2. Cacao

El cacao es una planta de procedencia americana, su nombre científico es *Theobroma cacao*, pertenece a la familia Malvaceae, del orden Malvales, fue uno de los principales cultivos domesticados de Mesoamérica, cabe recalcar que hasta antes de la colonización española éste creció de forma silvestre en la zona tropical del continente. Es una planta de tipo perenne de altura baja, ésta alcanza unos seis metros aproximadamente, con ramas dispersas que tienen un marcado dimorfismo, las hojas son pequeñas, pecioladas, elípticas, oblongas y ovaladas de 15 a 30 centímetros de largo, redondos y obtusos en la base. Las flores son hermafroditas, actinomáficas, pentámeras, se presentan encima de la corteza vieja, ésta puede ser del tronco, las ramas principales o en las ramificaciones secundarias, los frutos denominados mazorcas, se caracterizan por ser una drupa de tamaño grande indehiscente que se sostiene en un pedúnculo leñoso que se genera cuando engrosa el pedicelo de la flor, se puede cultivar con temperaturas que se encuentren entre los 18 °C y 25 °C, con precipitaciones que varíen entre los 1500 mm a 2500 mm en el año, en alturas que se encuentren entre los 180 y 600 msnm (Tuchan, 2004).

A partir de la fase de cosecha hasta la fase de procesamiento, la producción de cacao genera un sin número de desperdicios, aproximadamente se produce 10 toneladas de desperdicios en relación con una tonelada de semillas secas sembradas. Los desperdicios están constituidos por la pulpa de las semillas y cáscara del fruto, elementos que tienen porcentajes elevados de polifenoles, polisacáridos, alcaloides, taninos y azúcares (Tabla 5-1) (Ardila y Carreño, 2011).

Tabla 5-1. Composición química de la cáscara de cacao

Contenido	%
Proteína	8.69
Nitrógeno total	1.39
Materia orgánica	60.14
Grasas	1.40
Humedad	15.25
K	4.70
Na	0.05
P	0.15
Ca	1.12
Zn, Mn, Co	Trazas

Fuente: Ardila y Carreño, (2011)

A la cáscara del cacao se la conoce como un desperdicio de la etapa productiva en la obtención del cacao, sin embargo, una porción de este desperdicio se maneja como abono orgánico el cual es aplicado directamente en el cultivo del mismo. El uso que se le da a este residuo tiene ciertas limitantes ya que éste se puede transformar en un medio de cultivo para la difusión de patógenos, mismos que perjudican al cultivo propiamente dicho, a pesar de ello, existen varios estudios que hacen referencia al uso de la cáscara de la mazorca de cacao, entre éstos se puede destacar el uso como alimento para el ganado en granjas integrales, además de ser un precursor para la producción de sales de potasio que son ampliamente usadas en el jabón (Ardila y Carreño, 2011). Otro de los usos más recurrentes para la cáscara es como sustrato de crecimiento para los la producción de hongos comestibles como el *Pleurotus ostreatus* (Tabla 6-1).

Tabla 6-1. Porcentaje de compuestos lignocelulósicos en la cáscara de cacao

Composición química	Porcentaje
Lignina	32.4
Celulosa	17.39
Hemicelulosa	6.38

Fuente: Marina y García, (2012)

1.4.4.3. Plátano

El plátano es una planta monocotiledónea, forma parte del orden de los Zingiberales y pertenece a la familia Musaceae, su nombre científico es *Musa paradisiaca*; es de tipo herbácea perenne gigante, posee un rizoma corto y un tallo aparente que se forma por la unión de las vainas foliares, alcanza una altura aproximada de 3.5 m a 7.5 m. Antes de la inflorescencia se distinguen de siete a nueve hojas de gran tamaño, como tales las hojas son grandes, alargadas y ovaladas con nervaduras paralelas y abundantes, formando un ángulo casi recto con el nervio central, el verdadero tallo es un rizoma grande y subterráneo, conformado por yemas, éstas se forman cuando la planta ha florecido y fructificado. Después que los pseudotallos han generado un racimo con frutos, éste ya no tiene ninguna utilidad por esta razón al mismo se corta y trocea para integrarlo como abono del terreno (Valenzuela, 2012).

Restos del fruto, las hojas y los pseudotallos por lo general forman parte de los desperdicios de la cosecha del plátano. La relación existente entre el producto del cultivo de plátano y el desperdicio, por lo general es de 2:1. Los desperdicios lignocelulósicos son trasladados a vertederos a cielo descubierto o por el contrario permanecen sobre el suelo. A las hojas del cultivo de plátano se las conoce como las más extensas del reino vegetal, poseen las nervaduras pinnadas y márgenes lisos, son de color amarillo verdoso o claro verde, poseen una tendencia a quebrarse fácilmente en las nervaduras, por ende, tiene un semblante desaliñado. Estas plantas poseen por lo general entre 5 y 15 hojas, donde para considerarla como madura debe tener un número de 10. Las hojas son tiernas, oblongas, lisas, con la base ligeramente cordiforme o redonda, con el ápice trunco, verdes y más claras por el haz (Alban, 2014).

Poseen altos porcentajes de compuestos lignocelulósicos tanto los pseudotallos, como las hojas (Tabla 1-7), además de ello los residuos de fruto tienen en su estructura una alta concentración de micronutrientes. Por las características antes mencionadas se considera a las hojas como sustratos eficaces para la producción de ciertos hongos basidiomicetos, de manera especial los hongos de la podredumbre blanca, los cuales por su capacidad de generar enzimas ligninolíticas tiene la posibilidad de descomponer de forma completa la lignina y sintetizar metabolitos de gran relevancia para la industria farmacéutica, colorante y alimentaria (Albán, 2014).

Tabla 7-1. Porcentaje de compuestos lignocelulósicos en la hoja de plátano

Composición química	Porcentaje
Lignina	6.2
Celulosa	35
Hemicelulosa	20

Fuente: Cuellar, (2016)

1.5. Fermentación

Los procesos fermentativos producen cambios químicos en los compuestos orgánicos cuando interviene la maquinaria enzimática que poseen los microorganismos, durante este proceso se obtienen una gran cantidad y diversidad de metabolitos entre los que se destacan; enzimas, carbohidratos, proteínas, lípidos y otros de uso alimentario y farmacéutico, además se puede generar suplementos y aditivos como vitaminas, conservantes, aromatizantes o colorantes naturales (Ospina, et al., 2012).

1.5.1. Tipos de fermentación

1.5.1.1. Fermentación anaerobia

La transformación anaerobia, o fermentación anaerobia de la materia orgánica, se da por un proceso de degradación sin la presencia del oxígeno a través de microorganismos, generando productos de uso comercial. La principal fermentación anaeróbica, está representada por la digestión anaeróbica que produce el biogás, que es una combinación de varios componentes, donde en un mayor porcentaje está conformado por metano, además se encuentra una variada cantidad de elementos como el CO₂, NH₂, SH₂, entre otros, en distintos porcentajes (Ambientum, 2015).

1.5.1.2. Fermentación aerobia

La transformación aerobia, o fermentación aerobia, de la materia orgánica se da por un proceso de degradación con la presencia del oxígeno por medio de microorganismos, generando principalmente dióxido de carbono, agua y varios componentes residuales (Ambientum, 2015).

1.5.1.2.1. Fermentación líquida

La fermentación líquida (FL), cultivo en medio líquido (CML) o Fermentación sumergida (SmF) se da en un medio de tipo homogéneo, lo cual facilita llevar un control adecuado del proceso. Debido a la mayor capa de agua que ésta contiene hace que impida la transferencia del O₂ en el proceso de fermentación, y de esta manera dificulta su llegada a la célula. Una gran parte del gasto energético que se produce en la fermentación líquida tiene que ver con la necesidad de abastecer la demanda de oxígeno para el normal crecimiento de los microorganismos (Chávez, 2006).

1.5.1.2.2. Fermentación sólida

La fermentación en medio sólido básicamente se da a través del crecimiento de los microorganismos en materiales o residuos sólidos con la ausencia de líquido libre cabe recalcar, que esto no quiere decir que el proceso se lleve a cabo sin la presencia total del agua. Los límites máximos de humedad pueden variar del 40% al 80 % y por el contrario el mínimo será del 12%, ya que debajo de este porcentaje cesa la actividad biológica, en estas condiciones se ven favorecidos microorganismos como los hongos, debido a su capacidad de desarrollarse en medios con altos y bajos porcentajes de agua, este tipo de fermentación es considerado como un sistema heterogéneo complejo, ya que coexisten las fases sólidas, líquidas y gaseosas. En este tipo de fermentación es importante el tipo de sustrato utilizado como fuente de nutrientes. (Chávez, 2006).

1.5.2. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* por fermentación en estado sólido

El procedimiento más utilizado para la fermentación en estado sólido consiste en poner en un sustrato el micelio del hongo y hacerlo desarrollar hasta alcanzar la etapa de producción, éste se implementa cuando en el sistema no tiene presencia de agua libre. Para que el proceso se lleve a cabo es necesario que el agua se encuentre retenida dentro de una sección del sustrato o que se encuentre adsorbida en la parte superficial de las partículas (Borja y Segura, 2016).

Este proceso es una alternativa para el manejo y uso de varios subproductos lignocelulósicos, por otro lado, la implementación de la fermentación en estado sólido mejora las características fisicoquímicas de los residuos orgánicos y la composición nutricional, los cuales pueden ser

utilizados como abono de los suelos o como un suministro de alimento para los animales (Borja y Segura, 2016).

La producción de hongos a través de métodos de fermentación sólida es afectada por varios factores físicos y químicos, además de las condiciones ambientales, ya que son sensibles a sus variaciones. Los factores asociados al sustrato son: la relación carbono-nitrógeno (C/N), el pH, los minerales y vitaminas que tenga en su composición. Dentro de los factores ambientales están: temperatura, humedad relativa, cantidad lumínica, circulación del aire, acumulación de dióxido de carbono (CO₂), entre otros (Borja y Segura, 2016).

1.5.2.1. Condiciones ambientales

Durante el ciclo de vida de los hongos se presentan dos fases de desarrollo: la fase vegetativa y la fase reproductiva. En la mayoría de los casos se requiere de ciertos tipos de estímulos para pasar de la etapa de crecimiento micelial (fase vegetativa) a la etapa de desarrollo del cuerpo de fructífero (etapa de reproducción). Dentro los estímulos que deben ser aplicados se encuentran: variaciones térmicas, porcentajes de humedad, porcentaje de gas, presencia o ausencia de luz (Borja y Segura, 2016).

