

**VALORACION Y CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE *Pleurotus Ostreatus* EN CUATRO SUSTRATOS  
GENERADOS A PARTIR DE PROCESOS PRODUCTIVOS AGROPECUARIOS, EN EL MUNICIPIO DE  
MALAGA SANTANDER**

**Ruth Catalina Acevedo Cárdenas (Autor)**

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS BASICAS, TECNOLOGIA E INGENIERIA  
SANTANDER  
MALAGA 2017

**VALORACION Y CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE *Pleurotus Ostreatus* EN CUATRO SUSTRATOS  
GENERADOS A PARTIR DE PROCESOS PRODUCTIVOS AGROPECUARIOS, EN EL MUNICIPIO DE  
MALAGA SANTANDER**

**Ruth Catalina Acevedo Cárdenas (Autor)**

**Trabajo de Tesis presentado en opción al grado  
Especialización en procesos de Alimentos y Biomateriales**

**Director, Msc. Giovanni Rueda Carrillo**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS BASICAS, TECNOLOGIA E INGENIERIA**

**SANTANDER**

**MALAGA 2017**

**Nota de aceptación**

---

---

---

**Presidente del Jurado**

---

**Jurado**

---

**Málaga, 05 de Abril de 2017.**

**“Dichoso es aquel que mantiene una profesión  
que coincide con su afición”**

**George Bernard Shaw**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quisiera dedicar este trabajo a dios por acompañarme a lo largo de mi carrera y guiar mi camino para poder culminar mi meta.

En particular, me gustaría dar las gracias a mis padres Pablo Diomedes Acevedo Crispín y Mátilde Cárdenas Vega por su apoyo incondicional quienes desde siempre me inculcaron el valor de prepararse a lo largo de la vida y a mis hijos Juan Andrés y David Santiago que son el motor de mi vida.

Me gustaría expresar mi gratitud a la Universidad Abierta y a Distancia UNAD por despertar mi interés a crecer profesionalmente

Estoy especialmente agradecida con mi director de trabajo de grado Msc Giovanni Rueda Carrillo por su supervisión y dirección en el desarrollo de este trabajo.

## CONTENIDO

	PAG.
RESUMEN	11
INTRODUCCION	12
OBJETIVOS	14
JUSTIFICACION	15
ANTECEDENTES	16
<b>CAPITULO 1. REVISION BIBLIOGRAFICA</b>	<b>19</b>
1.1 Hongos macromicetos	19
1.2 Setas	19
1.2.1 Morfología	20
1.3 Materiales usados para el cultivo del hongo <i>Pleurotus Ostreatus</i>	20
1.4 Factores que influyen en el rendimiento	21
1.4.1 Composición del sustrato	22
1.4.2 Tipo de Cepa, preparación del inóculo	23
1.5. Indicadores de producción	24
1.6 Valor nutricional de los hongos comestibles	24
1.7 Las setas comestibles, alimentos saludables	25
<b>CAPITULO 2. MATERIALES Y METODOS</b>	<b>26</b>
2.1 Diseño experimental de la investigación	26
2.1.1 Muestreo de los residuos	27
2.1.2 Caracterización de los residuos agrícolas	27
2.2 Cultivo del hongo <i>Pleurotus Ostreatus</i>	27
2.3 Selección de la cepa	28
2.3.1 Adecuación de los sustratos para el cultivo del hongo <i>Pleurotus Ostreatus</i>	28
2.3.2 Evaluación de la producción	29
2.4 Caracterización fisicoquímica del hongo <i>Pleurotus Ostreatus</i>	29
<b>CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>30</b>
3.1 Evaluación de los resultados de producción del cultivo del hongo <i>Pleurotus Ostreatus</i> en los diferentes sustratos	30
3.1.2 Fase de Incubación	30
3.1.3 Fase de fructificación	31
3.2 Caracterización de sustratos y carpóforos	35
3.2.1 Análisis proximal de los sustratos	35

3.2.2	Análisis proximal de los carpóforos	<b>37</b>
	CONCLUSIONES	<b>40</b>
	RECOMENDACIONES	<b>41</b>
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	<b>42</b>
	ANEXOS	<b>48</b>

## LISTA DE TABLAS

	<b>PAG.</b>
Tabla 1. Análisis proximal realizado a la mezcla fresca y deshidratada de las setas <i>Pleurotus Ostreatus</i> y <i>Pleurotus Pulmonarius</i> cultivados en el departamento de Caquetá comparado con trabajos similares en <i>Pleurotus Sp.</i>	<b>25</b>
Tabla 2. Colonización del micelio de <i>Pleurotus Ostreatus</i> sobre el sustrato evaluado.	<b>30</b>
Tabla 3. Numero de primordios de <i>Pleurotus Ostreatus</i> sobre lote evaluado.	<b>32</b>
Tabla 4. Numero de cuerpos fructíferos y peso en gramos de cosecha por ramas de <i>Pleurotus Ostreatus</i> por semanas evaluado.	<b>33</b>
Tabla 5. Eficiencia biológica y rendimiento de <i>Pleurotus Ostreatus</i> por cosecha.	<b>34</b>
Tabla 6. Análisis proximal de sustratos para el cultivo de <i>Pleurotus Ostreatus</i> en base húmeda y seca.	<b>35</b>
Tabla 7. Análisis proximal de carpóforos de <i>Pleurotus Ostreatus</i> en base húmeda y seca.	<b>37</b>

## LISTA DE ANEXOS

		PAG.
ANEXO 1	SIGLAS	48
ANEXO 2	SUSTRATOS	49
ANEXO 3	BLOQUES INOCULADOS	50
ANEXO 4	FASE DE COLONIZACION DEL MICELIO	51
ANEXO 5	APARICION DE PRIMORIDOS	52
ANEXO 6	COSECHA <i>Pleurotus Ostreatus</i>	53
ANEXO 7	PROXIMAL SUSTRATOS PARA COSECHA <i>Pleurotus Ostreatus</i>	54
ANEXO 8	PROXIMAL CARPÓFORO <i>Pleurotus Ostreatus</i>	55

## GLOSARIO

- **CARPÓFORO:** Es el cuerpo fructífero de los hongos superiores, el termino científico para el hongo propiamente dicho.
- **COLONIZACIÓN:** Termino utilizado para indicar la población u ocupación de un espacio.
- **ESTIRPE:** Pie de la seta
- **FRUCTIFICACIÓN:** Producir rendimiento, dar fruto.
- **MICELIO:** Es la masa de hifas que constituye el cuerpo vegetativo de un hongo.
- **PILEO:** Nombre técnico de que le da al sombrero de un basidiocampo o ascocarpo (cuerpo fructífero del hongo), que presenta una superficie donde se alojan las esporas. El píleo es característico de los agáricos, los boletos, algunos poliporos y algunos ascomicetos.
- **PRIMORDIO:** Es el estado rudimentario en el que se encuentra un órgano en formación,
- **SETA:** cualquier especie de hongo con forma de sombrero sostenido por un pedicelo.

## RESUMEN

Se elaboró un cultivo del hongo *Pleurotus Ostreatus* sobre cuatro residuos sólidos de diferente procedencia usados como sustratos. Estos fueron residuos de café de consumo humano, bagazo de caña de azúcar, tallo de maíz, y hojas de plátano. Se evaluó el efecto de los cuatro sustratos de manera individual sobre la producción del hongo a través de indicadores de eficiencia biológica, el rendimiento, el tiempo de incubación, el tiempo de aparición de primordios, la cantidad de cuerpos fructíferos y la productividad. A los sustratos y cuerpos fructíferos provenientes de las bolsas se les determinó un análisis proximal para evaluar su contenido nutricional.

## INTRODUCCION

Los residuos generados a partir de las cosechas constituyen un grave problema ambiental. Muchos residuos lignocelulósicos como el bagazo de caña de azúcar generan impactos negativos ambientales debido a la quema de este material y emitiendo a la atmosfera polvo o sustancias orgánicas que contribuyen al smog, así como  $SO_2$  que al sumarse con agua genera  $SO_4$  este se precipita en agua formando lluvia ácida (Ronderos y Col, 2010).

En Colombia uno de los cuatro sectores importantes en la economía del país es el sector agropecuario, el cual tiene una alta participación con productos como el algodón, el café, la caña de azúcar, el maíz, el arroz, el plátano, las oleaginosas, entre otros (Banco de la Republica, 2015).

Como alternativa a una producción más limpia los hongos de pudrición blanca tienen la capacidad metabólica de producir enzimas lignolíticas que actúan sobre la lignina, un polímero irregular e insoluble componente de la lignocelulosa que se presenta como la primera barrera de la degradación y se interpone a la utilización de la celulosa y hemicelulosa ricas en azúcares (Feng et al, 2011).

El cultivo de setas es una alternativa de aprovechamiento de biomasa para la producción de alimentos nutritivos, saludables, de bajo costo mediante tecnologías no contaminantes. El reino fungoideo puede ser cultivado en residuos agroindustriales lignocelulósicos, estos materiales son poco aprovechados al tiempo que se producen en forma natural en cantidades enormes de tierra, pues se estima que sean producidas unas  $1 \times 10^{10} TM$  cada año (Li et al, 2009).

En el departamento de Santander, existe muy poca tradición cultural y culinaria del consumo de hongos comestibles. La población conoce muy poco acerca de este alimento de buena calidad nutricional además de su buen sabor y propiedades nutracéuticas, encontramos el hongo *Pleurotus Ostreatus* de manera silvestre en los cultivos de palma africana de las aceiteras del departamento. (Díaz y Col, 2012).

Es así como en la región de Málaga Santander se requiere aprovechar los residuos lignocelulósicos en la producción de *Pleurotus Ostreatus* evaluando los sustratos para la obtención de una mayor productividad y mayor contenido proteico del carpóforo.

A partir de estas consideraciones se planteó como problema de investigación:

¿Cuál es el sustrato de mayor rendimiento para la producción de *Pleurotus Ostreatus*, cuya base son los residuos agrícolas lignocelulósicos producidos en la zona de Málaga?

Y como hipótesis de investigación se propuso lo siguiente:

Hipótesis Nula  $H_0$ : la composición de los 3 residuos lignocelulósicos no tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la producción del hongo *Pleurotus Ostreatus* al ser comparado con el cultivo control (sustrato comercial de caña de azúcar).

Hipótesis Alternativa  $H_1$ : la composición de los 3 residuos lignocelulósicos si tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la producción del hongo *Pleurotus Ostreatus* al ser comparado con el cultivo control (sustrato comercial de caña de azúcar).

El beneficio esperado de la presente tesis radica en haber identificado un sustrato adecuado para mejorar la producción de *Pleurotus Ostreatus* y el mejoramiento de la calidad nutricional del carpóforo.

El impacto de la producción de *Pleurotus Ostreatus* es positivo, pues brinda un alimento de excelente carga nutricional que ayudaría a reducir los desechos orgánicos lignocelulósicos de la región de Málaga Santander, generaría un impacto ambiental positivo y mejoraría la calidad nutricional de la población. Si se obtiene la hipótesis alternativa todos los sustratos pueden servir estadísticamente y son representativos, y esto sería bueno porque se tendrían sustratos en diferentes épocas del año de acuerdo a las cosechas.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

- Evaluar los niveles de producción de *Pleurotus Ostreatus* en cuatro sustratos a partir de las materias primas disponibles en el municipio de Málaga Santander.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Evaluar la producción de *Pleurotus Ostreatus* cultivados en los diferentes sustratos en términos de aparición de primordios, productividad y rendimiento en el momento de la cosecha.
2. Calcular la eficiencia biológica de los sustratos utilizados en la producción de *Pleurotus Ostreatus* para evaluar la capacidad de la cepa en producir cuerpos fructíferos.
3. Identificar el contenido de nutrientes de los carpóforos y de los sustratos mediante un análisis proximal.

## JUSTIFICACION

Generalmente, durante el desarrollo de las actividades productivas no se aprovechan muchos residuos agrícolas y de los procesos agroindustriales de transformación de materias primas se generan grandes cantidades de residuos con alta composición lignocelulósica y de muy baja importancia económica por lo que son desechados como la borra de café, el bagazo de la caña de azúcar y la hoja de plátano, abundantes en la región y que cumplen con los requisitos para ser un buen sustrato para el cultivo del *Pleurotus ostreatus*. Muchos de estos residuos generalmente son utilizados como carburante en muchas zonas de producción agroindustrial generando contaminación al medio ambiente.