1.5.2.1.1. Temperatura

Las temperaturas muy altas pueden ocasionar la muerte de los microorganismos; en cambio temperaturas bajas impiden el desarrollo de éstos, y por consiguiente se ejerce una acción de conservación sobre los gérmenes. Al establecer la temperatura a la que se debe someter a los microorganismos, hay que tomar en consideración que el calor acelera las reacciones metabólicas, por consiguiente, de la misma forma los procesos de síntesis lo harán, además también el desdoblamiento y con ello la progresiva inactivación de las enzimas (Toledo, 2008).

Toda especie requiere de una temperatura adecuada para fructificar, misma que con el desarrollo vegetativo podrá o no coincidir, usualmente para que se dé la fructificación de los hongos comestibles, la temperatura óptima se encuentra por debajo de la requerida para el desarrollo vegetativo (Toledo, 2008).

1.5.2.1.2. Humedad

La humedad relativa media para el desarrollo de los hongos fluctúa entre el 75% y el 78.4 %. El contenido de humedad de los cuerpos fructíferos finalizado el proceso de crecimiento es aproximadamente del 90 %, por lo que es necesario mantener constante la humedad en el medio (Díaz y Carvajal, 2014).

1.5.2.1.3. Aireación

Ésta es necesaria para permitir que los niveles bajos de dióxido de carbono incrementen la concentración de oxígeno e intervenga en la evaporación de la humedad presente en la superficie de los hongos que están creciendo (Borja y Segura, 2016).

1.5.3. Indicadores de productividad

1.5.3.1. Tiempo de aparición de primordios

Es el tiempo transcurrido en días desde el momento de la siembra hasta que el sustrato haya sido colonizado en un 90%, es decir donde aparecen los primordios.

1.5.3.2. Peso del hongo fresco

Este parámetro generalmente se registra en gramos, para esto se pesa la producción de cada uno de los racimos de hongos y después el total por cada tratamiento. (Coraquetzali. 2013).

1.5.3.3. La eficiencia biológica

La eficiencia biológica viene determinada por el potencial biológico que tienen los sustratos para la fructificación de hongos, la cual se verá reflejada en la producción final, misma que para ser considerada rentable debe tener un valor mayor o igual al 40%. La variación existente en la eficiencia biológica se atribuye a las diferencias químicas, biológicas y

físicas que existen entre los sustratos de cultivo, también se debe al genotipo de los hongos, así como las condiciones en las que se desarrolla el cultivo (Ríos et al., 2010).

1.5.3.4. Proteína y nitrógeno del sustrato agotado (PNSA)

Después de haber cultivado y cosechado los hongos, el sustrato degradado adquiere otras propiedades químicas como el incremento en el contenido de proteínas en comparación con el sustrato inicial, además tiene características mejoradas como transportador para nutrientes líquidos y también tiene la capacidad de retener mejor el agua que el rastrojo, (López, 2002).

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1 Zona de estudio

El presente estudio de investigación tuvo lugar en la comunidad La Magdalena ubicada en el cantón Francisco de Orellana, provincia de Orellana.

2.1.1 Lugar de la investigación

La presente investigación se realizó en dos lugares, las etapas de preparación e inoculación de los sustratos se ejecutó en el Laboratorio de Biotecnología de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y el desarrollo y fructificación se realizó en la comunidad La Magdalena en el cantón Francisco de Orellana (Coca), la misma que esta ubicada a 255 msnm, la temperatura media es de 25-28 °C, la humedad media es de 80-90%, y una presión atmosférica de 678 mm Hg.

2.2 Tipo de investigación

El presente trabajo investigativo es de tipo técnico-experimental; técnico ya que se explican² las metodologías necesarias para el óptimo crecimiento de *Pleurotus ostreatus* desde la inoculación en los sustratos hasta su cosecha y experimental debido a que se desconoce cuál es el sustrato en el que se puede obtener una mayor producción de *Pleurotus ostreatus*.

2.2.1 Hipótesis e identificación de variables

2.2.1.1 Variables

2.2.1.1.1 Variable Independiente

- Sustratos (hoja de plátano, tusa de maíz, cáscara de cacao)

2.2.1.1.2 Variable dependiente

- Producción
- Eficiencia biológica
- Rendimiento
- Precocidad

2.2.1.2 Hipótesis generales

2.2.1.2.1 Hipótesis Alternante

El uso de la hoja de plátano, tusa de maíz y cáscara de cacao, como sustratos para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* influye en la producción, eficiencia biológica, rendimiento y precocidad.

2.2.1.2.2 Hipótesis Nula

El uso de la hoja de plátano, tusa de maíz y cáscara de cacao, como sustratos para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus*, no influye en la producción, eficiencia biológica, rendimiento y precocidad.

2.2.2 Diseño experimental

Se comparará tres residuos: hoja de plátano, tusa de maíz, cáscara de cacao y un mixto conformado por los tres en partes iguales, generando cuatro tratamientos experimentales, a partir de los resultados se realiza el cálculo de los parámetros de producción y el análisis estadístico consiste en un ANOVA para determinar las diferencias significativas y la prueba de Tukey para la separación de medias.

2.2.2.1 Tipo de diseño

El diseño utilizado es de tipo DCA (Diseño completamente al azar), mediante el cual se compararon las variables en estudio: producción, eficiencia biológica, rendimiento y precocidad. (Tabla 1-2).

Nomenclatura del diseño experimental

Tratamiento: Sustrato

- **T1** = Hoja de plátano
- **T2** = Tusa de maíz
- **T3** = Cáscara de cacao
- **T4** = Mixto (hoja de plátano 33%, tusa de maíz 33%, cáscara de cacao 33%)

Repeticiones: Siembras = s

- **S1** = Siembra 1
- **S2** = Siembra 2
- **S3** = Siembra 3
- **S4** = Siembra 4

Diseño / (Tabla 1-2)

Tabla 1-2. Diseño experimental

SUSTRATO	S1	S2	S3	S4
T1	T1S1	T1S2	T1S3	T1S4
T2	T2S1	T2S2	T2S3	T2S4
T3	T3S1	T3S2	T3S3	T3S4
T4	T4S1	T4S2	T4S3	T4S4

Elaborado por: Cueva, M (2017)

2.2.3. Marco metodológico

2.2.3.1. Obtención de micelio de *Pleurotus ostreatus*

2.2.3.1.1. Preparación del medio de cultivo

Se preparan 10 cajas petri con el medio de cultivo Agar Sabouraud, se pesa 9.75 g del medio y se adiciona 150 ml de agua destilada, esta solución se calienta hasta que la dilución pase de un color turbio a un color claro (Fotografía 1-2). Luego se autoclava a una temperatura de 110 °C por 40 minutos. En la cabina de flujo laminar previamente limpiada con alcohol potable se coloca el medio de cultivo en las cajas petri hasta llenar las $\frac{3}{4}$ partes de éstas, se deja enfriar las mismas.



Fotografía 1-2. Preparación del medio de cultivo

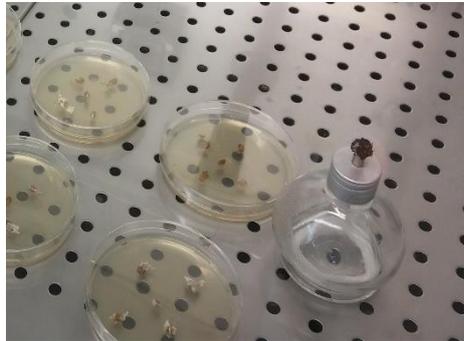
Elaborado por: Cueva, M (2017)

2.2.3.1.2. Inoculación de los medios de cultivo solidificados

En la cámara de flujo laminar, las cajas petri con el medio ya solidificado son subdivididas en cuatro cuadrantes imaginarios, en los cuales se colocan las semillas de trigo colonizadas por el hongo *Pleurotus ostreatus*, seguidamente las cajas se sellan y etiquetan adecuadamente. (Fotografía 2-2).

Las cajas inoculadas se colocan en la incubadora a 28 °C hasta que el micelio del hongo haya colonizado toda la superficie de la caja que se evidencia por la formación de una cubierta

micelial de coloración blanquecina, en esta etapa es necesario revisar periódicamente el crecimiento del hongo.



Fotografía 2-2. Inoculación de los medios de cultivo con *Pleurotus ostreatus*

Elaborado por: Cueva, M (2017)

2.2.3.2. Obtención del inóculo de *Pleurotus ostreatus*

Para la obtención del inóculo o semilla de *Pleurotus ostreatus* se utiliza granos de trigo, los cuales se limpian para eliminar cualquier tipo de partícula ajena que pudiera actuar como agente contaminante, luego se lava con abundante agua para eliminar en su totalidad las impurezas restantes, posteriormente las semillas se sumergen en agua fría por 24 horas con el objetivo de alcanzar una humedad de 80%.

Finalizado el remojo los granos se elimina el exceso de agua, y se coloca en una solución de benomyl al 0.02% por un periodo de tiempo de 10 minutos.

Los granos húmedos son colocados en recipientes de vidrio de boca ancha hasta las $\frac{3}{4}$ partes de éstos, se esterilizan en el autoclave a una temperatura de 121 °C por 45 minutos, finalizado este proceso los frascos se enfrían al ambiente.

En la cabina de flujo laminar los frascos se inoculan con el micelio de *Pleurotus ostreatus*, agregando 5 porciones de micelio, luego se sellan con papel aluminio y posteriormente se colocan en la incubadora a una temperatura de 28 a 30 °C hasta que se obtenga la invasión completa del micelio en el grano de trigo (Fotografía 3-2).



Fotografía 3-2.

Incubación de las semillas de trigo con el micelio de *Pleurotus ostreatus*

Elaborado por: Cueva, M (2017)

2.2.3.3. Preparación de los sustratos

Los residuos de hoja de plátano, tusa de maíz y cáscara de cacao se trituran hasta alcanzar una granulometría entre 1 y 1.5 cm, éstos se lavan con abundante agua con un intervalo de 30 minutos entre cada interacción, finalizado este proceso los residuos se sumergen en agua durante 24 horas a temperatura ambiente (Fotografías 4-2, 5-2, 6-2), luego se escurre el exceso de agua y se pasteuriza durante una hora a una temperatura de 90 °C.