La producción de este hongo genera un alimento de buena calidad utilizando residuos orgánicos lignocelulíticos propios de los cultivos agrícolas de la región.

En nuestro país son pocas las empresas que de manera tecnificada generan la producción del hongo *Pleurotus Ostreatus*. Este cultivo sigue siendo un cultivo artesanal de pequeños agricultores que aprovechan los residuos agroindustriales lignocelulósicos como sustrato para el crecimiento de hongos comestibles.

## ANTECEDENTES

El cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus Spp.*, comúnmente conocidos como hongos ostra u Orellana, fue realizado por primera vez en el mundo a principios del siglo pasado y se ha incrementado en las últimas cinco décadas, alcanzando el 14,2% de la producción total de hongos comestibles en el mundo en el año de 1997, siendo China el principal productor con el 86,8% de la producción mundial y con cerca de 800.000 toneladas producidas al año (Sánchez et al, 2006).

La semilla del hongo *Pleurotus Spp* es la expansión de la masa de micelio que busca potenciar metabólicamente al hongo para que se encuentre en condiciones ideales y así poder crecer eficientemente en los sustratos de pudrición.

- La degradación del sustrato por parte del hongo no sólo depende de la calidad del mismo sino también del tamaño de la partícula, pues al reducir su tamaño, también se disminuye la difusión de gases en el sustrato (Zadrazil et al, 1995).
- El hongo en su fase de crecimiento micelial (fase de incubación) consume preferiblemente carbohidratos solubles y hemicelulosa respecto de la celulosa y lignina. Con base en esto, los sustratos con mezclas, el bagazo de caña de azúcar o el tallo de maíz permiten o aumentan la disponibilidad de carbohidratos solubles o compuestos más fácilmente asimilables por el hongo en su fase de crecimiento micelial (Salmones et al, 2005).
- El número de días para la aparición de primordios en los hongos del género *Pleurotus Spp.*, generalmente ha sido observado entre los 22 a 28 días después de la inoculación bajo condiciones controladas, con temperatura de 20 °C y 12 horas de luz artificial (600 lux) para una cosecha (Kalmis et al, 2004).
- El número de días para la aparición de primordios de *P. Ostreatus* cultivado sobre paja de trigo y pulpa de café bajo condiciones controladas, con temperatura de 24° C, humedad relativa de 84 por ciento y 12 horas de luz natural fue de 25 días en ambos casos para una cosecha y para un cultivo sobre borra de café con 60 por ciento de peso seco en mezcla con hojas de café, fue de 23 días para una cosecha (Leifa et al, 2000).
- El número de días para la aparición de primordios en una producción de *Pleurotus osteratus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia con temperaturas entre 7° C y 31,5° C, humedad relativa entre 33% y 100%, 12 horas de luz, para los tratamientos con más rápida aparición de primordios el número de días para la primera cosecha fue entre 31 y 34 días y para la segunda cosecha fue entre 48 y 55 días (Garzón y Col, 2008).
- La calidad productiva de un sustrato se percibe como aceptable a partir de eficiencias biológicas del 50%. Las eficiencias biológicas de *P. Ostreatus* cultivado en borra de café al

18% y 55% de peso seco en mezcla con aserrín y paja de trigo, también sobre trigo en mezcla con aserrín bajo condiciones controladas con temperatura de 17 °C, humedad relativa de 95 por ciento y 8 horas luz (1100 lux), fueron de: 40,5%, 43,2% y 35,2% respectivamente para dos cosechas, calificándolas como aptas para uso comercial (Job, 2004).

- En diferentes cepas de *Pleurotus djamor* sobre sustratos de paja de arroz, se obtuvieron eficiencias biológicas de 57,7% y 61,3% calificándolas como aptas para uso comercial (Vega et al, 2006).
- Los residuos orgánicos para ser usados como sustratos que tienen un alto contenido de azúcares como la piña mango y el banano, deben someterse a un proceso de reducción de estos mediante fermentación anaerobia, y su tiempo de duración depende de la naturaleza y cantidad del subproducto, la tendencia de parámetros de pH y Temperatura, así como características de color y textura del caldo fermentativo en el proceso (Ramírez et al, 2012).
- El alto contenido de polifenoles (taninos) en los residuos de residuos orgánicos como la mandarina son importantes por la gran capacidad que tienen de inhibir o activar enzimas específicas en el organismo contrarias a la oxidación y actuar como sustancias antimicrobianas, y genera cierto efecto antagónico frente al hongo *Pleurotus Ostreatus* actuando negativamente frente a su desarrollo (Díaz, 2012).

Dentro de las evaluaciones de sustratos para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* se pueden mencionar:

- Se realizó una comparación de la eficiencia de producción de hongo *Pleurotus ostreatus* en cinco diferentes granos siendo estos: sorgo, trigo, arroz, maíz y cebada. Estos granos fueron comparados con un diseño experimental completamente al azar, con cinco tratamientos y ocho repeticiones. Se utilizó como testigo el grano de Sorgo cada unidad experimental se constituyó de una bolsa de poli papel con 300 gramos esterilizados e inoculados con el micelio del hongo. El grano de cebada presento mejores rangos de crecimiento y en menor tiempo que los demás, incluyendo al grano testigo. A pesar que el grano de cebada tiene mayor precio, por disminución del tiempo de crecimiento es posible incrementar el número de ciclos de producción del hongo que a la vez aumenta la rentabilidad del proceso (Aldana, 2000).
- Como sustrato se utilizó el pericarpio de la Jacaranda y el pasto estrella para el cultivo artesanal del hongo *Pleurotus ostreatus*. Para el cultivo se utilizaron siete tratamientos con cuatro repeticiones en un diseño experimental al azar, cada uno a razón de 100 gramos de sustrato por cada unidad experimental. La eficiencia biológica para el pasto estrella africana, pericarpio de Jacaranda, su correspondiente mezcla en relación 1:1, son 107,4%, y 83,75% respectivamente, la cuales son significativamente menores a las obtenidas sobre el testigo (café), de 147,87%. Se evidencio que las mezclas no ofrecen efectos favorables para el cultivo artesanal del hongo (Ardón, 2004).

- Los restos de cosecha de maíz (caña, hojarasca y tusa), y hojarasca de roble de la especie *Quercus Peduncularis* son utilizados para el cultivo artesanal del hongo *Pleurotus ostreatus* utilizando para ello un diseño experimental completamente al Azar, con tres tratamientos y cinco repeticiones. Cada unidad experimental conto con 50 gramos de sustrato en peso seco. La eficiencia biológica de los sustratos evaluados rastrojo de maíz y hojarasca Cuerqus fue 113,28% y 113,52% respectivamente, el periodo de producción fue de 52 y 49,20 días respectivamente; y también presento una producción de masa fúngica comestible de 2,28% y 1,90% respectivamente, Las eficiencias biológicas fueron menores al obtenido por el testigo de pulpa de café de 148,21%, el periodo de producción de los tratamientos evaluados fue menor también pero únicamente por 5 días y la tasa de producción en porcentaje fue similar en todos los sustratos (Ceballos, 2007).
- En un cultivo el hongo *Pleurotus ostreatus* a partir de mantillos de encino, conacaste y liquidámbar se utilizaron cuatro tratamientos y cuatro repeticiones a razón de 100 gramos de sustrato por cada unidad experimental, con un diseño experimental completamente al azar. El encino alcanzo una eficiencia biológica del 70,57% muy por debajo del mostrado por café (testigo), que fue 103,54%. En los demás mantillos (conacaste y liquidámbar) no se pudo cultivar el hongo (Fajardo, 2001).
- En un sustrato de rastrojo de maíz y la cascarilla de arroz individualmente y sus mezclas en diferentes proporciones (1:1, 2:1 y 1:2), se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con seis tratamientos y ocho repeticiones a razón de una libra de sustrato en peso seco por unidad experimental. El mejor rendimiento del peso y eficiencia biológica se obtuvo con la mezcla 2:1 rastrojo de maíz y cascarilla de arroz respectivamente, con una eficiencia biológica del testigo pulpa de café fue de 105,5% y un peso total de 479 gramos por unidad. Concluyendo que es preferible el uso de mezclas de maíz y cascarilla de arroz que el sudo de estos mismos sustratos sin mezclar (García, 2000).
- Se evaluó el efecto de la pulpa de café sobre el rendimiento y eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus* utilizando estopa de coco y estróbilos de pino como sustratos para su cultivo, se realizaron mezclas de sustrato pulpa en proporciones de 9:1; 8:2; 7:3; 6:4; 5:5; y como testigo la pulpa utilizó un diseño experimental completamente al azar con 13 tratamientos y 5 repeticiones. Los resultados mostraron que le tratamiento que presento mayor rendimiento y eficiencia biológica fue la pulpa de café con 583.68 gramos de hongo y un 128.56% respectivamente, por otro lado no se recomienda la utilización de estróbilos como sustrato (Mendoza, 2001).
- En sustratos de paja de trigo, broza de encino y rastrojo de maíz para el cultivo del hongo *Pleurotus Ostreatus* se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 6 tratamientos y 7 repeticiones. Las unidades experimentales fueron 6 libras de sustrato. Se determinó que la mezcla de la paja de trigo más la broza de encino en proporciones 1:1 es la que presenta el mayor rendimiento en peso fresco y la mejor eficiencia biológica, el consumo de lignina del hongo en este sustrato fue de 19,22%, con relación beneficio/ costo de 1,75 (Rojas, 2004).
- Se evaluó el efecto que tiene la pulpa de café en la producción del hongo en dos sustratos diferentes: cáscara de cacao y madera de bambú. Agregada en cinco proporciones

diferentes a cada sustrato. Mediante el uso de un diseño experimental completamente al azar con 12 tratamientos más tres testigos y ocho repeticiones. Al agregar pulpa de café a los sustratos estos tienen un efecto positivo, por lo que se recomienda agregar pulpa de café a aquellos sustratos que presentan baja eficiencia biológica (Tuchan, 2004).

## CAPITULO 1. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 1.1 Los hongos macromicetos

Los hongos pertenecen al reino Fungí, tienen alimentación heterótrofa (por absorción) y carecen de clorofila. Presentan características intermedias entre los animales y vegetales, su pared celular está compuesta por quitina (polisacárido N – Acetil – D Glucosamina) como la de los animales y no de lignina y celulosa como en los vegetales. Los hongos almacenan glucógeno y no almidón como sucede en los animales (Sánchez y Poyse, 2002).

Los hongos macromicetos tienen capacidad de degradar la hemicelulosa por medio de la producción de enzimas como las xilanasas, galactanasas, manasas, arabinasas, y gluconasas y pueden degradar lignina por medio de producción de enzimas como la lacasa, lignina peroxidasa y manganeso peroxidasa (Pilippoussis et al, 2011).

### 1.2 Setas (*Pleurotus Ostreatus*)

El hongo *Pleurotus ostreatus* se caracteriza por tener esporas de impresión. Su crecimiento es cada vez más popular en todo el mundo, por sus habilidades para crecer en una amplia gama de condiciones climáticas y la utilización de diversas lignocelulosas. En la naturaleza, las especies de *Pleurotus Spp.* viven en las partes de las plantas que generalmente son pobres en nutrientes y vitaminas (Miles y Chang, 1997).

Para poner en marcha la incubación y desarrollo de los cuerpos fructíferos, son suficientes sustratos de materiales de lignina y celulosa tales como hojas de maíz, todas las pajas de cereales, papel, virutas de madera, aserrín, cáscaras de nueces y residuos vegetales, así como residuos de la industria alimentaria (Baysal et al, 2003).

Las especies del género *Pleurotus ostreatus*, ocupan el tercer lugar en la producción de hongos comestibles nivel mundial después de *agaricus bisporus* y *Lentinula edodes*, y comprende diversas especies comestibles, estas son aplicadas en la biotecnología, medicina y la parte ambiental (Cohen et al, 2002).

### 1.2.1 Morfología

*Pleurotus ostreatus* es un hongo descomponedor del grupo de podredumbre blanca que crece en forma natural en los árboles como aliso, balsa y arce y principalmente en los valles de los ríos. La palabra *Pleurotus* viene del griego *Pleuro* que significa formado lateralmente o en posición lateral, refiriéndose a la posición de la estirpe respecto al Píleo. La palabra *Ostreatus* en latín quiere decir en forma de ostra y en este caso se refiere a la apariencia y al color del cuerpo fructífero (Stamets, 2000; Hernández y Col, 2006).

La seta ostra generalmente se clasifica de la siguiente manera; Nombre Científico: *Pleurotus spp*; Filum: *Basidiomycotina*; Clase: *Basidiomycetes*; Subclase: *Holobasidiomycetidae*; Familia: *Paliporaceae*; Género: *Pleurotus*; Especie: *Sajor Caju, sapidus, Ostreatus, eous, membranaceous, la florida, citrinopileatus, flaballatus, pulmonarius, di jamour*, etc. (Asef, 2012).

*Pleurotus ostreatus* es un hongo agarical que lo cubre una capa micelial en la base y presenta carne delgada y blanca. El píleo cuando madura adquiere forma de concha, las láminas son blancas o de color crema en las cuales se disponen los basidios no tabicados con cuatro basidiosporas blanquecinas elípticas de 8-11 x 3-4 mm. (Mendoza et al, 1981; Hernández y Col, 2006).

El Píleo de la superficie es lisa, brillante y un poco viscosa en tiempo húmedo. El estirpe es corto de 1-4 x 1-2cm, las lámelas son blancas, decurrentes y ampliamente espaciadas y las esporas en masa son blanquecinas o de color gris blanquecino (Cardona et al., 1996; Hernández y Col, 2006).

El hongo *Pleurotus ostreatus* posee un píleo regularmente de 4 a 13cm de diámetro, aunque puede presentar tamaños mayores de acuerdo a las condiciones de fructificación. La superficie superior puede presentar color variable según la intensidad de la luz, con tonos blanquecinos, grises o azulados. Su margen es suave, delgado, ondulado y ocasionalmente enrollado (Stamets, 2000; Cardona y Col, 1996; Hernández y Col, 2006).

### 1.3 Materiales usados para el cultivo del hongo *Pleurotus Ostreatus*

Se han utilizado una gran variedad de materiales lignocelulósicos como sustrato para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*. Los residuos orgánicos más comúnmente utilizados como fuente de carbono incluyen paja de trigo, de avena, de centeno, de sorgo, de algodón, virutas de madera y cortezas, subproductos de algodón, heno, tallos de plantas de maíz, plantas y desperdicios de café, tusa de mazorca, hojas de té, cascaras de maní, harina de soya, cascaras de semillas de girasol, desperdicios de alcaucil, desperdicios de yuca, agave, residuos de la industria papelera (periódicos, cartones), hojas de plátano, cactus, yuca, pulpa de cardamomo, fibra de coco, hojas de limón, tallos de menta, paja de arroz, bagazo de caña, entre otros (Martín,1981).

#### Borra de Café

La borra de café es el residuo que queda después de la torrefacción del grano de café. Su composición química muestra que tiene un alto contenido de grasas, siendo un sustrato

técnicamente adecuado para el cultivo de hongo del género *Pleurotus Spp*. Por los tiempos y el porcentaje de invasión micelial encontrados en la fase de incubación (Jaramillo y Col, 2000).

La borra de café es un buen sustrato para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* sirviendo de alternativa para disminuir costos de producción y reciclar un componente de valor negativo, siendo un producto que no incorpora cafeína en las fructificaciones, como ha sido el caso observado en algunas cepas de *Pleurotus* cultivadas en cáscara de café o en pajas tratadas con pesticidas orgánicos como el Cycodel o la Analizina (Kumer, 2004).

### **Hoja de Plátano**

Las hojas de banana secas contienen 1,45% de Nitrógeno, son muy productivas en masa para *Pleurotus ostreatus*, los pseudotallos de bananas cortados dieron mejores resultados para *Pleurotus ostreatus* comparados con el aserrín o con la paja de arroz (Jadaik y Kapoor, 1974).

### **Rastrojo de Maíz**

Los principales residuos agroindustriales del cultivo del maíz son las brácteas u hojas de la mazorca (Pérez y Col, 2005).

### **Caña de Azúcar**

Los sustratos con mezclas, el bagazo de caña de azúcar permiten aumentar la disponibilidad de carbohidratos solubles o compuestos más fácilmente asimilables por el hongo en su fase de crecimiento micelial (Salmones et al, 2005).

### **Aserrín de Sauce**

Los troncos de madera de salix, generan mayor producción para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* comparado con el álamo. Los arboles más utilizados para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* los sauces, los olmos y los alisos, para utilizar aserrín como sustratos posible para el cultivo, debe eliminarse previamente los compuestos fenólicos de maderas duras como el pino o el eucalipto (Anselmi y Deandrea, 1979).

## **1.4 Factores que influyen en el rendimiento**

En el cultivo de *Pleurotus Spp* es necesario tener en cuenta algunos factores fisicoquímicos y biológicos que condicionan el óptimo desarrollo, rendimiento y composición de los cuerpos fructíferos. El tipo de sustrato está en relación directa con las necesidades de crecimiento del hongo. Hay hongos que necesitan más nitrógeno que otros como el champiñón, que crece en sustratos enriquecidos con abono como estiércol, además necesita un proceso de descomposición previo al material (fermentación), y en donde el *Pleurotus Spp* no puede crecer, porque sus requerimientos

sobre todo en nitrógeno y relación  $C/N_2$  son diferentes y por otro lado este hongo no necesita una descomposición previa de sustrato (Guzmán y Col, 2008; Chang y Col, 2009).

Debido a que no presentan requerimientos nutricionales complicados y a su fácil adaptación a los ambientes del cultivo, los hongos requieren de técnicas simples y económicas para su crecimiento. Los residuos agroindustriales proveen fuentes de carbono, nitrógeno, azufre y fósforo necesarias para el desarrollo adecuado de la masa fúngica (Khan, 2005).

La fuente de carbono es proporcionada en su totalidad por los residuos agroindustriales por lo cual para la optimización del cultivo de los hongos se han realizado amplias investigaciones acerca de diferentes mezclas de estos residuos con el fin de incrementar la producción (Atlas y Bartha, 2002).

La fuente de nitrógeno utilizada por los hongos comestibles cultivables es aportada en baja proporción por los residuos agroindustriales, los cuales contienen mayor proporción de carbono que de nitrógeno. Para proporcionar la cantidad de nitrógeno necesaria para el cultivo se adicionan suplementos tanto orgánicos (salvado de trigo, cereal, arroz) como inorgánicos (sales de ion amonio y sales de nitrato) (Atlas y Bartha, 2002).

#### **1.4.1 Composición del sustrato**

Los residuos agroindustriales contienen tres grandes polímeros estructurales, celulosa, hemicelulosa y lignina, con los que pueden ser fácilmente utilizados o degradados por las enzimas lignocelulíticas. La especie del hongo *Pleurotus Spp* son los organismos más eficientes para degradar lignina, con la capacidad de producir principalmente lacasas y peroxidasas de lignina (Adebayo et al, 2012).

Estas enzimas presentan un mecanismo biocatalizador no específico y se han utilizado para el proceso de biorremediación debido a su capacidad para degradar colorantes azoicos, reactivos poliméricos y heterocíclicos (Baldrian y Snajdr, 2006).

Los basidiomicetos de pudrición blanca se encuentran entre los organismos más potentes para biodegradar y desintoxicar una amplia gama de residuos y contaminantes. Estos hongos atacan selectivamente lignina y compuestos relacionados mediante la producción de uno o más enzimas de focalización fenol redox, a saber las peroxidasas y lacasas las fenol oxidasas (Ntougias et al, 2012). La prospección para los hongos es la capacidad de degradar altos niveles de lignina con enzimas de degradación y variantes de las enzimas novedosas, con propiedades deseables para aplicaciones biotecnológicas (Adebayo et al, 2012).

Las especies del hongo *Pleurotus Spp* presentan alta adaptabilidad para producir basidiomas dentro de una amplia variedad de residuos lignocelulósicos agroindustriales debido a su producción de enzimas lignolíticas e hidrolíticas (Mikiashvili et al, 2006).

Por lo tanto, las enormes cantidades de biomasa lignocelulósica pueden ser sustratos potencialmente biológicos, siendo una alimentación enriquecida y fuentes de energía económicas para el cultivo de setas.

Los materiales utilizados para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*, están constituidos por compuestos lignocelulíticos, los cuales están formados por celulosa y hemicelulosa enlazadas mediante lignina, un polímero aromático altamente oxigenado, con un esqueleto de fenilpropano que se repite. Sobre esta matriz se deposita una mezcla de compuestos de bajo peso molecular llamados extractivos.

### **Biodegradación de la lignina**

Las lacasas son glicociladas múltiples azul reductasas oxido de cobre (BMCO) que utilizan el oxígeno molecular para oxidar diversos compuestos aromáticos y no aromáticos a través de un mecanismo de reacción catalizada radical. La lacasa es un sistema mediador que se involucra en una gama de funciones fisiológicas tales como lignolisis, la síntesis de lignina, morfogénesis, patogénesis y desintoxicación (Mayer y Staples., 2002).

La lignina peroxidasa (LIP) es una Hemo glicoproteína que contiene y juega un papel importante en la biodegradación de la lignina de la pared celular constituyente (Piontec et al, 2001). LiPs catalizan la despolimerización oxidativa dependiente de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de una variedad de compuestos no fenólicos de lignina. LiPs permite oxidar los sustratos en las transferencias de múltiples electrones de paso y forman radicales intermedios que se someten a reacciones no enzimáticas. LiP es capaz de generar oxidación no fenólica en sustratos aromáticos y no requiere de la participación de mediadores debido a su inusualmente alto potencial redox (Wong., 2009).

Las Peroxidasas manganeso (MNP) son glicoproteínas extracelulares y áreas segregadas en múltiples isoformas que contienen una molécula de hemo como protoporfirina de hierro IX. MnP cataliza la oxidación dependiente de peróxido de Mn (II) a Mn (III), que se libera entonces de la superficie de la enzima en el complejo con oxalato o con otros quelantes. Los radicales pueden ser utilizados por MnP como una fuente o peróxidos y aumentan la lignina a degradar la eficiencia de los hongos (Wong., 2009).

En general, las especies de *Pleurotus* siguen el mecanismo empleado por hongos de pudrición blanca en la degradación de los residuos lignocelulolósicos. Los hongos de pudrición blanca degradan la lignina mediante la secreción de enzimas colectivamente denominado ligninasas. (Okamoto et al, 2002).

#### **1.4.2 Tipo de Cepa, preparación del inóculo**

Para obtener y seleccionar cepas de rápido crecimiento se han realizado diversos estudios a nivel experimental en ciclos de cultivos cortos, alta productividad con comportamiento estable para su uso comercial (Salmones, 2005).

A partir de cultivos en fase micelial en agares nutritivos controlados en frío se prepara el inóculo o semilla con ayuda de un bisturí estéril se toma un segmento de micelio contenido en la caja de Petri seleccionada y se inoculara en una cámara de flujo laminar en frascos de un kilogramo que contiene generalmente semillas de gramíneas precocidas e hidratadas, se incuban los frascos entre 25 a 28°C

para las cepas de *Pleurotus* de dos a tres semanas en la oscuridad estos frascos con semilla primaria pueden ser usados para la propagación de más micelio. (Ruilova, 2015).

En la fase de inoculación se agrega la semilla del hongo, se debe realizar en un área cerrada en un ambiente desinfectado para evitar contaminaciones en la fase de establecimiento micelial (Rodríguez y Gómez, 2001; Hernández y Col, 2006).

En la fase de incubación el micelio se expande a través del sustrato el ambiente debe ser cerrado y oscuro a una temperatura de 20 a 28°C y humedad relativa de 70 a 80% (Fernández, 2004; ; Hernández y Col, 2006).

La fase de fructificación comienza cuando el sustrato está invadido por el micelio y empiezan a nacer los primeros pines o primordios, los cuales serán los futuros cuerpos fructíferos se debe aumentar la humedad relativa, el ambiente debe tener luz para inducir a la formación de hongos (Fernández, 2004; Hernández y Col, 2006).