Fotografía 4-2. Tusa de maíz triturada finalizadas las 24 horas de

Elaborado por: Cueva, M (2017)



Fotografía 5-2. Cáscara de cacao triturada finalizadas las 24 horas de remojo

Elaborado por: Cueva, M (2017)



Fotografía 6-2. Hoja de plátano triturada finalizadas las 24 horas de remojo

Elaborado por: Cueva, M (2017)

Finalizado el proceso de pasteurización, los residuos se colocan en una solución de benomyl al 0.02% por una hora, posteriormente se escurren de manera exhaustiva y se les expone al aire hasta alcanzar una humedad aproximada del 50% (Fotografías 7-2, 8-2, 9-2,10-2)



Fotografía 7-2. Hoja plátano pasteurizada finalizado el tiempo de secado al aire libre

Elaborado por: Cueva, M (2017)



Fotografía 8-2. Cáscara de cacao pasteurizada finalizado el tiempo de secado al aire libre

Elaborado por: Cueva, M (2017)



Fotografía 9-2. Tusa de maíz pasteurizada finalizado el tiempo de secado al aire libre

Elaborado por: Cueva, M (2017)



Fotografía 10-2. Mixto de sustratos pasteurizado finalizado el tiempo de secado al aire libre

Elaborado por: Cueva, M (2017)

2.2.3.4. Inoculación de los sustratos e incubación

Los residuos se colocan en un mesón previamente esterilizado con alcohol potable a temperatura ambiente, estos se siembran con el inóculo elaborado, que consiste en mezclar en forma homogénea los granos de trigo colonizado con el hongo con el sustrato en una proporción del 10% en relación al peso del sustrato.

En fundas plásticas transparente se colocan aproximadamente 1000 g de sustrato, en el caso del mixto se utiliza 333 g de cada sustrato. (Fotografía 11-2).



Fotografía 11-2. Inoculación de los sustratos con las semillas invadidas con el micelio de *Pleurotus ostreatus*

Elaborado por: Cueva, M (2017)

Se cierran las fundas y se identifican adecuadamente, éstas se trasladaron a la ciudad Francisco de Orellana, en donde se realizó el proceso de colonización del sustrato y de fructificación del *Pleurotus ostreatus*, que consiste en colocar las fundas en una estantería adecuada en condiciones de oscuridad ésto se logra con plástico negro para cubrir los estantes (Fotografía 12-2), la temperatura promedio fue, de 27 °C



Fotografía 12-2. Estantes de crecimiento para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*

Elaborado por: Cueva, M (2017)

Transcurridas 48 horas de la inoculación con un bisturí se realizan perforaciones en las fundas para facilitar la aireación de éstas, una vez que el sustrato ha sido colonizado completamente por el hongo las fundas son expuestas a la luz, para el desarrollo de los primordios y su posterior formación de los cuerpos fructíferos y cosecha.

2.2.3.5. Análisis bromatológico del sustrato inicial, remanente y cuerpos fructíferos

El análisis proximal de los sustratos antes y después de la fermentación así como de los cuerpos fructíferos se realizó en el Laboratorio de Suelos, Agua y Plantas (Labsu) ubicado en la ciudad Francisco de Orellana.

2.2.3.6. Cálculo de los parámetros a evaluarse

2.2.3.6.1. Precosecha

- Precocidad

La precocidad, se define como el tiempo transcurrido desde el día que se realizó la incubación hasta el momento en el que se forman los primordios.

2.2.3.6.2. Postcosecha

En esta fase las variables que se determinan son: producción, rendimiento y eficiencia biológica,

- Producción

Se define como el peso (g) obtenido de *Pleurotus ostreatus* durante el proceso de crecimiento y desarrollo del hongo.

- Rendimiento (R)

Se define como la relación en porcentaje entre el peso fresco del hongo y el peso del sustrato húmedo.

$$R = \frac{\text{Peso fresco del hongo (g)}}{\text{Peso del sustrato humedo (g)}} \times 100$$

(Ecuación 1)

- Eficiencia biológica (EB)

Se define como la relación en porcentaje del peso fresco del hongo y el peso seco del sustrato.

$$EB = \frac{\text{Peso fresco del hongo (g)}}{\text{Peso seco del sustrato (g)}} \times 100$$

(Ecuación 2)

2.2.3.7. Esquema del proceso

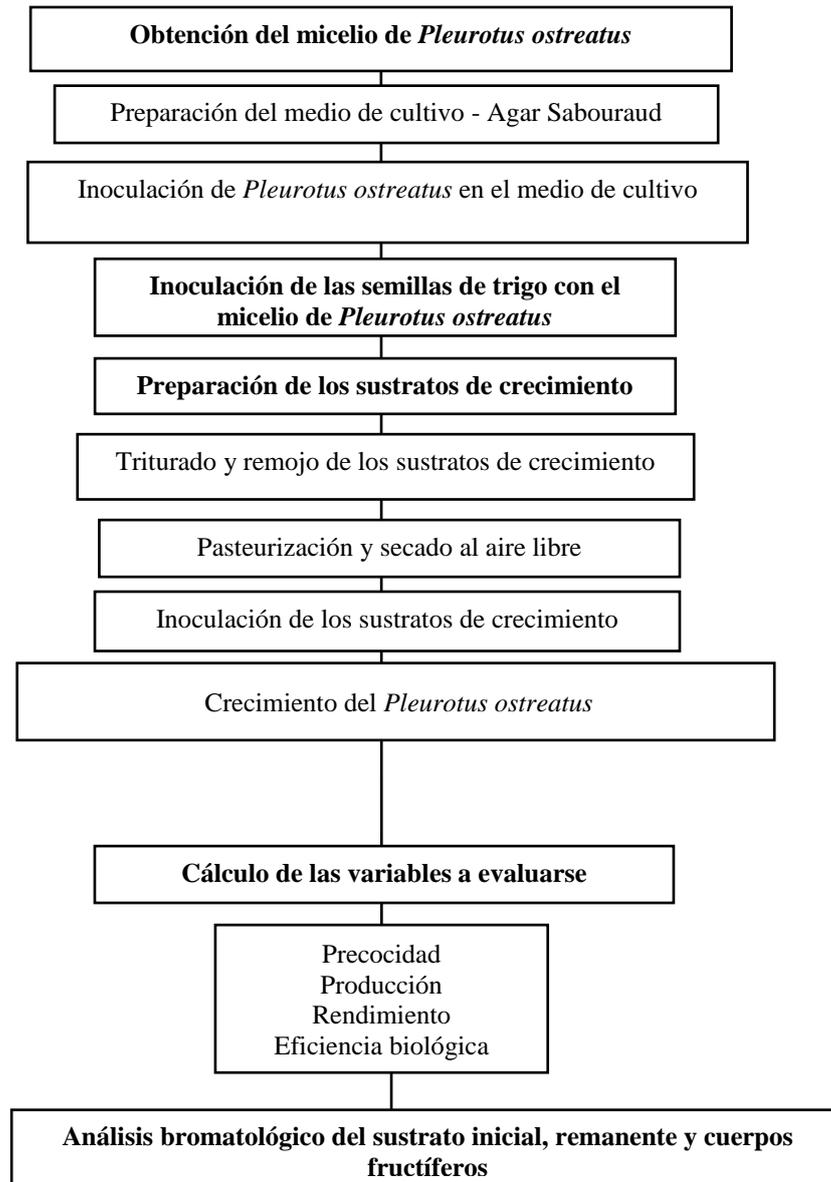


Gráfico 1-2. Esquema del proceso

Elaborado por: Cueva, M (2017)

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis bromatológico de los sustratos al inicio y final de la fermentación

Los resultados obtenidos del análisis bromatológico del sustrato inicial (Anexo A) y del sustrato remanente (Anexo B) se muestran en la tabla 1-3, de los cuales se establece que los residuos contienen las biomoléculas como fuente de carbono y nitrógeno principalmente para el desarrollo del hongo *Pleurotus ostreatus*, ya que éste posee la capacidad de degradar estos compuestos mediante su sistema multienzimático.

Con relación al sustrato remanente el análisis evidencia que el contenido de ceniza aumenta, esto puede deberse a la presencia de restos del hongo como micelio luego de realizadas las cosechas, estos valores están correspondencia a los reportados por Ramos (1999), en el trabajo de investigación de aprovechamiento de la cáscara de cacao para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* var Florida.

Tabla 1-3. Análisis bromatológico de los sustratos iniciales (S.I.) y remanentes (S.R.)

Parámetros	Ceniza (%)		Humedad (%)		Carbono orgánico (%)		Nitrógeno (%)		Grasa (%)		Fibra (%)	
	S.I.	S.R.	S.I.	S.R.	S.I.	S.R.	S.I.	S.R.	S.I.	S.R.	S.I.	S.R.
Sustratos												
Hoja de plátano	14.4	19.22	4.24	76.33	3.76	3.73	0.32	0.32	2.92	1.84	26.56	17.43
Cáscara de cacao	10.43	25.6	4.57	59.54	3.26	2.87	0.28	0.25	0.85	0.34	32.05	28.63
Tusa de maíz	2.15	5.32	4.08	54.17	3.71	3.64	0.32	0.31	0.36	1.84	35.94	17.43

Elaborado por: Cueva, M (2017)

En lo referente a la concentración del carbono y nitrógeno, en el sustrato remanente éstos disminuyen en concordancia a lo manifestado por Hernández y López, (2010), por cuanto éstos se consumen debido a que el carbono sirve como fuente de energía para la formación de biomasa y el nitrógeno aporta en la generación de proteínas y ácidos nucleicos.

3.2. Análisis del promedio de producción de la biomasa

En la tabla 2-3 se encuentran los datos de producción de la biomasa y su análisis de varianza y la homogeneidad de los mismos. En base a los resultados obtenidos se estableció que los datos son normales u homogéneos.

Tabla 2-3. Análisis del coeficiente de variación de la producción media de *Pleurotus ostreatus*

Tratamiento	s1	s2	s3	s4	Promedio	Desviación estándar	C.V
T1	245.9	242.075	244.85	240.725	243.3875	2.3988	0.0098
T2	234.875	231.775	236.15	235.425	234.55625	1.9262	0.0082
T3	260.95	268.075	258.325	262.625	262.49375	4.1202	0.0156
T4	221.9	222.625	225.775	223.8	223.525	1.6920	0.0075

Elaborado por: Cueva, M (2017)

En el gráfico 1-3 se puede observar que el sustrato que corresponde al tratamiento 3, es el que mejor producción de *Pleurotus ostreatus* presentó, con una media de 262.49 g, le sigue con 243.49 g el tratamiento 1 y el tratamiento 2 con 234.56 g, por último, el sustrato que registró la menor producción es el del tratamiento 4 con 223.53 g, estos valores son superiores a los reportados por Lindao (2016), que utilizó en su investigación la cáscara de cacao, alcanzando una media de 164.13 g, sin embargo es inferior a los reportado por Ramos, (1999), que en su investigación obtuvo una media de 553.80 g de *Pleurotus ostreatus* utilizando como sustrato cáscara de cacao.