La cosecha es la fase en la cual se recogen los cuerpos fructíferos de manera manual. Habitualmente el cultivo tiene tres cosechas con porcentajes de 50 por ciento, 30 por ciento y 20 por ciento. (Oei, 2003; Hernández y Col, 2006).

### 1.5 Indicadores de Producción

Para expresar el rendimiento en la cosecha de los hongos se utiliza la eficiencia biológica o el grado de biodegradación del sustrato, en él se evalúa: el peso del hongo fresco producido por bolsa (PHF), el rendimiento (R) o la relación en porcentaje de peso de hongo fresco entre el peso del sustrato húmedo. La eficiencia biológica (EB), es la relación en porcentaje entre el peso fresco de hongos producidos y el peso seco de sustrato empleado y por último la tasa de productividad, se refiere a la EB entre el ciclo de producción: número de días transcurridos desde la inoculación del sustrato hasta la última cosecha del carpóforo en cada una de las bolsas (Zandrazil et al., 2007).

$$EB = \frac{\text{Peso del hongo Fresco}}{\text{Peso del sustrato Seco}} \times 100$$

$$\text{Peso del sustrato seco} = \text{peso del sustrato fresco} - \text{peso seco sustrato}$$

$$\text{rendimiento} = \frac{\text{Peso del hongo Fresco}}{\text{Peso del sustrato humedo}} \times 100$$

### 1.6 Valor nutricional de los hongos comestibles

Los hongos son bien conocidos por ser nutritivos y saludables por lo que su consumo ha ganado popularidad en todo el mundo (Ahmad y Col., 2011). Son relativamente altos en proteínas de buena calidad cuyos valores oscilan entre 19 a 35% en base seca y contienen todos los aminoácidos

esenciales para la nutrición humana principalmente leucina y lisina, carente en la mayoría de los cereales (Manzi y Col, 2004). Si bien su proteína es menor que la de las carnes, no obstante al hongo se le considera como un sustituto de la carne, pues su contenido proteico es superior al de la leche (3,2%), arroz (7%), trigo (13%), maíz (9%), y a la mayoría de vegetales (Ciappini y Col, 2004).

*Tabla1.* Análisis proximal realizado a la mezcla fresca y deshidratada de las setas *Pleurotus Ostreatus* y *pleurotus pulmonarius* cultivados en el departamento de Caquetá comparado con trabajos similares en *Pleurotus Sp.* (García y Col, 2014).

Parámetro	Fresco					Deshidratado				
	Caquetá <sup>1</sup>		Colombia <sup>2</sup>	China <sup>3</sup>	México <sup>4</sup>	Italia <sup>5</sup>	Caquetá <sup>1</sup>	Colombia <sup>6</sup>		Nigeria
	Jun - 12	Sep - 12					Oct - 12			
Humedad (%)	91,8	88,10	94,60	81,80	82,10	88,60	10,80	10,00	10,90	7,40
Materia seca (%)	8,30	11,90	5,40	18,80	17,90	11,40	89,20			92,60
Grasa (%) bs	1,70	0,60	2,30	0,90	5,60	2,20	2,70			1,10
Ceniza bs (%)	8,70	8,50	8,30	9,30	7,80	7,60	9,20			4,90
Fibra cruda (%) bs	5,90	5,90	2,90	12,50	0,00	5,30	4,80			27,00
Proteína bruta (%) bs	18,10	21,80	36,90	13,30	17,30	23,90	14,30	30,90	32,20	13,80
Carbohidratos totales bs (%)	65,70	63,20	52,40	64,10	72,10	61,10	62,90			53,20
Carbohidratos disponibles (%) bs	59,80	57,30	49,50	51,60	72,10	55,70	58,10			
Energía (cal 100g seco)	350,30	345,70	378,40	317,50	407,70	359,40	333,10			277,90

(García y Col, 2014; <sup>1</sup> Ruíz et al, 2011; <sup>2</sup> Yang et al, 2001; <sup>3</sup> Aguilar, 2003; <sup>4</sup> Manzi et al, 2004; <sup>5</sup> Jaramillo et al, 2011; <sup>6</sup> Akindahnsi & Oyetayo, 2006; <sup>7</sup> ).

### 1.7 Las setas comestibles, alimentos saludables

En las setas están presentes compuestos con propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antivíricas, anticancerígenas, antitumorales e inmunomoduladoras, que reducen la tensión sanguínea y las alergias, mejoran las funciones de los macrófagos. Entre estos la presencia de B-glucanos ha recibido considerablemente la atención (Ruilova., 2015). Se ha comprobado que consumo de basidio carpos de setas *Pleurotus Ostreatus*, previene el incremento de colesterol (Bobek y col., 1994). Son fuente importante de selenio, necesarios para el metabolismo humano y se ha demostrado que es uno de los micronutrientes con mayor efecto antioxidante y protección contra algunos tipos de cáncer (Cortéz y Col., 2007).

## CAPITULO 2. MATERIALES Y METODOS

Se realizó un estudio de tipo descriptivo y experimental, que evaluó el desarrollo del hongo *Pleurotus Ostreatus* en cuatro sustratos diferentes, los cuales son elaborados con subproductos agrícolas, siendo de fácil acceso en la zona de estudio; posterior al establecimiento se le suministro un manejo acorde con las exigencias y condiciones ecológicas de la especie a sembrar, dando cuidado homogéneo en el manejo de los sustratos, con el propósito se obtuvo un desarrollo de crecimiento y producción, acorde con cada uno y se evaluó el de mayor desempeño productivo.

El presente trabajo se desarrolló en ciudad de Málaga Santander, ubicado a 2200 msnm con una temperatura promedio de 12 a 18°C y una precipitación de 1000 a 4000 mm/año, dentro del casco urbano, a partir del mes de octubre del 2016. Para el establecimiento del cultivo se contó con una caseta con dimensiones de 2m x 3m x 2.5 m de altura, cuya estructura es de ladrillo y en su interior forrada de plástico negro, siendo totalmente oscura, aspecto necesario para la fase de incubación o estado vegetativo (invasión del micelio sobre el sustrato), la caseta contó con ventanas que permitieron la ventilación del lugar.

El trabajo experimental realizó la fase de campo en la ciudad de Málaga Santander y la fase de análisis de laboratorio se ejecutó en las instalaciones de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), José Celestino Mutis, en la ciudad de Bogotá.

### 2.1 Diseño experimental de la investigación

La estadística a desarrollar para la investigación fue un diseño completo al azar, realizando una distribución y aplicación aleatoria de los sustratos (**S. A:** sustrato testigo (caña de azúcar), **S.C:** sustrato de Borra de Café, **S.P:** sustrato de plátano, y **S.M:** sustrato de maíz, a las unidades experimentales (*Pleurotus Ostreatus*), previamente determinadas en las filas, estos sustratos se tuvieron diez replicas cada uno para mejor evaluación de la muestra. Se analizaron los datos mediante la utilización de la planilla Excel recomendada y el software SAS (2009), el procedimiento PROC GLM. Si se presenta diferencias significativas a partir de la prueba F ( $\alpha$ ,  $P<0.05$ ), y finalmente la utilización de una prueba de Tukey que separo las medias de los sustratos Experimentales ( $\alpha$ ,  $P<0.05$ ).

El presente estudio del cultivo del hongo (*Pleurotus Ostreatus*), se ha centrado en un diseño completamente al azar teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Analisis de la media y la desviación estándar, mediante una prueba de heterogeneidad de varianza como unidad experimental Anova y el test de levenne para determinar una varianza homogénea.

- Determinación del error experimental mediante la prueba T student, la media debe ser igual a 0. Anava, el procedimiento debe ser univariable, para ver si hay diferencias entre cada tratamiento.
- Test de normalidad del error: el valor debe ser ( $> 0,05$ ), las Anavas deben ser diferentes entre tratamientos. la prueba Tukey nos permite determinar cuál tratamiento fue mayor y cual fue menor.

### 2.1.1 Muestreo de los residuos

Los subproductos agroindustriales que se evaluaron en cada sustrato para el cultivo del hongo *Pleurotus Ostreatus* se recolectaron en la ciudad de Málaga Santander, aprovechando la cosecha de plátano, caña y maíz, ya que los residuos son desechados después de la producción, en cuanto al subproducto del café utilizado, es de consumo humano originado de las sobras provenientes de las cafeterías del municipio.

### 2.1.2 Caracterización de los residuos agrícolas

Se evaluaron 4 sustratos, utilizando como insumo las materias primas que se obtienen (subproducto) de la actividad agrícola en la región, con este propósito se generó información que permitió establecer su viabilidad para el desarrollo de la especie. Los subproductos agroindustriales base para la evaluación del sustrato fueron los siguientes: bagazo de caña de azúcar, hoja de plátano en estado seco, rastrojo del cultivo de maíz y borra de café,

Después que se obtienen las materias primas (subproductos agroindustriales) se procedió a realizar la estandarización para cada uno de los sustratos a evaluar, la cual se compuso de los siguientes materiales: subproducto agroindustrial 57%, Aserrín 30%, Mogolla 10%, Calcio 1%, Azúcar 2%

Los sustratos evaluados son los siguientes:

**S.A:** sustrato testigo, está compuesto por (bagazo de caña de azúcar 57%, Aserrín 30%, Mogolla 10%, Calcio 1%, Azúcar 2%).

**S.C:** sustrato de Borra de Café, está compuesto por (Borra de café 57%, Aserrín 30%, Mogolla 10%, Calcio 1%, Azúcar 2%).

**S.P:** sustrato de plátano, está compuesto por (hoja de plátano 57%, Aserrín 30%, Mogolla 10%, Calcio 1%, Azúcar 2%).

**S.M:** sustrato de maíz, está compuesto por (Rastrojo de maíz 57%, Aserrín 30%, Mogolla 10%, Calcio 1%, Azúcar 2%).

## 2.2 Cultivo del hongo *Pleurotus Ostreatus*

En la fase experimental, la prueba de campo se realizó en el municipio de Málaga Santander, en una bodega pequeña adecuada para tal fin propiedad de la estudiante que desarrollo este trabajo

y que contó con todos los requisitos básicos para la elaboración del mismo. Los equipos necesarios para la realización de dicho estudio fueron suministrados por el laboratorio de la UNAD.

### **2.3 Selección de la cepa**

La cepa del hongo *Pleurotus Spp*, fue suministrada por la empresa Casorellana, laboratorio de Rio Negro, Antioquia, variedad *Pleurotus Ostreatus* blanca micelio inoculado en sorgo con un peso de 5.0 Kg.

#### **2.3.1 Adecuación de los sustratos para el cultivo del hongo *Pleurotus Ostreatus***

Fase de campo: corresponde a esta etapa la obtención de materias primas, las cuales son el resultado de la producción agroindustrial, estos subproductos se recolectaron en diferentes fincas en la ciudad de Málaga donde su disponibilidad es continua, después de adquirir los subproductos se procedió a realizar el manejo para la elaboración del sustrato, para el bagazo de Caña de azúcar, rastrojo de maíz y hoja de plátano seca se realizó un picado de tal forma que se consiguió un tamaño de la materia de 1 cm aproximadamente, proceso que se hace con ayuda de una pica pasto, para la borra de café esta se dejó secar ya que cuando se recolecto contenía un alto grado de humedad, después de tener listo los subproductos agroindustriales, se procedió a la elaboración de los sustratos cuya composición es (subproducto agroindustrial 57%, Aserrín 30%, Mogolla 10%, Calcio 1%, Azúcar 2%). Se procedió a estandarizar humedad necesaria de los sustratos para su propósito mediante la adición de 16 litros de agua por cada de 16kg en base seca, después de tener una mezcla homogénea y húmeda se empaco en las bolsas de siembra cuya dimensión es de 30 X 17.5 cm, cuyo peso promedio fue de 3kg, seguido se ingresaron en un autoclave para ser esterilizado a 120°C y 15 libras/ cm<sup>2</sup> durante una hora. Después que se obtuvieron los sustratos estandarizados se seleccionó una muestra representativa de 200 gramos, la cual se envió al laboratorio de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, para Identificar el contenido de nutrientes (proteínas netas, fibra, humedad, cenizas, carbohidratos y grasas totales) mediante un análisis proximal con tres réplicas de acuerdo con los sustratos empleados.