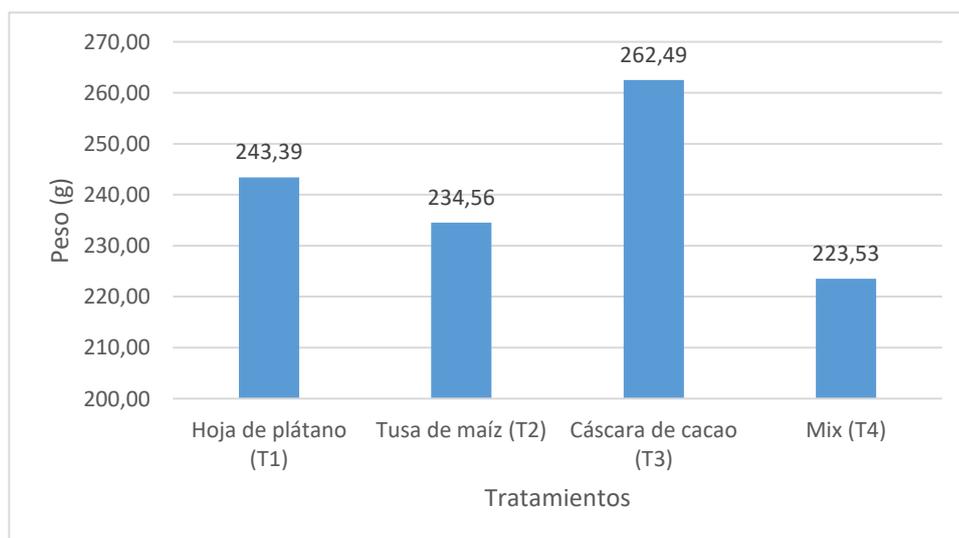


Gráfico 1-3. Producción obtenida de las cuatro siembras de *Pleurotus ostreatus*

Elaborado por: Cueva, M (2017)

La producción de biomasa en el residual de maíz fue de 234.56 g, este valor esta relacionado con el reportado por Acevedo, (2017), quien en su investigación titulada producción de hongos comestibles utilizando residuos de maíz y plátano, obtuvo una producción de 225.70 g

En la residual hoja de plátano en la presente investigación se obtuvo 243.39 g, valor que está cercano al reportado por Romero, et al., (2010), que alcanzó una mayor producción de 269.50 g, utilizando el mismo tipo de residual, esta pequeña diferencia puede deberse a factores concerniente a la granulometría del sustrato (Qhizhpilema, 2013).

3.2.1. Determinación de la eficiencia biológica

Los resultados de la eficiencia biológica obtenida en cada uno de los sustratos se muestran en la tabla 3-3

Tabla 3-3. Porcentajes de eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus*

Tratamiento	s1	s2	s3	s4	Promedio
T1	74.52	73.36	74.20	72.95	73.75
T2	68.94	68.03	69.31	69.10	68.85
T3	89.70	92.15	88.80	90.28	90.24
T4	61.55	63.52	64.42	63.85	63.33

Elaborado por: Cueva, M (2017)

De los resultados registrados, se puede evidenciar que el sustrato que presenta una mayor eficiencia biológica es la cáscara de cacao con el 90.23%, le sigue la hoja de plátano con el 73.75% y la tusa de maíz con el 68.54%, la menor eficiencia biológica se registró con el mixto de sustratos con el 63.33% (Gráfico 2-3).

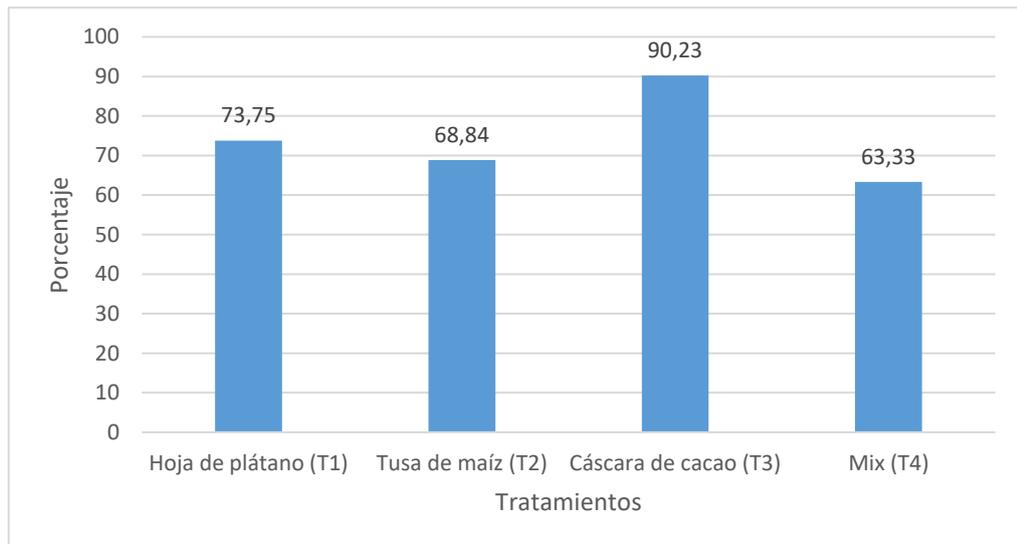


Gráfico 2-3. Comparación de los promedios de la eficiencia biológica de las cuatro siembras de *Pleurotus ostreatus*

Elaborado por: Cueva, M (2017)

La eficiencia biológica obtenida con el residual cáscara de cacao (90.23%), es inferior al reportado por Ramos, (1999) que en su trabajo de investigación titulado aprovechamiento de los residuos del cacao un porcentaje de eficiencia biológica del 124.31%, sin embargo el valor del presente trabajo es ligeramente superior registrado por García, et al. (2011), quienes obtuvieron un 84%. Los resultados alcanzados en el residual hoja de plátano (73.75%), es inferior a los reportados por Romero, et al., (2010), que determinaron un eficiencia biológica del 123.23% pero superior a la eficiencia biológica obtenida por Acevedo, (2017) que fue del 36.34%, esta variación puede deberse a la composición química de cada uno de los sustratos, Otros investigadores como Sánchez, et al., (2008), reportan eficiencia biológica de 118.5%, en residuos cáscara de cacao, valores que están cercanos a los de esta investigación.

El valor obtenido en el residual de maíz que fue del 68.84%, es superior al reportado por, Hernández y López, (2010) quienes registraron una eficiencia del 56.70%, pero ligeramente menor al indicado por Toledo, (2008) que en su investigación alcanzó una eficiencia biológica del 78.33%, en ambos casos los autores solo utilizaron la tusa del maíz como sustrato.

Los porcentajes de eficiencia biológica también pueden ser relacionados con otros estudios similares de aprovechamiento de residuos agroindustriales como es el caso de Catarino y González, (2008), que obtuvieron una eficiencia biológica del 69.4% en tallos provenientes del cultivo de jamaica, así como los de García, et al, (2011), que al usar viruta de cedro obtuvieron una eficiencia del 67%.

3.2.2. Determinación del rendimiento

En la tabla 4-3 se muestran los porcentajes de rendimiento obtenidos en la producción del hongo.

Tabla 4-3. Porcentajes de rendimiento obtenido de la producción del *Pleurotus ostreatus*

Tratamiento	s1	s2	s3	s4	Promedio
T1	22.35	22.01	22.26	21.88	22.13
T2	21.35	21.07	21.47	21.40	21.32
T3	23.72	24.37	23.48	23.88	23.86
T4	20.17	20.24	20.53	20.35	20.32

Elaborado por: Cueva, M (2017)

El sustrato representado por la cáscara de cacao presentó el mejor rendimiento con un 23.86 %, seguido por la hoja de plátano con un 22.13% y la tusa de maíz con el 21.32%; con el 20.32% el mixto (Gráfico 3-3).

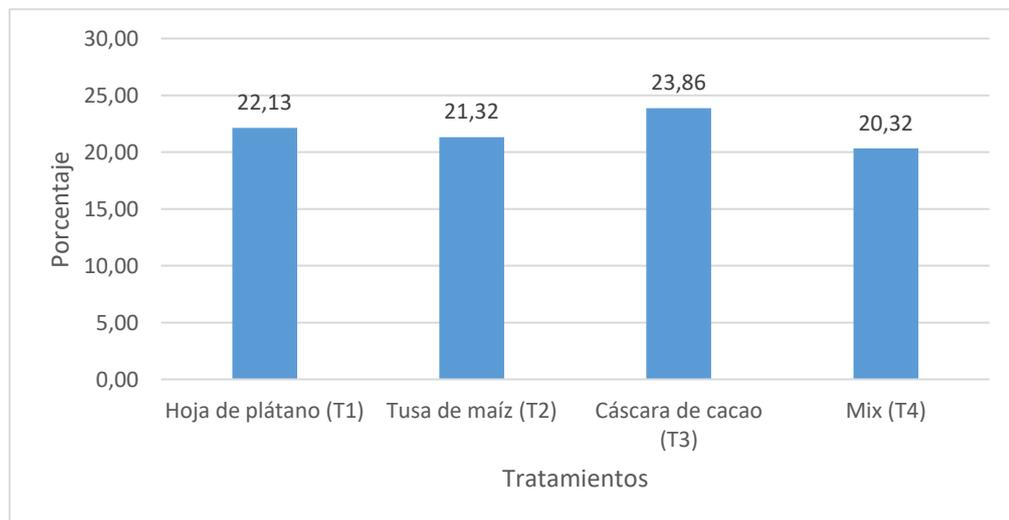


Gráfico 3-3. Comparación de los promedios de rendimiento obtenido de las cuatro siembras de *Pleurotus ostreatus*

Elaborado por: Cueva, M (2017)

Estos valores son similares a los reportados en otras investigaciones como es el caso de la cáscara de cacao, que concuerda con los datos obtenidos por García, et al., (2011), que reporta un rendimiento del 23% y al de Hurtado de Mendoza, et al., (2016), quienes obtuvieron un 21.7%, pero se encuentra por debajo de lo registrado por Ramos, (1999) quien alcanzó un rendimiento del 43.3%. La hoja de plátano por su parte tiene un rendimiento del 22.13%, el cual es mayor que el determinado por Acevedo, (2017), que alcanzo un 14.97%; para el residual de la tusa de maíz el rendimiento es inferior a los registros de Hernández y López, (2010), los cuales tuvieron un 29.08%, pero concuerda con lo expuesto por Acevedo, (2017) quien obtuvo un rendimiento similar, que fue del 22.25%.

3.2.3. Precocidad

En la tabla 5-3 se presentan los tiempos de precocidad obtenidos durante el desarrollo del *Pleurotus ostreatus* en los diferentes sustratos. La determinación de este parámetro se establece cuando se tiene la presencia de los primordios.

Tabla 5-3. Tiempo en días de la precocidad registrada en las cuatro siembras de *Pleurotus ostreatus*

Tratamiento	s1	s2	s3	s4	Promedio
T1	22.00	23.00	21.00	22.00	22.00
T2	24.00	23.00	25.00	24.00	24.00
T3	19.00	18.00	20.00	19.00	19.00
T4	23.00	22.00	21.00	22.00	22.00

Elaborado por: Cueva, M (2017)

De los valores obtenidos se puede evidenciar que el residual de cacao registra los mejores tiempos de precocidad con una media de 19 días, por su parte tanto la hoja de plátano como la tusa de maíz presentaron los mismos tiempos de precocidad con 22 días, en el caso del mixto de sustratos el tiempo fue de 24 días. (Gráfico 4-3).

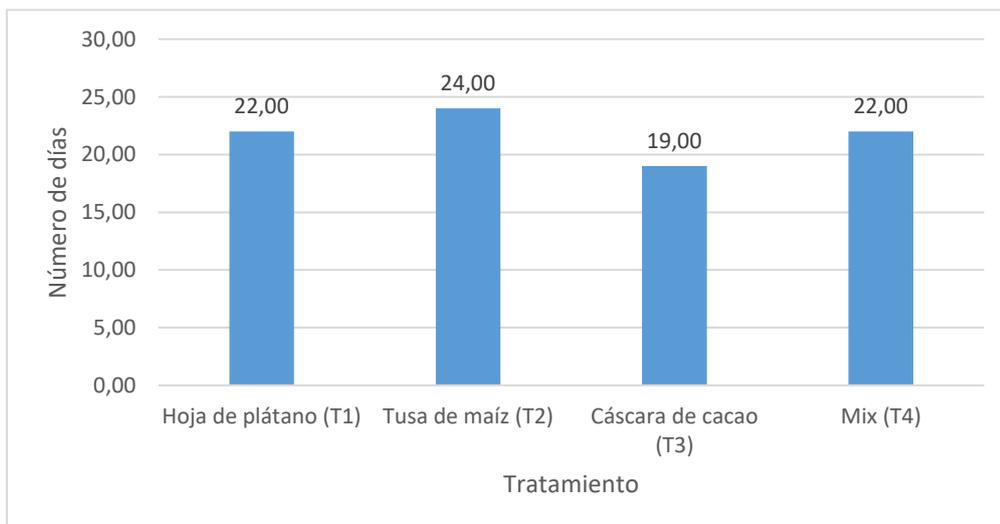


Gráfico 4-3. Comparación de los promedios de los tiempos de precocidad obtenidos de las cuatro siembras de *Pleurotus ostreatus*

Elaborado por: Cueva, M (2017)

Al evaluar los tiempos de precocidad registrados en esta investigación, se evidencian que los mismos se encuentran dentro los reportados por otros autores, como es el caso de Ramos, (1999) quien reporta tiempos de 20 días de precocidad utilizando el mismo tipo de residual, mientras reportes de Romero, et al., (2010), mencionan datos de 22 días, para la hoja de plátano, por su parte Toledo, (2008) observó los primeros primordios a los 25 días para el sustrato tusa de maíz,

3.3. Análisis bromatológico de *Pleurotus ostreatus*

En la tabla 6-3 se muestra el análisis bromatológico realizado a los cuerpos fructíferos, el cual indicó que el hongo tiene un alto porcentaje de humedad, alcanzando el 90.77%, así como de proteína (25.4%) y fibra (6.8%), estos valores concuerdan con lo reportado por varias investigaciones realizadas, en especial la de Hernández (2004), quien reporta contenidos de proteína que esta en un rango del 10% al 30% , valores en los cuales están inmersos los obtenidos en la presente investigación.

Tabla 6-3. Análisis bromatológico de cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus*

Pleurotus ostreatus	Parámetro
Ceniza	19.49 (%)
Humedad	90.77 (%)
Carbono orgánico	4.25 (%)
Nitrógeno	0.37 (%)
Grasa	1.76 (%)
Proteína	25.4 (%)
Fibra	6.80 (%)

Elaborado por: Cueva, M (2017)

3.4. Análisis estadístico

3.4.1. Producción

Hi: El uso de distintos residuos (hoja de plátano, tusa de maíz, cáscara de cacao) como sustratos para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* influye en la producción; $p \leq 0.05$

Ho: El uso de distintos residuos (hoja de plátano, tusa de maíz, cáscara de cacao) como sustratos para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* no influye en la producción; $p > 0.05$

El análisis de varianza permite determinar si existen diferencias significativas entre los pesos medios obtenidos en los sustratos en la presente investigación, en consecuencia, el p-valor que se registró para la producción fue < 0.001 (Tabla 7-3), por tal razón, se acepta la hipótesis alternante y se ratifica que la producción media de *Pleurotus ostreatus* varía con el uso de distintos sustratos.

Tabla 7-3. Análisis de varianza para la producción obtenida de las cuatro siembras de *Pleurotus ostreatus*

F.V	S.C	g.l	C:M	F	p-valor
Modelo.	3258.31	3	1086.1	148.25	< 0.0001
Producción	3258.31	3	1086.1	148.25	< 0.0001
Error	87.91	12	7.33		
Total	3346.23	15			

Elaborado por: Cueva, M (2017)

La prueba de separación de medias se lo realicé utilizando Tukey al 5 % de confiabilidad y permite establecer los diferentes rangos, de esta forma se determinó que entre los pesos medios obtenidos de las cosechas, las diferencias existentes son altamente significativas, por tal razón la cáscara de cacao correspondiente al sustrato T3 produjo una cantidad significativamente mayor de *Pleurotus ostreatus* en comparación con los sustratos restantes (Tabla 8-3).

Tabla 8-3. Prueba de Tukey para la separación de medias para la producción de *Pleurotus ostreatus*

Tratamiento	Medias	n	E.E				
T4	223.53	4	1.35	A			
T2	234.56	4	1.35		B		
T1	243.39	4	1.35			C	
T3	262.49	4	1.35				D

Elaborado por: Cueva, M (2017)

3.5.2. Eficiencia biológica

Hi: El uso de distintos residuos (hoja de plátano, tusa de maíz, cáscara de cacao) como sustratos para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* influye en la eficiencia biológica; $p \leq 0.05$

Ho: El uso de distintos residuos (hoja de plátano, tusa de maíz, cáscara de cacao) como sustratos para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* no influye en la eficiencia biológica; $p > 0.05$

En el análisis de varianza se determinó que existen diferencias significativas entre los porcentajes de eficiencia biológica obtenidos en la primera cosecha de *Pleurotus ostreatus*, el p-valor que se registró para la eficiencia biológica fue < 0.001 (Tabla 9-3), por tal razón, es aceptada la hipótesis alternante y se ratifica que el porcentaje de eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* varía con el uso de distintos sustratos.

Tabla 9-3. Análisis de varianza para los porcentajes de eficiencia biológica obtenidos de las cuatro siembras de *Pleurotus ostreatus*

F.V	S.C	g.l	C:M	F	p-valor
Modelo.	1615.84	3	538.61	489.53	< 0.0001
Eficiencia biológica	1615.84	3	538.61	489.53	< 0.0001
Error	13.2	12	1.1		
Total	1629.05	15			

Elaborado por: Cueva, M (2017)

La prueba de separación de medias de Tukey clasificó a las mismas en cuatro grupos A, B, C y D, de esta forma se determinó que, entre los porcentajes de eficiencia biológica obtenidos de las cosechas, las diferencias existentes son altamente significativas, por tal razón la cáscara de cacao correspondiente al sustrato T3 obtuvo un porcentaje significativamente mayor, en comparación con las cosechas restantes (Tabla 10-3)

Tabla 10-3. Prueba de Tukey para la separación de medias de los porcentajes de eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus*

Tratamiento	Medias	n	E.E				
T4	63.33	4	0.52	A			
T2	68.85	4	0.52		B		
T1	73.75	4	0.52			C	
T3	90.24	4	0.52				D

Elaborado por: Cueva, M (2017)

3.5.3. Rendimiento

Hi: El uso de distintos residuos (hoja de plátano, tusa de maíz, cáscara de cacao) como sustratos para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* influye en el rendimiento; $p \leq 0.05$

Ho: El uso de distintos residuos (hoja de plátano, tusa de maíz, cáscara de cacao) como sustratos para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* no influye en el rendimiento; $p > 0.05$

El análisis de varianza para este parámetro determinó que existen diferencias significativas entre los porcentajes de rendimiento obtenidos en la primera cosecha de *Pleurotus ostreatus*, ya que

el p-valor que se registró fue < 0.001 (Tabla 11-3), por tal razón, se acepta la hipótesis alternante y se ratifica que el porcentaje de rendimiento de *Pleurotus ostreatus* varía con el uso de distintos sustratos.

Tabla 11-3. Análisis de varianza para los porcentajes de rendimiento de las cuatro siembras de *Pleurotus ostreatus*

F.V	S.C	g.l	C:M	F	p-valor
Modelo.	26.93	3	8.98	148.25	< 0.0001
Tratamiento	26.93	3	8.98	148.25	< 0.0001
Error	0.73	12	0.06		
Total	27.65	15			

Elaborado por: Cueva, M (2017)

La prueba de separación de medias de Tukey clasificó a las mismas en cuatro grupos A, B, C y D, de esta forma se determinó que, entre los porcentajes de rendimiento obtenidos en las cosechas, las diferencias existentes son altamente significativas, por tal razón la cáscara de cacao correspondiente al sustrato T3 obtuvo un porcentaje de rendimiento mayor en comparación con las cosechas restantes (Tabla 12-3)

Tabla 12-3. Prueba de Tukey para la separación de medias de los porcentajes de rendimiento de *Pleurotus ostreatus*

Tratamiento	Medias	n	E.E				
T4	20.32	4	0.12	A			
T2	21.32	4	0.12		B		
T1	22.13	4	0.12			C	
T3	23.86	4	0.12				D

Elaborado por: Cueva, M (2017)

3.5.4. Precocidad

Hi: El uso de distintos residuos (hoja de plátano, tusa de maíz, cáscara de cacao) como sustratos para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* influye en la precocidad; $p \leq 0.05$

Ho: El uso de distintos residuos (hoja de plátano, tusa de maíz, cáscara de cacao) como sustratos para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* no influye en la precocidad; $p > 0.05$

El análisis de varianza determinó que, si existen diferencias significativas entre los tiempos de precocidad registrados para *Pleurotus ostreatus*, en función al p-valor registrado para la precocidad, el cual fue < 0.001 (Tabla 13-3), por tal razón, se acepta la hipótesis alternante y se ratifica que los tiempos de precocidad de *Pleurotus ostreatus* varían con el uso de distintos sustratos.