Para el proceso de inoculación de la Orellana se utilizó semilla comercial de *Pleurotus Ostreatus* (micelio del hongo sobre semilla de sorgo) procedente de Medellín y se calculó la cantidad de semilla con base al 0,5% del peso seco total de cada muestra de sustrato, luego de que los sustratos se esterilizaron y presentaron una temperatura de 30°C se mezcló la semilla y el sustrato dentro de la bolsa correspondiente, cerrando la bolsa en la parte superior con una liga de amarre.

Alternó se efectuó la selección del sitio donde se estableció el cultivo, adecuando el área según lo requirió la especie, cabe mencionar que es de vital importancia la asepsia del lugar eliminando cualquier foco de contaminación.

Posteriormente se procedió a la demarcación de las filas para establecer los sustratos, siembra y toma de información de cada uno en el sitio de estudio durante las fases de invasión, crecimiento y

desarrollo, fructificación y finalmente la cosecha. Cabe mencionar que la toma de datos se realizó cada 8 días y se evaluó el comportamiento del micelio y el sustrato.

### **2.3.2 Evaluación de la producción**

Fase de escritorio y análisis: esta fase es la continuación de la de campo y correspondió a la revisión de la información recolectada de cada sustrato con sus muestras de estudio, por medio de registros y con ayuda del formato de “Excel” requerido, conforme a las exigencias de la investigación.

### **2.4 Caracterización fisicoquímica del hongo *Pleurotus Ostreatus***

Finalmente cuando se obtuvo el producto y se realizó la cosecha se identificó el contenido de nutrientes de la Orellana (proteínas netas, fibra, humedad, cenizas, carbohidratos y grasas totales) de acuerdo con los sustratos empleados.

### CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1 Evaluación de los resultados de producción del cultivo del hongo *Pleurotus Ostreatus* en los diferentes sustratos.

##### 1.1.2 Fase de incubación

Posterior a la preparación de los sustratos, esterilización e inoculación, las bolsas fueron colgadas en filas de 8 unidades, en un área previamente desinfectadas que se le llamo zona de incubación del invernadero necesaria para este estudio, en donde se observaron temperaturas de 7 a 34°C y humedad relativa entre 31 y 100% registradas mediante la ayuda de un termo higrómetro. Las bolsas permanecieron allí ocho días sin ser movidas o abiertas, después de ocho días las bolsas fueron monitoreadas semanalmente, a los tres días se les permitió la aireación a los sustratos. Esta fase se dio por terminada cuando en el monitoreo se observó que el micelio había colonizado toda la superficie del sustrato, mediante una capa blanquecina y algodonosa, en esta fase se midió el efecto de los tratamientos sobre el número de días en la fase de incubación.

La siguiente tabla presenta los datos obtenidos en la fase de incubación:

Tabla2. Colonización del micelio de *Pleurotus Ostreatus* sobre el sustrato evaluado. (Elaboracion propia).

Tratamiento	Colonización de micelio sobre sustrato			
	Semana 1		Semana 2	
	Largo	Ancho*	Largo	Ancho
SP	10,60 ± 2,95A	13,80 ± 9,37 A	55,20 ± 7,5 <sup>a</sup>	30,80 ± 5,39A
SC	7,90 ± 5,19 AB	10,10 ± 6,57 A	27,50 ± 10,21B	25,50 ± 5,21A
SA	3,80 ± 3,15BC	3,20 ± 2,25 B	11,20 ± 7,73C	12,70 ± 3,06B
SM	2,30 ± 2,3C	1,60 ± 1,50 B	16,30 ± 5,21C	11,20 ± 4,54B
CME	1,13	1,86	2,45	1,47
Shapiro Wilk	W 0,953096	W 0,986981	W 0,97805	W 0,975295
Tratamiento	Semana 3		Semana 4	
	Largo	Ancho*	Largo	Ancho*
	SP	57,00 ± 5,42A	32,70 ± 3,37A	59,20 ± 1,23A
SC	39,70 ± 10,28B	30,50 ± 4,72A	60,00 ± 0,00A	35,00 ± 0,00A
SA	20,50 ± 9,03C	22,10 ± 5,80B	40,90 ± 11,66B	29,90 ± 2,33B
SM	44,60 ± 12,22B	30,10 ± 3,54A	60,00 ± 0,00A	35,00 ± 0,00A
CME	3,02	1,41	1,85	0,47
Shapiro W	W 0,972219	W 0,939738	W 0,654414	W 0,764882
Tratamiento	Semana 5		Largo	Ancho*
	Largo	Ancho*		
	SP	60,00 ± 0,00A	35,00 ± 0,00A	

SC	60,00 ± 0,00A	35,00 ± 0,00A		
SA	57,50 ± 4,06B	34,20 ± 1,13B		
SM	60,00 ± 0,00A	35,00 ± 0,00A		
CME	0,64	0,18		
Shapiro W	W 0,511782	W 0,621116		

Letras: prueba Tukey, comparación para medias de mínimos cuadrados de los tratamientos, las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Para estas variables \* no se cumplió el supuesto de homogeneidad de varianza (prueba de Levene) por lo tanto se realizó una transformación de los datos (raíz cuadrada) para poder realizar las respectivas comparaciones de media entre los diferentes tratamientos experimentales.

Se puede apreciar en la tabla 2 que en los sustratos donde más rápidamente se completó la colonización del micelio, fueron los sustratos de café junto con el tallo de maíz con finalización de periodo de incubación a la semana 4 o día 28 después de la inoculación, los cuales presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) con los demás tratamientos. Los tratamientos borra de café y rastrojo de maíz no tuvieron diferencias estadísticamente significativas.

También se puede apreciar que los sustratos donde más se demoró la invasión micelial con diferencias estadísticamente significativas respecto de los demás fue el tratamiento de caña de azúcar con más de 5 semanas o más 35 días después de la inoculación.

Estudios previos muestran que para *P. Ostreatus* cultivado en sustratos sólidos esta fase debe durar cerca de 14 días con temperatura constante de 28°C en la oscuridad (Soto y Col., 1999).

A partir de la tabla 2 podemos establecer que los tratamientos con mayor velocidad de invasión fueron los tratamientos de borra café junto con el rastrojo de maíz. El número de días fue 28 días o 4 semanas, estas diferencias probablemente fueron debido a que la temperatura del lugar fue temperatura ambiente y osciló entre 7°C hasta 34°C.

El hongo en su fase de crecimiento micelial consume preferiblemente carbohidratos solubles y hemicelulosa respecto de la celulosa y la lignina. El tallo de maíz permitió o aumento la disponibilidad de carbohidratos solubles o compuestos más fácilmente asimilables por el hongo en su fase de crecimiento micelial (Salmones y Col., 2005).

### 1.1.3 Fase de fructificación

Se observó que el micelio había colonizado toda la superficie del sustrato y así las unidades son sometidas a la zona de fructificación del invernadero, bajo las siguientes condiciones-, exposición de luz solar indirecta, temperatura ambiente mínima de 7°C y máxima de 31,5°C, humedad relativa entre 33 a 100 por ciento, donde las bolsas permanecieron colgadas. Los sustratos fueron regados diariamente con agua potable y con ayuda de un atomizador para permitir una mejor distribución

del agua sobre el área del sustrato. Las cosechas se hicieron manualmente desprendiendo los cuerpos fructíferos del sustrato cuando estos dejaban de crecer en diámetro. En esta fase se midió el efecto de los tratamientos sobre:

- Número de primordios de los cuerpos fructíferos que aparecieron para tres cosechas.
- Número de carpóforos y peso cada cuerpo fructífero.
- Eficiencia biológica y rendimiento de los sustratos.

Todas las variables se evaluaron sobre 10 muestras por tratamiento.

Los datos obtenidos en la fase de fructificación: se tuvo en cuenta para la recolección de datos tres cosechas con la producción constante por 14 días teniendo en cuenta que la temperatura fue temperatura ambiente comprendidas entre 7°C hasta 31,5°C, humedad relativa entre 45% y 100% y 12 horas de luz indirecta, para los tratamientos con más rápida aparición de primordios el número de días para la primera cosecha fue 7 días y para la segunda cosecha fue 7 días.

- **Numero de primordios**

La siguiente tabla muestra el número de primordios obtenidos a través de las cosechas

Tabla3. Número de primordios de *Pleurotus Ostreatus* sobre lote evaluado. (Elaboracion propia).

Tratamiento	Numero de primordios		
	Cosecha1	Cosecha 2	Cosecha 3
OP	86,40 ± 9,52A	78,60 ± 17,49 AB	54,40 ± 14,68 B
OC	94,80 ± 3,36A	82,30 ± 11,88 A	67,80 ± 10,76 AB
OA	55,60 ± 11,14B	60,50 ± 8,80 C	53,60 ± 7,29 B
OM	94,80 ± 7,08A	62,60 ± 16,15 BC	75,60 ± 15,89 A
CME	2,63	4,43	3,99
Shapiro Wilk	W 0,982058	W 0,977098	W 0,988104

Letras: prueba Tukey, comparación para medias de mínimos cuadrados de los tratamientos, las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Como se puede observar en la tabla anterior Los tratamientos con mayor número de primordios formados en las cosechas fueron el café junto con el tallo de maíz.

- **Numero de carpóforos y peso de cada cuerpo fructífero.**

El número de carpóforos y el peso en racimos de los cuerpos fructíferos se clasificaron según la procedencia del sustrato de acuerdo como se evidencia en la tabla 4.

Tabla4. Numero de cuerpos fructíferos y peso en gramos de cosecha por ramas de *Pleurotus Ostreatus* por semanas evaluado. (Elaboración propia).

Tratamiento	Recolección de Carpóforos cosecha			
	Cosecha1		Cosecha 2	
	Peso (g)	No de carpo*	Peso (g)	No de carpo
OP	225,70 ± 33,60 B	22,00 ± 8,63 BC	159,00 ± 44,17 B	19,80 ± 6,30 AB
OC	307,80 ± 59,44 A	18,20 ± 4,47 C	144,00 ± 25,77 BC	13,50 ± 2,50B
OA	245,10 ± 45,52 B	28,60 ± 11,50 B	117,20 ± 34,57 C	13,20 ± 6,16B
OM	269,50 ± 37,63 BA	44,60 ± 7,72 A	225,90 ± 29,46 A	22,00 ± 6,83A
CME	14,27	2,67	10,81	1,8
Shapiro Wilk	W 0,974135	W 0,968798	W 0,986547	W 0,957297
Tratamiento	Cosecha 3		w Total	
	Peso (g)*	No de carpo		
OP	64,40 ± 17,76 B	11,80 ± 3,36B	449,10 ± 62,80C	
OC	91,40 ± 25,04 B	10,80 ± 4,64B	543,20 ± 54,79B	
OA	95,80 ± 24,59 B	10,430 ± 3,37B	458,10 ± 71,03C	
OM	172,30 ± 54,28 A	18,10 ± 6,31 <sup>a</sup>	667,70 ± 78,22 <sup>a</sup>	
CME	10,59	1,45	21,28	
Shapiro Wilk	W 0,97968	W 0,973639	W 0,965254	

Letras: prueba Tukey, comparación para medias de mínimos cuadrados de los tratamientos, las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Para estas variables \* no se cumplió el supuesto de homogeneidad de varianza (prueba de Levene) por lo tanto se realizó una transformación de los datos (raíz cuadrada) para poder realizar las respectivas comparaciones de media entre los diferentes tratamientos experimentales.

Según los resultados obtenidos en la tabla anterior, el sustrato en el que se obtuvo mayor peso en la cosecha de carpóforos fue el sustrato del tallo de maíz el cual presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) con los demás tratamientos. El tratamiento de café fue el segundo en presentar mayor peso en la cosecha de carpóforos.

El número mayor de primordios para las 3 semanas de cosecha se puede evidenciar en el sustrato del tallo de maíz el cual presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) con los demás tratamientos. Seguido del sustrato de plátano, se vio una reducción en la producción de número de cuerpos fructíferos inversamente proporcional con el número de la cosecha.

#### - Eficiencia biológica y rendimiento de sustratos

La eficiencia biológica es la relación entre el peso fresco de los cuerpos fructíferos y el peso seco del sustrato usado para su producción para cada una y la suma de las tres cosechas  $EB = (\text{Peso fresco de}$

los hongos (g)/ Peso seco del sustrato (g) x 100 y el rendimiento de los sustratos, es el peso total de los cuerpos fructíferos para cada una y la suma de tres cosechas

Tabla 5. Eficiencia biológica y rendimiento de *Pleurotus Ostreatus* por cosecha. (Elaboración propia).