Tabla 13-3. Análisis de varianza para los tiempos de precocidad obtenidos de las cuatro siembras de *Pleurotus ostreatus*

F.V	S.C	g.l	C:M	F	p-valor
Modelo.	51	3	17	25.5	< 0.0001
Tratamiento	51	3	17	25.5	< 0.0001
Error	8	12	1		
Total	59	15			

Elaborado por: Cueva, M (2017)

La prueba de separación de medias de Tukey clasificó a las mismas en tres grupos A, B y C, de esta forma se determinó que, para los tiempos de precocidad, las diferencias existentes son significativas entre los sustratos conformados por la hoja de plátano (T1) y el mixto de sustratos (T4), pero son altamente significativas al comparar con los tiempos registrados en los sustratos restantes, siendo la cáscara de cacao correspondiente al sustrato T3, donde se registró el menor tiempo de precocidad en comparación con los tiempos restantes (Tabla 14-3)

Tabla 14-3. Prueba de Tukey para la separación de medias de los tiempos de precocidad de *Pleurotus ostreatus*

Tratamiento	Medias	n	E.E			
T3	19	4	0.41	A		
T4	22	4	0.41		B	
T1	22	4	0.41		B	
T2	24	4	0.41			C

Elaborado por: Cueva, M (2017)

CONCLUSIONES

- Los residuos de cacao, maíz y plátano contienen las biomoléculas necesarias para el desarrollo y crecimiento del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, mediante la técnica de la fermentación en estado sólido.
- Los porcentajes de rendimiento y eficiencia biológica registrados para la cáscara de cacao, tusa de maíz, hoja de plátano y el mixto, fueron mayores al 10% y 50% respectivamente, por lo tanto, éstos residuos pueden ser utilizados como sustrato para la producción de hongos comestibles.
- El mejor sustrato para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, fue la cáscara de cacao en la cual se obtuvo una producción media de 262.49 g, un rendimiento de 23.86%, una eficiencia biológica de 90.24% y un tiempo de precocidad de 19 días.
- El análisis bromatológico de los sustratos remanentes registró una disminución en los porcentajes de carbono y nitrógeno ya que éstos son consumidos como fuente de energía.
- Los cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* evidencia que la concentración de proteína es del 25.4%, por lo tanto, se considera un alimento con alto valor nutritivo apto para el consumo humano.

RECOMENDACIONES

- Combinar los sustratos utilizados en esta investigación, con otros subproductos agrícolas de la zona con la finalidad de obtener una mayor producción.
- Estandarizar el sistema de aireación y de regadío en el proceso de fructificación para mejorar el desarrollo del hongo *Pleurotus ostreatus*.
- Realizar la siembra de los sustratos en estudio mediante la técnica de crecimiento sumergido.
- Compartir la información obtenida en la presente investigación con las organizaciones dedicadas a la actividad agrícola para incentivar el aprovechamiento de los residuos cacao, plátano y maíz en la producción del *Pleurotus ostreatus* y así obtener beneficios sociales, ambientales y económicos.

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO, Ruth. *Valoración y crecimiento del cultivo de Pleurotus ostreatus en cuatro sustratos generados a partir de procesos productivos agropecuarios, en el Municipio de Málaga Santander.* 2017, Revista colombiana de investigaciones agropecuarias, págs. 15-23.

AGUINAGA, Paulina. Evaluación de cuatro sustratos para la producción del hongo ostra (*Peaurotus ostreatus*) en tres ciclos de producción en la zona de Tambillo. [En línea] (Tesis). (Pregrado), *Escuela Politecnica Nacional, Quito, Ecuador.* 2012. [Consulta: 7 de diciembre de 2017]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4663>.

ALBAN. Obtención de aceite lubricante a partir de residuos de banano. [En línea] (Tesis). (Pregrado), *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.* 2014. [Consulta: 14 de enero de 2018]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3136/1/65T00108.pdf>.

ALTAS, R y BARTHA, R. *Ecología microbiana y microbiología ambiental.* Madrid : Editorial Adisson, 2006.

AMBIENTUM. (2015). *Tipos de Fermentación.* [En línea] (Reporte), *Portal profesional del medio ambiente,* 2015. [Consulta: 8 de diciembre de 2017]. Disponible en: http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/suelos/tipos_de_fermentación.asp

ARDILA, C y CARREÑO, S. *Aprovechamiento de la cáscara de la mazorca de cacao como absorbente.* Bucaramanga: Universidad de Santander, 2011.

ARDÓN, C. Evaluación de pericarpio de jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*) y pasto estrella africana (*Cynodon plestostachyus*), para el cultivo artesanal del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*, Ecosur 112). [En línea] (Tesis). (Pregrado), *Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala,* 2004. [Consulta: 7 de diciembre de 2017]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2138.pdf.

BORJA, Liliana y SEGURA, Wilson. Evaluación de residuos agrícolas predominante en la provincia de Bolívar para producción de hongos tipo ostra (*Pleurotus ostreatus*) por fermentación sólida. [En línea] (Tesis). (Titulación), *Univeridad Estatal de Bolívar, Guaranda, Bolívar,* 2016. [Consulta: 8 de diciembre de 2017]. Disponible en: <http://www.bibliotecasdelecuador.com/Record/oai:localhost:123456789-1492>.

CABRERA, Sonia. Biodegradación de pañales desechables usados mezclados con residuos de jardinería por acción de dos hongos. [En línea] (Tesis). (Pregrado), *Universidad Autónoma Metropolitana, México D.F, México*, 2014. [Consulta: 13 de enero de 2017]. Disponible en: http://energia.azc.uam.mx/images/PDF/ProyecINVES/Tec_Sust/BIODEGRADACION-DE-PAALES-DESECHABLES-USADOS-MEZCLADOS-CON.pdf.

CABRERA, T, et al., *Alimentos en la naturaleza. Algunas plantas comestibles, silvestres arvenses y ruderales*. 1998, Semarnap, pág. 245.

CATARINO, M., y GONZÁLEZ, T. Cultivo de *Pleurotus* sobre residuos de las cosechas de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y plátano (*Musa paradisiaca*). 2011. *Revista mexicana de micología*, 26, 57-60.

CHÁVEZ, G. (2006). *Producción de la enzima proteasa en cultivo en medio sólido y líquido utilizando rhizopus oryzae*. [En línea] (Tesis). (Pregrado), *Universidad Autónoma Agraria "Antonio, Saltillo, Navarro", Mexico*, 2006. [Consulta: 14 de enero de 2017]. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/346/59001s.pdf?sequence=1>

CHEGWIN, Nieto. *Influencia del sustrato utilizado para el crecimiento de hongos comestibles sobre sus características nutraceuticas*. 2010, *Revista Colombiana de Biotecnología*, págs. 169-179.

CORAQUETZALI, Madgaleno. Efecto de dos Sustratos en la Productividad y Calidad Nutricional del Hongo *Pleurotus ostreatus*. [En línea] (Tesis). (Pregrado), *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Estado de Coahuila, Mexico*, 2013. [Consulta: 14 de enero de 2018]. Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/6476>.

CUELLAR. *Papel ecológico a partir de residuos de plátano*. [En línea] (Reporte), *Revista Conciencia*. 2016. [Consulta: 15 de enero de 2018]. Disponible en: http://www.revistaconciencia.com/papel-ecologico-a-partir-de-residuos-de-platano/?fb_comment_id=1051185634901889_1158382450848873#f184316e56f3158

DELFIN, I y DURAN, C. *Biodegradación de residuos urbanos lignocelulósicos por Pleurotus*. 2003, *Revista internacional de contaminación ambiental*, págs. 37-45.

DÍAZ, Claudía y CARVAJAL, Eduardo. *Eficiencia biológica de Pleurotus ostreatus cultivado en fibra de palma de aceite.* 2014, Limentech Ciencia y Tecnología Alimentaria, págs. 63-70.

DONADO, Tania. Evaluación de tres sustratos para la producción de hongo ostra (*pleurotus ostreatus*); moyuta, jutiapa. [En línea] (Tesis). (Pregrado), *Universidad Rafael Landívar, Ciudad de Guatemala*, 2014. [Consulta: 6 de enero de 2018]. Disponible en: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2014/06/17/Donado-Tania.pdf>.

ECOLOGÍA. Definición de Contaminación. *Ecología Hoy*. [En línea] (Reporte) 2014. [Consulta: 7 de Mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.ecologiahoy.com/definicion-de-contaminación>.

FENNEMA, O. *Química de los alimentos.* Zaragoza : Acribia, 2000.

GAITAN, R. *Manual práctico del cultivo de setas. Aislamiento, siembra y producción.* Veracruz : Instituto de ecología, 2006.

GARCÍA, Nora, BERMÚDEZ, Rosa y SERRANO, Migdalia. *Formulaciones de sustratos en la producción de setas comestibles de Pleurotus.* 2011, Revista de Tecnología Química, págs. 272-282.

GIRÓN, D. Cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* en subproductos lignocelulósicos derivados de la agroindustria de la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.). [En línea] (Tesis). (Pregrado), *Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala*, 2000. [Consulta: 01 de diciembre de 2017]. Disponible en: <http://cedia.fausac.usac.edu.gt/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1873>.

GRODZINSKAYA, Anna, INFANTE, Diogenes y PIVEN, Nickolai. *Cultivo de hongos comestibles utilizando desechos agrícolas e industriales.* 2002, *Agronomía Tropical*, págs. 427-447.

HERNÁNDEZ, Ricardo y LÓPEZ, Claudia. Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. [En línea] (Tesis). (Maestría), *Pontificia Universidad Javeriana, Bogota, Colombia*, 2010. [Consulta: 15 de diciembre de 2017]. Disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis257.pdf>.

HERNANDEZ, Rodolfo. Propiedades medicinales y nutrimentales de los hongos comestibles. [En línea] (Reporte), *Hongos Comestibles y Medicinales*, 2004. [Consulta: 04 de diciembre de 2017]. Disponible en: <http://hongoscomestiblesymedicinales.com/Pr/M/R/propiedades.htm>

HURTADO DE MENDOZA, K, et al., *Evaluación del cultivo de Pleurotus ostreatus en mazorcas de cacao (Theobroma cacao L.)*. 2016, Revista Peruana de Química, págs. 63-75.

IMBA, Edison y TALLANA, Liliana. Aceptabilidad del bagazo de caña, rastrojo de maíz y tamo de cebada en bloques nutricionales como reemplazo del maíz en cobayos de engorde (*cavia porcellus*) en la granja la pradera-chaltura. [En línea] (Tesis). (Pregrado), *Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador*, 2011. [Consulta: 06 de enero de 2018]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/778>

INFOAGRO. El cultivo industrial de las setas (2ª parte). [En línea] (Informe), *InfoAgro*, 2010. [Consulta: 7 de diciembre de 2017]. Disponible en: <http://www.infoagro.com/forestales/setas2.htm>.

INFORECICLAJE. *Residuos*. [En línea] (Reporte). Inforeciclaje, 2018. [Consulta: 8 dediciembre de 2017]. Disponible en: <http://www.inforeciclaje.com/residuos-solidos.php>

IZQUIERDO, R. *Evaluación del cultivo de maíz (Zea mays), como complemento a la alimentación de bovinos de leche en épocas de escasez de alimento*. [En línea] (Tesis). (Pregrado). *Universidad Politecnica Salesiana, Quito, Ecuador*, 2012. [Consulta: 17 de enero de 2018]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1832/15/UPS-YT00102.pdf>

JAFARPOUR, M., et al., Evaluation of agricultural wastes and food supplements usage on growth characteristics of *Pleurotus ostreatus*. 2010. *Revista de agricultura*, 5, 3291-3296.

KONEMAN, E. *Micología: práctica de laboratorio*. (1997) (Tercera edición ed.). Buenos Aires: Medica Panamericana.

LINDAO, Jocelyn. Producción y análisis bromatológico del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), cultivado con sustratos de cáscara de cacao, plátano, coco y raquis de palma africana. [En línea] (Tesis). (Pregrado), *Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador*, 2016. [Consulta: 15 de enero de 2018]. Disponible en: <http://www.bibliotecasdelecuador.com/Record/ir-:43000-1876/Details>.

LÓPEZ, Emilce. Hongos Comestibles, Orellanas: deliciosa medicina.. [En línea] (Informe), *Vision Chamanica*, 2002. [Consulta: 7 de Mayo de 2017]. Disponible en: http://www.visionchamanica.com/alimentacion_sana/Orellanas.htm.

MARINA, L., y GARCÍA, N. *Obtención y caracterización de fibra dietaría a partir de cascarilla de las semillas tostadas de Theobroma cacao l. de una industria chocolatera*

colombiana. [En línea] (Tesis). (Pregrado). *Universidad Tecnológica de Pereira, Medellín, Colombia*, 2012. [Consulta: 10 de enero de 2018]. Disponible en: <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesis/textoyanexos/66392B139.pdf>

MARTÍNEZ, Ana. Aprovechamiento de los residuos de la cáscara de haba (vicia faba) mediante el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*. [En línea] (Tesis). (Pregrado), *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador*, 2017. [Consulta: 7 de enero de 2018]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7035/1/236T0282.PDF>.

MENDOZA, G. Estudio de enzimas ligninolíticas producidas por *Pleurotus ostreatus* y *Lentinula edodes* usando diferentes inductores. [En línea] (Tesis). (Maestría), *Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España*, 2002. [Consulta: 15 de diciembre de 2017]. Disponible en: <http://repositorio.educaciónsuperior.gob.ec/handle/28000/1029>.

MILES, P y CHANG, S. *Mushroom biology, concise basics and current development*. Singapore, 1997.

OSPINA, S., HERNANDEZ, H., & LOZANO, C. *Estudio experimental del proceso de fermentación de residuos agroindustriales del mango (*Mangifera indica* L) usando *Saccharomyces cerevisiae**. [En línea] (Tesis). (Pregrado). *Universidad Católica de Manizales, Manizales, Colombia*, 2012. [Consulta: 9 de diciembre de 2017]. Disponible en: repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/handle/10839/230

PINEDA, Julio, RAMOS, Luis y SOTO, Claudia. *Cinética del crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en la etapa de producción del cuerpo frutífero*. 2013, Instituto Cubano de Investigaciones de los derivados de caña de azúcar, págs. 56-61.

POTTER, N y HOTCHKISS, J. *Ciencia de los alimentos*. Zaragoza : Acribia S.A, 1995.

QHIZHPILEMA, Ligia. Validación de la tecnología para la producción e industrialización de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* utilizando sustratos orgánicos. [En línea] (Tesis). (Pregrado), *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador*, 2013. [Consulta: 15 de diciembre de 2017]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2944/1/27T0219.pdf>.

RAMOS, Ivan. Producción de *Pleurotus ostreatus* var florida sobre residuales de cacao. [En línea] (Tesis). (Maestría), *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador*. 1999. [Consulta: 7 de Mayo de 2017]. Disponible en: <http://repositorio.educaciónsuperior.gob.ec/handle/28000/373>.

RÍOS y MOSQUERA. *Evaluación de los parámetros productivos de la semilla de Pleurotus ostreatus propagada en diferentes medios de cultivo.* 2010, Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, págs. 86-94.

RIVERA , R, et al., *Evaluación de residuos agrícolas como sustrato para la producción de Pleurotus ostreatus.* (2013), *Revista Luna Azul*, 89-100.

ROMERO, J, RODRIGUEZ, M y PÉREZ, R. *Pleurotus ostreatus, importancia y tecnología de cultivo.* Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez". [En línea] 2000.

ROMERO, Omar, et al., *Evaluación de la capacidad productiva de Pleurotus ostreatus con el uso de hoja de plátano (musa paradisiaca L., cv. roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas.* 2010, *Agronomía Costarricense*, págs. 53-63.

SÁNCHEZ, A., et al., *Uso potencial del rastrojo de tomate como sustrato para el cultivo de Pleurotus spp.* *Revista Mexicana de Micología*, 28, 17-24.

SÁNCHEZ, J y ROYSE, D. *La biología y el cultivo de Pleurotus spp. III Crecimiento y Fructificación.* Chiapas : El colegio de la frontera sur, 2001.

SALDARRIAGA, Y. *Manual de micología aplicada.* (2001). (Primera Edición ed.). Medellín: Univerdidad de Antioquia.

STAMETS, P. *Growing gourmet and medicinal mushrooms.* Third Edition. Toronto : Ten Speed Press, 2002.

SINERGIA. *Impactos ambientales en agricultura.* [En línea] (Reporte). *Proyecto life sinergia*, 2003. [Consulta: 13 de enero de 2017]. Disponible en: http://www.lifesinergia.org/formacion/curso/03_impactos_ambientales_en_agr.pdf

SOLOMON, E., ET AL.. *Biología de Villee.* (1996). (Tercera Edición ed.). Mexico D.F: Ed. Interamericana McGRaw-Hill.

TERRALIA. *Las setas del género Pleurotus: Plagas y anomalías no parasitables..* [En línea] (Reporte), *Terralia*, 2010. [Consulta: 13 de enero de 2017]. Disponible en: https://www.terralia.com/terralias/view_report?magazine_report_id=315.

TÍPAN, Carina. *Evalaución del crecimeinto del honfo Pleurotus ostreatus con el uso de un sustrato de rastrojo de maíz con composición variable de papel.* [En línea] (Tesis). (Pregrado), *Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador*, 2016. [Consulta: 8 de diciembre de 2017]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16617/1/CD-7248.pdf>.

TOLEDO, María. Residuos de maíz y quínuva como potenciales sustratos para el cultivo de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*. [En línea] (Tesis). (Pregrado), *Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador*, 2008. [Consulta: 23 de diciembre de 2017]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/229/1/236T0015.pdf>.

TORRES, N., y GAIBOR, K. *Estudio de la aplicación del olote o tusa de maíz para la reducción del color en aguas residuales de la hilandería guijarro cantón Guano*. [En línea] (Tesis). (Pregrado). *Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador*. 2015. [Consulta: 15 de diciembre de 2017]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1399/1/UNACH-EC-IAMB-2016-0004.pdf>

TUCHAN, Omar. *Evaluación del efecto de la pulpa de café (coffea arábica) en el incremento de la eficiencia biológica de la cepa inireb-8 de pleurotus ostreatus utilizando cáscara de cacao (theobroma cacao) y bambu (bambusa vulgaris var. striata) como sustratos*. [En línea] (Tesis). (Pregrado). *Universidad de Guatemala*. 2004. [Consulta: 02 de diciembre de 2017]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2112.pdf.

VALENZUELA, Marcia. Hidrolisis enzimática del excedente orgánico del banano usando el hongo *Trametes versicolor* para la obtención de etanol. [En línea] (Tesis). (Pregrado). *Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador*. 2012. [Consulta: 15 de diciembre de 2017]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/475/1/T-UCE-0017-13.pdf>.

VARGAS, Pilar, et al., *Uso de hojarasca de roble y bagazo de caña en la producción de Pleurotus ostreatus*. 2012, *Biotecnología en el sector agropecuario*, Vol. 10, págs. 136-145.

VELASCO, Joel y VARGAS, Eloisa. Cultivo de hongo seta *Pleurotus ostreatus*. [En línea] (Informe), *Academia.edu.*, 2004. [Consulta: 7 de Mayo de 2017]. Disponible en: http://www.academia.edu/7547055/CULTIVO_DEL_HONGO_SETA_Pleurotus_ostreatus.

ANEXOS

Anexo A: Análisis bromatológico de los sustratos iniciales

Anexo 1: Análisis bromatológico de la hoja de plátano

 Laboratorio de Suelo, Aguas y Plantas	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105		Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003
	INFORME DE ENSAYO N°: 116 170		
SPS: 17 - 0 052		Análisis de planta	

Coca, 25 de enero de 2018

Srta. Mireya Cueva.

Dirección: Coca.

1.- Datos generales:

Recogidas por Srta. Mireya Cueva
Fecha hora de toma de muestra 2 017 12 12 15:00.
Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 017 12 12 17:15.
Fecha del análisis 2 017 12 12 a 2 018 01 25
Condiciones Ambientales de Análisis . T. Máx: 26,5°C T. Min: 21,5°C
Código de LabSu Identificación de la muestra.
b 1981 Muestra de sustrato de hoja seca de plátano.

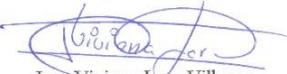
2.- Resultados / Parámetros y métodos / referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	b 1981	PEE-LABSU	Método / Norma / Referencia
1	*Ceniza	%	14,40	PEE-LABSU-55	GRAVIMETRICO
2	*Humedad	%	4,24	PEE-LABSU-51	GRAVIMETRICO
3	*Carbono orgánico Total	%	3,76	PEE-LABSU-66	EPA 9060
4	*Nitrógeno total	%	0,32	PEE-LABSU-71	KJELDAHL, EPA 351.2

3.- Responsables del Informe:

Autorización: 
Téc. Andrés Solis Plaza.
DIRECTOR TECNICO




Ing. Viviana Lara Villegas
RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

MC2201-05

Página 1 de 1

Anexo 2: Análisis bromatológico de la cáscara de cacao

 <p>Laboratorio de Suelo, Aguas y Plantas</p>	<p>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105</p>		<p>Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003</p>
	<p>INFORME DE ENSAYO N°: 116 171</p>		
SPS: 17 - 0 052		Análisis de planta	

Coca, 25 de enero de 2018

Srta. Mireya Cueva.