Tratamiento	Sustrato			
	Peso Seco Abs	Peso final	Eficiencia Bio	Rendimiento
SP	1247,80 ± 173,30B	1752,20 ± 173,30A	36,34 ± 5,20B	14,97 ± 2,09C
SC	1079,70 ± 198,85B	1920,30 ± 198,85A	47,28 ± 5,08 <sup>a</sup>	18,10 ± 1,83B
SA	1269,20 ± 348,43B	1730,80 ± 348,43A	36,01 ± 10,28 B	15,27 ± 2,37C
SM	1628,90 ± 235,87A	1371,10 ± 235,87B	41,90 ± 8,58 AB	22,25 ± 2,61 A
CME	78,52	78,52	2,41	0,71
Shapiro Wilk	W 0,951153	W 0,951153	W 0,971766	W 0,965254

Letras: prueba Tukey, comparación para medias de mínimos cuadrados de los tratamientos, las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

La eficiencia biológica se registró en la tabla 5 donde se evidencia que los tratamientos con mayor eficiencia biológica (%) para la cosecha total, fueron los tratamientos en los que el porcentaje estuvo por encima de 40% encontrándose la mayor eficiencia en el tratamiento del sustrato de café con una eficiencia biológica del 41,28% y siendo este el único con diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) respecto a los demás tratamientos.

La calidad productiva de un sustrato se percibe como aceptable a partir de eficiencias biológicas del 50%. (Sánchez y Col., 2006).

Jhob y su equipo reportaron que las eficiencias biológicas de *P. Ostreatus* cultivado sobre borra de café al 18 y 55% de peso seco en mezcla con aserrín bajo condiciones controladas con temperatura de 17°C, humedad relativa de 95% y 8 horas luz (1100lux), fueron 40,5 43,2 y 35,2% respectivamente para tres cosechas clasificándolas como aptas para uso comercial (Job D., 2006).

La tabla 6 nos muestra una tendencia baja de las eficiencias biológicas, sin embargo estas estuvieron cercanas a las aceptadas comercialmente por los investigadores anteriormente nombrados en el caso de los mejores tratamientos.

Los resultados del indicador rendimiento se visualizan en la tabla 5. Se determina que los tratamientos que presentaron mayor rendimiento en gramos en la cosecha total fueron en el sustrato de tallo de maíz y la borra del café con una producción entre el 22,25% y 18,9% y tuvieron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) respecto a los demás tratamientos.

Se puede deducir que el rastrojo de maíz y la borra de café son sustratos óptimos para la producción de cuerpos fructíferos es el tallo de maíz y la borra de café ya que presentaron los mayores rendimientos en las tres cosechas.

### 3.2 Caracterización de sustratos y carpóforos

#### 3.2.1. Análisis proximal de los sustratos

Se evaluó la composición nutricional de los sustratos mediante un análisis proximal en el laboratorio de química y nutrición CEAD José Celestino Mutis de la ciudad de Santafé de Bogotá. Los indicadores evaluados fueron: humedad, proteína, grasa, fibra cruda, cenizas, extracto y libre de nitrógeno en base húmeda y en base seca de sustratos y carpóforos. Las variables se evaluaron sobre 3 muestras por tratamiento con 3 réplicas.

La siguiente tabla sintetiza los resultados del análisis proximal de sustratos para la producción de *Pleurotus Ostreatus*

Tabla 6. Análisis proximal de sustratos para el cultivo de *Pleurotus Ostreatus* en base húmeda y seca. (Elaboración propia).

Tratamiento	Valor de la media y la desviación Estándar					
	Base Húmeda Sustratos					
	Humedad	Proteína	Grasa	Fibra Cruda	Cenizas	ELN
SA	70,64 ± 0,46 A	1,27 ± 0,00 C	0,57 ± 0,02 C	11,07 ± 0,03 A	0,66 ± 0,02 C	15,78 ± 0,45 D
SC	63,74 ± 0,29 B	2,60 ± 0,04 B	2,85 ± 0,03 A	4,83 ± 0,07 C	0,55 ± 0,02 D	25,44 ± 0,27 C
SM	64,43 ± 0,21 B	1,30 ± 0,06 C	0,94 ± 0,03 B	1,26 ± 0,14 D	0,88 ± 0,00 B	31,15 ± 0,12 B
SP	50,01 ± 0,62 C	2,76 ± 0,03 A	2,84 ± 0,06 A	5,87 ± 0,13 B	3,31 ± 0,07 A	35,41 ± 0,57 A
CME	0,25	0,02	0,02	0,06	0,02	0,23
Shapiro Wilk	W 0,960673	W 0,95932	W 0,975567	W 0,961839	W 0,866013	W 0,967289
Tratamiento	Base Seca Sustratos					
	Humedad	Proteína	Grasa	Fibra Cruda	Cenizas	ELN
	SA	29,36 ± 0,46 C	4,41 ± 0,02 C	1,97 ± 0,07 D	38,33 ± 0,12 A	2,28 ± 0,05 C
SC	36,26 ± 0,29 B	7,15 ± 0,10 A	7,85 ± 0,09 A	13,31 ± 0,21 B	1,52 ± 0,05 D	33,90 ± 0,36 B
SM	35,57 ± 0,21 B	3,64 ± 0,16 D	2,66 ± 0,09 C	3,53 ± 0,40 D	2,48 ± 0,00 B	52,02 ± 0,96 A
SP	49,99 ± 0,63 A	5,51 ± 0,05 B	5,68 ± 0,13 B	11,73 ± 0,27 C	6,67 ± 0,09 A	20,84 ± 0,97 D
CME	0,25	0,06	0,06	0,16	0,03	0,57
Shapiro Wilk	W 0,960673	W 0,959103	W 0,952276	W 0,97733	W 0,96839	W 0,959161

Con base en la tabla anterior se destacan los siguientes parámetros:

**Humedad:** en base húmeda los tratamientos con mayor contenido de humedad fueron los sustratos provenientes de la caña de azúcar (70,64%) y el tallo de maíz (64,43%) y presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.

en base seca los tratamientos con mayor contenido de humedad fueron los sustratos provenientes de la hoja de plátano (49,99%) y la borra de café (36,26%) y presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.

**Proteína:** en base húmeda los tratamientos con mayor contenido de proteína fueron los sustratos provenientes de la hoja de plátano (2,76%) y la borra de café (2,60%) y presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.

En base seca los tratamientos con mayor contenido de proteína fueron los sustratos provenientes de la borra de café (7,15%) y hoja de plátano (5,51%) y presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

El contenido de proteína bruta de los basidiomas es influenciado por el contenido de nitrógeno presente en el sustrato inicial, pues al realizar el procedimiento en el cultivo de *Pleurotus Sajor Cajú*, en las ramas suplementarias con diferentes concentraciones de nitrógeno, notaron que los resultados cuanto mayor sea su concentración de nitrógeno, más grandes fueron las cantidades de proteínas en las setas (Silva et al, 2007).

**Grasa:** en base húmeda los tratamientos con mayor contenido de grasa fueron los sustratos provenientes de la borra de café (2,85%) y la hoja de plátano (2,84%) y no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) a excepción de los demás tratamientos.

En base seca los tratamientos con mayor contenido de grasa fueron los sustratos provenientes de la borra de café (7,85%) y hoja de plátano (5,68%) y presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) con los demás tratamientos.

Las setas presentan una baja cantidad de extracto etéreo, variando entre 2 a 8% de la masa seca del producto (Sturiony Oetterer, 1995). Los resultados de este trabajo están dentro de este rango con un promedio de 7,85%.

**Fibra cruda:** en base húmeda los tratamientos con mayor contenido de fibra cruda fueron los sustratos provenientes de la caña de azúcar (11,07%) y la hoja de plátano (5,87%) y presentaron diferencias estadísticamente significativas con los demás tratamientos ( $p < 0,05$ ).

En base seca los tratamientos con mayor contenido de fibra cruda fueron los sustratos provenientes de la caña de azúcar (38,33%) y borra de café (13,31%) y presentaron diferencias estadísticamente significativas con los demás tratamientos ( $p < 0,05$ ).

En relación con el contenido de fibra en las setas, este varía de 3 a 32% en base seca (Breene, 1990). En la presente investigación los contenidos de fibra estuvieron por encima del rango con el tratamiento de la caña de azúcar en torno de 38.33%.

**Cenizas:** en base húmeda los tratamientos con mayor contenido de cenizas fueron los sustratos provenientes del tallo de maíz (0,88%) y la hoja de plátano (3,31%) y presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre los demás tratamientos.

En base seca los tratamientos con mayor contenido de cenizas fueron los sustratos provenientes de la hoja de plátano (6,67%) y el tallo de maíz (2,48%) y presentaron diferencias estadísticamente significativas con los demás tratamientos ( $p < 0,05$ ).

**Carbohidratos:** en base húmeda los tratamientos con mayor contenido de Carbohidratos fueron los sustratos provenientes de la hoja de plátano (35,41%) y el tallo de maíz (31,15%) y presentaron diferencias estadísticamente significativas con los demás tratamientos ( $p < 0,05$ ).

En base seca los tratamientos con mayor contenido de carbohidratos fueron las orellanas provenientes del tallo de maíz (52,02%) y la borra de café (33,90%) y presentaron diferencias estadísticamente significativas con los demás tratamientos ( $p < 0,05$ ).

### 3.2.2 Análisis proximal de los carpóforos

Para evidenciar la composición nutricional de los carpóforos se hizo un análisis proximal en el laboratorio de química y nutrición CEAD José Celestino Mutis de la ciudad de Santafé de Bogotá. Los indicadores evaluados fueron: humedad, proteína, grasa, fibra cruda, cenizas, extracto y libre de nitrógeno en base húmeda y en base seca de sustratos y carpóforos. Las variables se evaluaron sobre 3 muestras por tratamiento con 3 réplicas.

La siguiente tabla resume los resultados del análisis proximal de sustratos para la producción de *Pleurotus Ostreatus*

Tabla 7. Análisis proximal de carpóforos de *Pleurotus Ostreatus* en base húmeda y seca. (Elaboración propia).

Tratamiento	Valor de la media y la desviación Estándar					
	Base Húmeda Carpóforos de <i>Pleurotus Ostreatus</i>					
	Humedad	Proteína	Grasa	Fibra Cruda	Cenizas	ELN
OA	93,26 ± 0,23 A	1,18 ± 0,06 B	0,33 ± 0,01 A	0,99 ± 0,02 B	0,74 ± 0,07 B	3,50 ± 0,21 B
OC	90,01 ± 0,65 B	2,71 ± 0,04 A	0,25 ± 0,04 B	1,26 ± 0,03 A	1,10 ± 0,02 A	4,67 ± 0,64 AB
OM	89,29 ± 0,46 B	2,49 ± 0,16 A	0,31 ± 0,01 AB	0,90 ± 0,03 C	1,16 ± 0,03 A	5,85 ± 0,63 A
OP	92,83 ± 0,47 A	1,36 ± 0,06 B	0,34 ± 0,02 A	0,63 ± 0,03 D	0,79 ± 0,02 B	4,06 ± 0,45 B
CME	0,27	0,05	0,01	0,01	0,02	0,3
Shapiro Wilk	W 0,918993	W 0,961475	W 0,946151	W 0,931379	W 0,930592	W 0,915239
Tratamiento	Base Seca de Carpóforos de <i>Pleurotus Ostreatus</i>					
	Humedad	Proteína	Grasa	Fibra Cruda	Cenizas	ELN
	OA	6,74 ± 0,23 B	17,53 ± 0,90 C	4,88 ± 0,19 A	14,64 ± 0,29 A	11,39 ± 0,36 A

<b>OC</b>	9,99 ± 0,65 A	27,09 ± 0,36 A	2,50 ± 0,42 B	12,64 ± 0,32 B	10,99 ± 0,23 A	36,79 ± 0,81 C
<b>OM</b>	10,71 ± 0,46 A	23,23 ± 0,50 B	0,89 ± 0,13 B	8,43 ± 0,26 C	10,81 ± 0,29 A	43,93 ± 1,47 B
<b>OP</b>	0,17 ± 0,47 B	18,92 ± 0,89 C	4,70 ± 0,32 A	8,73 ± 0,36 C	11,07 ± 0,33 A	49,41 ± 0,99 A
<b>CME</b>	0,27	0,58	0,16	0,18	0,18	0,61
<b>Shapiro Wilk</b>	W 0,918993	W 0,972881	W 0,942203	W 0,922249	W 0,937813	W 0,938187

Con base en la tabla anterior se determinan los siguientes parámetros:

**Humedad:** en base húmeda los tratamientos con mayor contenido de humedad fueron las orellanas provenientes de la caña de azúcar (93,26%) y la hoja de plátano (92,83%) y no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) a excepción de los demás tratamientos.

en base seca los tratamientos con mayor contenido de humedad fueron las orellanas provenientes del tallo del maíz (10,71%) y la borra de café (9,99%) y no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) a excepción de los demás tratamientos.

Las setas de *Pleurotus Spp*, tiene aproximadamente 90% de agua en la composición, lo que convierte las setas en alimentos altamente perecederos, que se descomponen en dos o tres días de haber sido colectados (Mártinez et al., 2008).

**Proteína:** en base húmeda los tratamientos con mayor contenido de proteína fueron las orellanas provenientes de la borra de café (2,71%) y el tallo de maíz (2,49%) y no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) a excepción de los demás tratamientos.

En base seca los tratamientos con mayor contenido de proteína fueron las orellanas provenientes de la borra de café (27,09%) y tallo del maíz (23,23%) y presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

En las setas de *Pleurotus Ostreatus* la proteína es menor que la de las carnes, no obstante al hongo se le considera como un sustituto de la carne, pues su contenido proteico es superior al de la leche (3,2%), arroz (7%), trigo (13%), maíz (9%), y a la mayoría de vegetales (Ciappini y Col, 2004).

**Grasa:** en base húmeda los tratamientos con mayor contenido de grasa fueron las orellanas provenientes de la hoja de plátano (0,34%) y la caña de azúcar (0,33%) y no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) a excepción de los demás tratamientos.

En base seca los tratamientos con mayor contenido de grasa fueron las orellanas provenientes de la caña de azúcar (4,88%) y hoja de plátano (4,70%) y no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) a excepción de los demás tratamientos.

Las setas en general poseen un alto contenido de humedad, entre 87 y 93% según las condiciones de manejo al momento de la cosecha, la mayoría de los hongos frescos contienen 2 a 4% de proteína

en base húmeda En las setas frescas el contenido de grasa neta se puede presentar desde menos de 1 hasta 15%, carbohidratos entre el 3 y el 28% y de 3 a 32% de fibra cruda en base seca (Cardona, 2001).

**Fibra cruda:** en base húmeda los tratamientos con mayor contenido de fibra cruda fueron las orellanas provenientes de la borra de café (1,26%) y la caña de azúcar (0,99%) y presentaron diferencias estadísticamente significativas con los demás tratamientos ( $p < 0,05$ ).

En base seca los tratamientos con mayor contenido de fibra cruda fueron las orellanas provenientes de la caña de azúcar (14,64%) y borra de café (12,64%) y presentaron diferencias estadísticamente significativas con los demás tratamientos ( $p < 0,05$ ).

**Cenizas:** en base húmeda los tratamientos con mayor contenido de cenizas fueron las orellanas provenientes del tallo de maíz (1,16%) y la borra de café (1,10%) y no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) a excepción de los demás tratamientos.

En base seca los tratamientos con mayor contenido de cenizas fueron las orellanas provenientes de la caña de azúcar (11,39%) y borra de café (10,99%) y no presentaron diferencias estadísticamente significativas con los demás tratamientos ( $p < 0,05$ ).

**Carbohidratos:** en base húmeda los tratamientos con mayor contenido de carbohidratos fueron las orellanas provenientes del tallo de maíz (5,85%) y la borra de café (4,67%) el tallo de maíz presentó diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) respecto a los demás tratamientos.

En base seca los tratamientos con mayor contenido de carbohidratos fueron las orellanas provenientes de la hoja de plátano (49,41%) y la caña de azúcar (45,23%) y presentaron diferencias estadísticamente significativas con los demás tratamientos ( $p < 0,05$ ).

## CONCLUSIONES

- Los sustratos donde más rápidamente se completó la invasión del micelio, fueron los de borra café junto con el rastrojo de maíz con finalización de periodo de incubación a la semana 4 o día 28 después de la inoculación. La temperatura del lugar en donde se hizo la fase de incubación fue un ambiente natural y oscilo entre 7°C a 34°C. con relación al sustrato testigo caña de azúcar aplicado para la producción comercial en el cultivo del hongo en el estudio fue el sustrato donde la invasión del micelio más demorada con un tiempo colonización de 4 semanas.
- Los tratamientos que mayor número de primordios presentaron a través del tiempo fueron la borra de café junto con el rastrojo de maíz, con diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ). El tratamiento que presento menor número de primordios fue el testigo de caña de azúcar.
- El sustrato donde se recolecto mayor peso en la cosecha de carpóforos fue el sustrato del tallo de maíz el cual presento diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) con los demás tratamientos. El tratamiento de café fue el segundo en presentar mayor peso en la cosecha de carpóforos.
- El sustrato de la borra de café presento una eficiencia biológica del 41,28% mientras que el sustrato que presento menor Eficiencia biológica fue el sustrato testigo de caña de azúcar, teniendo en cuenta eficiencias óptimas para la producción comercial por encima de 40 por ciento.
- Los tratamientos que presentaron mayor rendimiento en (g) en la cosecha total fueron en el sustrato de tallo de maíz y la borra del café con una producción entre el 22,25% y 18,9% a diferencia del sustrato caña de azúcar y hoja de plátano.
- La composición nutricional de los carpóforos se encuentra dentro de los parámetros establecidos por otros estudios, el análisis proximal de los sustratos nos permitió evaluar su contenido de nutrientes y permite proponer para futuras investigaciones un diseño de mezclas que permitan aumentar el contenido de nutrientes en los sustratos para el cultivo del hongo *Pleurotus Ostreatus*.
- Los niveles de humedad, proteína bruta, grasa, fibra cruda y cenizas variaron de acuerdo con el tipo de sustrato evaluado en el análisis proximal.
- El sustrato a base de café aportó los mayores promedios de proteína bruta (7,15) y grasa (7,85) para el cultivo de *Pleurotus Ostreatus*, los niveles de fibra cruda fueron altos en el sustrato de caña de azúcar (38,33). El sustrato a base de maíz abasteció los mayores

promedios de extracto libre de nitrógeno (52,02). El sustrato a base de hoja de plátano prestó los mayores promedios de humedad (49,99) y cenizas (6,67) para el cultivo de *Pleurotus Ostreatus*,

- El carpóforo proveniente del sustrato borra de café proporcionó los mayores promedios de proteína bruta (27,09), El carpóforo proveniente del sustrato caña de azúcar suministró los mayores promedios de grasa (4,88), fibra (14,64) y cenizas (11,39). El carpóforo proveniente del sustrato hoja de plátano aportó los mayores promedios de extracto libre de nitrógeno (49,41) y el carpóforo proveniente del sustrato rastrojo de maíz facilitó los mayores promedios de humedad (10,71),

### RECOMENDACIONES

Se recomienda para futuras investigaciones crear un diseño de mezclas que permita enriquecer el sustrato para mejorar el componente nutricional del carpóforo.

Los sustratos evaluados son viables para el cultivo del hongo *Pleurotus Ostreatus*, así según la disponibilidad del residuo orgánico se aprovechará para la producción de carpóforos, teniendo en cuenta que el requerimiento en producción mejora con sustratos como la borra de café o el rastrojo de maíz.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Adebayo EA, Oloke JK, Majolagbe ON, Ajani RA, Bora TC, (2012). Antimicrobial and anti-inflammatory potential of polysaccharide from *Pleurotus Pulmonarius* LAU 09. Afr.J Microbiol. Res. 6 (13): 3315 – 3323.
2. Ahmad, W; Iqbal, J.; Salim, M.; Ahmad, I.; Aqeel, M.; Asif, M& Rafiq, A. (2011). Performance of Oyster Mushroom (*Pleurotus Ostreatus*) on Cotton Waste Amended with Maize and Banana Leaves. Institute of Horticultural Sciences, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan, Journal of Nutricion, 10 (6): 509 -513.
3. Aguilar G., M. 2003. Aprovechamiento de cascara de pitaya para el crecimiento de setas (*Pleurotus Ostreatus*) en condiciones de laboratorio, trabajo de grado. Oaxaca, México, Universidad Tecnológica de Mixteca. 92pp.
4. Akindahunsi, A. & Oyetayo, F. (2006). Nutrient and antinutrient distribution of endible mushroom, (*Pleurotus Tubergium*) fries Singer. LWT- Food Science and Tecnology Journal 39: 548 – 553.
5. Aldana Martínez, A. (2000). Comparación de la eficiencia de la producción de inoculo primario del hongo comestible *Pleurotus Ostreatus* Cepa ESC 01110, en cinco granos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 55p.
6. Anselmi. N. Deandrea G. (1979). Culture de *Pleurotus ostreatus sur du bois de Salicaceae*. *Mushroom Science* 10 (2): 451 – 461
7. Ardón López, CE. (2004). Evaluación del pericarpio de Jacaranda (*Jacaranda mimosaeifolia*) y pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*), para el cultivo artesanal del hongo ostra (*Pleurotus OstreatuS* ESC- 0112) Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 85p.
8. Asef MR (2012). Intersterility groups of *Pleurotus Ostreatus* complex in Iran. *Mycology* 3(2):147 – 152.
9. Atlas. R. Bartha, R. (2002). Ecología microbiana y microbiología ambiental. Cuarta edición. Editorial Adisson Wesley. Madrid, España. 677 págs.
10. Baldrian P, Snajdr J (2006). Production of ligninolytic enzymes by litter- decomposing fungi and their ability to decolorize synthetic dyes. *Enzyme Microbiol. Technol.* 39:1023 – 1029.
11. Baysal E, Peker H, Mustafa KY, Ali T (2003). Cultivation of Oyster mushroom on waste paper with some added supplementary materials. *Bioresour. Technol* 89:95 – 97.

12. Bobek, P.; Ozdin, I. & Kuniak, I. (1997). Effect of Oyster Mushroom (*Pleurotus Ostreatus*) and Isolated P- glucan on lipid peroxidation and on the activities of antioxidative enzymes in rats fed the cholesterol diet. *Nutrional Biochemistry* 8, 469 -471.
13. Breene, W. (1990). Nutritional and medicinal value of specialty mushrooms. *J Food Prot.* 53: 883 – 894.
14. Cardona, L. F. (2001). Anotaciones acerca de la bromatología y el cultivo del hongo comestible *Pleurotus Ostreatus*. *Revision bibliográfica. Crónica Forestal y del medio ambiente.* 16: 99- 119
15. Ceballos Alecio, D. A. (2007). Evaluación de rastrojo de Maíz (*Zea mays L.*) y hojarasca de Roble (*Quercus peduncularis*) previo al cultivo artesanal del hongo ostra (*Pleurotus Ostreatus* ESC- 110) Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 42p.
16. Ciappini, M.; Gatti, B. & López, L. (2004). *Pleurotus Ostreatus* una opción en el menu, studio sobre las gírolas en la dieta diaria. *Redalyc. Og.* 7(12): 127 – 132.
17. Cohen R, Persky L, Hadar Y (2002): Buitechnological applications and potential of Wood – degrading mushrooms of the genus *Pleurotus*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 58: 582 – 594.
18. Cortés, M.; García, A.; Suarez, H. (2007). Fortificación congreso de Ciencia de los Alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos de Hongos Comestibles (*Pleurotus Ostreatus*) con calcio, selenio y vitamin C. *Revista Scielo,* 14 (1): 1-11.
19. Díaz, C.L; Aprovechamiento de residuos procedentes de la central de abastos de Cúcuta para el cultivo de *Pleurotus Ostreatus*. Universidad de Santander Cúcuta. (2012).
20. Fajardo Montes, F.A. (2001). Producción de *Pleurotus Ostreatus* ESC- 0110 utilizando como sustratos los mantillos de encino (*Quercus acatenangensis*), conacaste (*Enterolobium cylocarpum*) y liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*) Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 46p.
21. Feng C, Zeng G, Huang D, Hu S, Zhao M, Lai C, Huang C, Wei Z, Li N. (2011) Effect of ligninolytic enzymes on lignin degradation and carbón utilization during lignocellulosic waste composting. *Process Biochemistry* 46: 1515 – 1520 p.
22. García Ramos, D.A. (2000). Utilización de rastrojos de Maíz (*Zea mays L.*) y cascarilla de arroz (*Oriza sativa L.*) como cultivo para el hongo ostra (*Pleurotus Ostreatus*) Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 37p.
23. García, P-, Rodríguez, W; Chalarca, E; Andrade, A. (2014). Estudio microbiológico y fisicoquímico de hongos comestibles (*Pleurotus Ostreatus*) y (*Pleurotus Pulmonarius*) frescos y deshidratados.