Dirección: Coca.

1.- Datos generales:

Recogidas por Srta. Mireya Cueva
 Fecha hora de toma de muestra 2 017 12 12 15:00.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 017 12 12 17:15.
 Fecha del análisis 2 017 12 12 a 2 018 01 25
 Condiciones Ambientales de Análisis .:T. Máx: 26,5°C T. Min: 21,5°C
Código de LabSu Identificación de la muestra.
 b 1982 Muestra de sustrato de cáscara seca de cacao.

2.- Resultados / Parámetros y métodos / referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	b 1982	PEE-LABSU	Método / Norma / Referencia
1	*Ceniza	%	10,43	PEE-LABSU-55	GRAVIMETRICO
2	*Humedad	%	4,57	PEE-LABSU-51	GRAVIMETRICO
3	*Carbono orgánico Total	%	3,26	PEE-LABSU-66	EPA 9060
4	*Nitrógeno total	%	0,28	PEE-LABSU-71	KJELDAHL, EPA 351.2

3.- Responsables del Informe:

Autorización: Téc. Andrés Solís Plaza,
 DIRECTOR TECNICO



Ing. Viviana Lara Villegas
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

Anexo 3: Análisis bromatológico de la tusa de maíz

 <p>LABSU Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Pray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratotio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105		Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003
	INFORME DE ENSAYO N°: 116 172		
	SPS: 17 - 0 052	Análisis de planta	

Coca, 25 de enero de 2018

Srta. Mireya Cueva.

Dirección: Coca.

1.- Datos generales:

Recogidas por Srta. Mireya Cueva
 Fecha hora de toma de muestra 2 017 12 12 15:00.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 017 12 12 17:15.
 Fecha del análisis 2 017 12 12 a 2 018 01 25
 Condiciones Ambientales de Análisis . T. Máx: 26,5°C T. Mín: 21,5°C
 Código de LabSu **Identificación de la muestra.**
 b 1983 Muestra de sustrato de tusa seca del maíz.

2.- Resultados / Parámetros y métodos / referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	b 1983	PEE-LABSU	Método / Norma / Referencia
1	*Ceniza	%	2,15	PEE-LABSU-55	GRAVIMETRICO
2	*Humedad	%	4,08	PEE-LABSU-51	GRAVIMETRICO
3	*Carbono orgánico Total	%	3,71	PEE-LABSU-66	EPA 9060
4	*Nitrógeno total	%	0,32	PEE-LABSU-71	KJELDAHL, EPA 351.2

3.- Responsables del Informe:

Autorización: Téc. Andrés Solís Plaza.
DIRECTOR TECNICO



Ing. Viviana Lara Villegas
RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

MC2201-05

Página 1 de 1

Anexo B: Análisis bromatológico de los sustratos remanentes

Anexo 1: Análisis bromatológico de la cáscara de cacao

 Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105	Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003
	INFORME DE ENSAYO N°: 116 173 SPS: 17 - 0 052 Análisis de planta	

Coca, 25 de enero de 2018

Srta. Mireya Cueva.

Dirección: Coca.

1.- Datos generales:

Recogidas por Srta. Mireya Cueva
Fecha hora de toma de muestra 2 017 12 12 15:00.
Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 017 12 12 17:15.
Fecha del análisis 2 017 12 12 a 2 018 01 25
Condiciones Ambientales de Análisis .T. Máx: 26,5°C T. Mín: 21,5°C
Código de LabSu Identificación de la muestra.
b 1 984 Muestra de sustrato de cacao remanente.

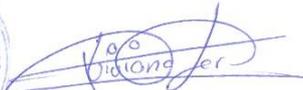
2.- Resultados / Parámetros y métodos / referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	b 1 984	PEE-LABSU	Método / Norma / Referencia
1	*Ceniza	%	25,60	PEE-LABSU-55	GRAVIMETRICO
2	*Humedad	%	59,54	PEE-LABSU-51	GRAVIMETRICO
3	*Carbono orgánico Total	%	2,87	PEE-LABSU-66	EPA 9060
4	*Nitrógeno total	%	0,25	PEE-LABSU-71	KJELDAHL, BPA 351.2

3.- Responsables del Informe:

Autorización: 
Téc. Andrés Solís Plaza.
DIRECTOR TECNICO




Ing. Viviana Lara Villegas
RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

MC2201-05

Página 1 de 1

Anexo 2: Análisis bromatológico de la hoja de plátano

 <p>LABSU Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<p>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593)06- 2881105</p>	<p>Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003</p>
	<p>INFORME DE ENSAYO N°: 116 174</p>	
	SPS: 17 – 0 052	Análisis de planta

Coca, 25 de enero de 2018

Srta. Mireya Cueva.

Dirección: Coca.

1.- Datos generales:

Recogidas por Srta. Mireya Cueva
 Fecha hora de toma de muestra 2 017 12 12 15:00.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 017 12 12 17:15.
 Fecha del análisis 2 017 12 12 a 2 018 01 25
 Condiciones Ambientales de Análisis . T. Máx: 26,5°C T. Mín: 21,5°C
 Código de LabSu Identificación de la muestra.
 b 1 985 Muestra de sustrato de hoja de plátano remanente.

2.- Resultados / Parámetros y métodos / referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	b 1 985	PEE-LABSU	Método / Norma / Referencia
1	*Ceniza	%	19,22	PEE-LABSU-55	GRAVIMETRICO
2	*Humedad	%	76,33	PEE-LABSU-51	GRAVIMETRICO
3	*Carbono orgánico Total	%	3,73	PEE-LABSU-66	EPA 9060
4	*Nitrógeno total	%	0,32	PEE-LABSU-71	KJHL DAHL, EPA 351.2

3.- Responsables del Informe:

Autorización: Téc. Andrés Solís Plaza,
DIRECTOR TECNICO



Ing. Viviana Lara Villegas
RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

Anexo 3: Análisis bromatológico de la tusa de maíz

	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: laboratorio@labsu.com Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593)06- 2881105		Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OAE LE 2C 07-003
	INFORME DE ENSAYO N°: 116 175		
SPS: 17 – 0 052		Análisis de planta	

Coca, 25 de enero de 2018

Srta. Mireya Cueva.

Dirección: Coca.

1.- Datos generales:

Recogidas por Srta. Mireya Cueva
 Fecha hora de toma de muestra 2 017 12 12 15:00.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio..... 2 017 12 12 17:15.
 Fecha del análisis 2 017 12 12 a 2 018 01 25
 Condiciones Ambientales de Análisis . T. Máx: 26,5°C T. Mín: 21,5°C
 Código de LabSu **Identificación de la muestra.**
 b 1 986 Muestra de sustrato de tusa de maíz remanente.

2.- Resultados / Parámetros y métodos / referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	b 1986	PEE-LABSU	Método / Norma / Referencia
1	*Ceniza	%	5,32	PEE-LABSU-55	GRAVIMETRICO
2	*Humedad	%	54,17	PEE-LABSU-51	GRAVIMETRICO
3	*Carbono orgánico Total	%	3,64	PEE-LABSU-66	EPA 9060
4	*Nitrógeno total	%	0,31	PEE-LABSU-71	KJELDAHL, EPA 351.2

3.- Responsables del Informe:


 Autorización: Téc. Andrés Solís Plaza
 DIRECTOR TECNICO




 Ing. Viviana Lara Villegas
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

MC2201-05

Anexo 4: Análisis bromatológico de los sustratos remanentes y cuerpos fructíferos

	INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
	ESTACIÓN EXPERIMENTAL CENTRAL DE LA AMAZONIA
	LABORATORIO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD DE ALIMENTOS
	Cantón Sacha, Vía san Carlos km 3 Tfn: 063700000 ext 204

REPORTE DE RESULTADOS N° 17-000

Datos Generales

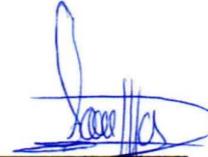
NOMBRE PETICIONARIO	Mireya Cueva	INSTITUCIÓN	Mireya Cueva
DIRECCIÓN	Coca	TELÉFONO	0994174342
FECHA DE EMISIÓN	22/12/2017	FECHA DE RECEPCIÓN	13/12/2017
TIPO DE MUESTRA	Muestras secas y remanentes	ANÁLISIS SOLICITADO	Fibra cruda y grasa

ANÁLISIS	HUMEDAD PS	E.E*	FIBRA *	IDENTIFICACIÓN	
MÉTODO	LCA-PO-03	LCA-PO-05	LCA-PO-06		
UNIDAD	%	%	%		
	xxx	0,85	32,05	Cacao seco	17-010
	xxx	1,84	17,43	Hoja de plátano remanente	17-011
	xxx	2,40	21,77	Tusa remanente	17-012
	xxx	0,34	28,62	Cacao remanente	17-013
	xxx	0,36	35,94	Tusa seca	17-014
	xxx	1,76	6,80	Hongo	17-015
	xxx	2,92	26,56	Hoja de plátano	17-016

Los ensayos marcados con * se reportan en base seca

Observación: Muestra entregada por el cliente

Responsables del Informe


 Ing. Maritza Sánchez
 Responsable del laboratorio


 Ing. Armando Burbano
 Asistente de Investigación



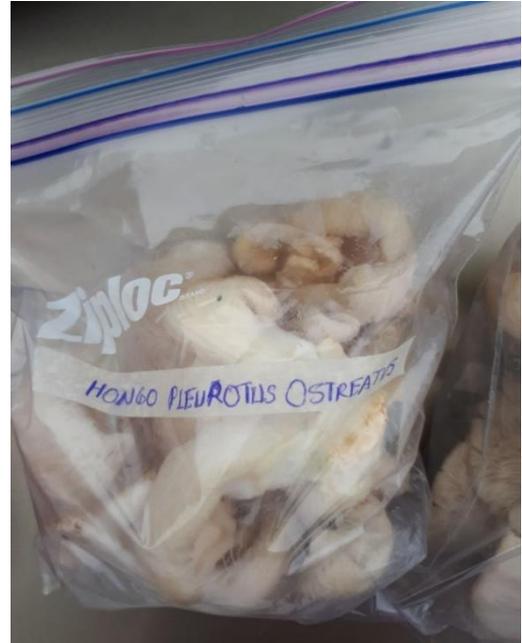
Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio

Los resultados aquí indicados solo están relacionados con los objetos de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este reporte de ensayo es de carácter confidencial, dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibida. Si Ud. ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información

Anexo C: Producción de *Pleurotus ostreatus*

Anexo 1: Cosecha de *Pleurotus ostreatus*



Anexo 2: Cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* – Cáscara de Cacao



Anexo 3: Cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* – Hoja de Plátano



Anexo 4: Cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* – Tusa de Maíz



Anexo 5: Cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* – Mixto