24. Garzón, J. P.; Cuervo, J. (Ed.). (2008). Producción de *Pleurotus osteratus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. Universidad Nacional.
25. Hernández, R.; López, C. (2006). Evaluación de crecimiento y producción de *Pleurotus Ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
26. Jadaik. C. Kapoor. J. (1974) Studies on the cultivation of *Pleurotus sajor – caju*. *Mushroom Science*. Pág. 667.
27. Jaramillo. C, Rodríguez. N, Gómez. F. (2000) Cultivo de hongos tropicales sobre residuos agroindustriales presentes en la zona cafetera. Colombia. Revista Cenicafé. (informe final experimento QIN -09-23).
28. Jaramillo R., D.-, Yepes M., L.: Hincapié L.; Velásquez G., M. & Vélez A., L. 2011. Desarrollo de productos a partir de la Orellana (*Pleurotus Ostreatus*). Revista de investigaciones Aplicadas (10): 32 -41.
29. Job D. La utilización de la borra del café como sustrato de base para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kummer. Rev Iberoam Micol 2004; 21:195-197.
30. Guzmán, G.; Mata, G. & Salmones, D. (2008). El cultivo de los hongos comestibles. Xalapa. México.
31. Kalmis E, Sargin S. Cultivation of two (*Pleurotus*)species on wheat straw substrates containing olive mill waste water. Int Biodeterior Biodegradation. (2004);53:43-47.
32. Khan. A. (2005). Manual del cultivador de hongos. 1. Capítulo 5. Sustrato.
33. Kumer. J. (2004) La utilización de la borra de café como sustrato de base para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*. Revista iberoamericana de micología. Universidad Neuchatel, Suiza.
34. Leifa F, Pandey A, Soccol CR. Solid state cultivation--an efficient method to use toxic agro-industrial residues. J Basic Microbiol. (2000);40:187-197.
35. Li H, Kim N-J, Jiang M, Kang JW, Chang HN. Simultaneous saccharification and fermentation of lignocellulosic residues pretreated with phosphoric acid-acetone for bioethanol production. Bioresource Technology 100:3245-51, (2009).
36. Manzi, P.; Marconi, S.; Aguzzi, A. & Pizoferrato, L. (2004). Commercial Mushrooms: Nutritional quality and effect of cooking. Food Chemistry, 84 (3): 201 – 206.

37. Martín, A. (1981). Introducción a la microbiología del suelo. AGT editores, México. Páginas 47 – 61.
38. Mayer AM, Staples RC (2002). Laccase: new functions for an old enzyme. *Phytochemistry* 60:551 – 565.
39. Mendoza Leonardo, AO. (2001). Evaluación del efecto de la pulpa de café (*Coffea arabica* L.) sobre el rendimiento y eficiencia biológica de la cepa ESC- 0110 de *Pleurotus Ostreatus* utilizando estopa de coco (*Cocus nucifera* L.) y estróbilos de pino (*pinus spp.*) como sustratos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 45p.
40. Miles PG, Chang ST (1997). *Mushroom Biology: Concise Basics and current Developments.* World scientific. Singapore. 194p.
41. Mikiashvili N, Wasser S, Nevo E, Elisashvili V (2006). *Effects of carbón and nitrogen sources on Pleurotus Ostreatus lignolitic enzyme activity.* *World J. Microbiol. Biotechnol.* 22:999 – 1002.
42. OEI, P. (2003). *Mushroom cultivation.* Tercera edición. Backhuys Publishers. Leiden, Holanda.
43. Okamoto K, Narayama, S Katsuo A, Shigematsuil, Yanase H (2002). Biosynthesis of p – anisaldehyde by the white rot basidiomycete *Pleurotus Ostreatus*. *J Biosci. Bioeng.* 93: 207 – 210.
44. Pérez. J. C. Urrea, R. Caraballo, U. Navas, A. (2005). *Manejo del cultivo del maíz en la costa atlántica.* Centro de investigación turipana. Corpoica. Colombia
45. Piontec K, Smith AT, Bloding W (2001). Lignin peroxidase structure and function. *Biochem. Soc. Trans.* 29: 111- 116.
46. Philippoussis A; Diamantopoulov P (2011). *Agro- food industry and Wastes and agricultural residues conversion into High Value products by mushroom cultivation.* Procceding of the 7<sup>th</sup> international conference on mushroom biology and mushroom products. (ICMBMP7). Pp. 339 – 351.
47. Ramírez, A. K., Rojas, C. Ó., & Alvarado, A. P. (2012). *Obtención de xilosa a partir de desechos lignocelulósicos de la producción y proceso industrial de la piña (Ananascomusus).* *Uniciencia.* 26, 2012. Costa Rica: Red Universidad Nacional de Costa Rica. Retomado de <http://www.ebrary.com>
48. Rojas Domingo, E.A. (2004). *Evaluación de paja de trigo. Triticum sativum; broza de encino, Quercus sp. Y rastrojo de maíz; Zea May; para el cultivo del para el hongo*

- comestible *Pleurotus Ostreatus* bajo condiciones artesanales en San Rafael. La Independencia, Huehuetenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, bebrary USAC. 82p.
49. Ronderos, C., Palacios, L. (2010). Aspectos económicos, sociales y ambientales de la industria de la caña de azúcar en Colombia. Universidad Sergio Arboleda.
  50. Rodríguez Valencia, N. Gómez Castro, F. (2001). Cultivo de hongos comestibles en pulpa de café. Programa de investigación científica. Avances técnicos 285. Cenicafe, Marzo: Págs. 1-8.
  51. Ruiz Dueñez FJ, Camarero S, Perez Boada M, Martinez Mj, Martinez AT(1999). Regulation of peroxidase transcript levels in liquid cultures of the ligninolytic fungus *Pleurotus Eryngii*. *Appl Environ. Microbiol.* 65: 4458 – 4463.
  52. Ruíz, M.; Cortés, M. & Henríquez, L. (2011). Influencia del empaque y el envasado en atmosferas modificadas sobre las propiedades fisicoquímicas del hongo comestible (*Pleurotus Ostreatus* L) Trabajo de grado. Medellín Colombia. facultad de ciencias agropecuarias, Universidad de Colombia 109pp.
  53. Ruilova Cueva, María Bernarda. Evaluación de mezclas de residuos lignocelulósicos estandarizadas para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* y su empleo en un producto cárnico. Havana, CUBA: Editorial Universitaria, 2015. ProQuest ebrary. Web. 17 December 2016.
  54. Salmones D, Mata G, Waliszewski KN. Comparative culturing of *Pleurotus Spp.* on coffee pulp and wheat straw: biomass production and substrate biodegradation. *Bioresour Technol.* (2005);96:537-544.
  55. Sánchez JE, Orozco GM, Hernández D, Nieto MG, Márquez FJ. Capacidad del género *Pleurotus* para la degradación del insecticida endosulfán. *El Cromosoma. Boletín del Colegio de Biotecnólogos de Chiapas.* (2006); 2:31-120.
  56. Sánchez, J. & Mata, G. (2012). Hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica, Limusa, México. Pp: 145 – 154.
  57. Silva, G., Díaz, S., Siqueira, F., Schwan, R.(2007). Análise química de “corpos fructificacao” de *Pleurotus sajor caju* cultivado em diferentes concentracoes de nitrogenio. *Cienc. Technol, Alim.* 27: 72 – 75.
  58. Soto, Cruz O, Saucedo, Castañeda G, Pablos, Hach JL, Gutiérrez, Rojas M, Favela E. Effect of susbstrate composition on the mycelial growth of *Pleurotus ostreatus*. And analysis by mixture and response surface methodologies. *Process Biochemistry* 1999; 35: 127 – 133.
  59. Subgerencia Cultural del Banco de la República. (2015). *Productos más representativos de la economía colombiana.* Recuperado de:

[http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/productos\\_economia\\_colombiana](http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/productos_economia_colombiana).

60. Stamets, P. 2000. Growing gourmet and medicinal mushrooms. Third Edition. Ten Speed Press. Berkeley, Toronto.
61. Sturion, G., Oetterer, M., Composicao química de cogumelos comestíveis (*Pleurotus Ostreatus*) originados de cultivo em diferentes substratos. Cienc. Tecnol. Alim. 15: 189 – 193.
62. Tuchan Ruano, O. E. (2004). Evaluación de la pulpa de café (*coffea arabica*) en el incremento de la eficiencia biológica de la cepa inireb -8 de *Pleurotus Ostreatus* utilizando cascara de cacao (*theobroma cacao*) y bambú (*Bambusa vulgaris var. Strata*) como sustratos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 46p.
63. Vega, A., G. Mata, D. Salmones y R.E. Caballero. Cultivo de cepas nativas de *Pleurotus djamor* en Panamá, en paja de arroz y pulpa de café. Revista Mexicana de Micología. (2006); 23:93-9.
64. Wong DW (2009). Structure and action mechanism of lignolytic enzymes. Appl. Biotechnol. 157: 174 – 209.
65. Yang, J.; Lin, H.& Mau, J. (2001). Non volatile tastes components of several commercial mushrooms. Food chemistry 72: 465 .471.
66. Zadrazil F, Puniya AK. Studies on the effect of particle size on solid-state fermentation of sugarcane bagasse into animal feed using white-rot fungi. Bioresource Technology. (1995); 54:85-87.

## **ANEXOS**

### **ANEXO 1**

#### **SIGLAS**

- **CME:** Cuadrado medio del error.
- **EB:** Eficiencia biológica
- **ELN:** Extracto libre de nitrógeno.
- **LIP:** Lignina peroxidasa.
- **MNP:** Manganeso peroxidasa.
- **PHF:** Peso del hongo fresco.
- **R:** rendimiento.

**ANEXO 2  
SISTRATOS**

**2. Estandarización de sustratos**

2.1 Sustrato de Caña de Azúcar



2.2 Sustrato de tallo de Maíz



2.3 Sustrato de hoja de plátano



2.4 Sustrato de Café



**ANEXO 3**  
**BLOQUES INOCULADOS**

**3. Sustratos diseño completamente al azar**

3.1 Bloques inoculados



3.2 Bloques inoculados



3.3 Bloques inoculados



3.4 Bloques inoculados



**ANEXO 4**  
**FASE DE COLONIZACION DEL MICELIO**

**4. Fase de Colonización de micelio**

4.1 Micelio invadido en sustratos



4.2 Micelio invadido en sustratos



**ANEXO 5**  
**APARICIÓN DE PRIMORDIOS**

**5. Aparición de Primordios**

5.1 Primordios sustrato rastrojo Maíz



5.2 Primordios sustrato borra de café



5.3 Primordios caña de azúcar



5.4 Primordios hoja de plátano



**ANEXOS 6**  
**COSECHA *Pleurotus Ostreatus***

6.1 Cosecha sustrato rastrojo Maíz



6.1 Cosecha sustrato borra de café



6.3 Cosecha sustrato caña de azúcar



6.4 Cosecha sustrato hoja de plátano



**ANEXO 7**  
**PROXIMAL DE SUSTRATO PARA EL CULTIVO DE *Pleurotus Ostreatus***

7.1 determinación de fibra



7.2 Determinación de humedad



7.3 determinación de proteína



7.4 Determinación de grasa



**ANEXO 8**  
**PROXIMAL CARPOFÓROS *Pleurotus Ostreatus***

8.1 Carpóforo *Pleurotus Ostreatus*



8.2 Determinación de humedad



8.3 determinación de proteína



8.4 Determinación de cenizas

