

**Incremento de la eficiencia biológica de *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél, mediante el uso
de residuos agropecuarios locales en Pitalito – Huila.**

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente – ECAPMA

Eduardo Bonilla Ruiz

Proyecto de Investigación para optar el título de: Agrónomo

Universidad Nacional Abierta Y A Distancia Unad

Programa Agronomía

Pitalito – Huila

2017

**Incremento de la eficiencia biológica de *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél, mediante el uso
de residuos agropecuarios locales en Pitalito – Huila.**

Eduardo Bonilla Ruiz

Trabajo De Grado

Presentado como requisito parcial para optar al título de

AGRONOMO

Asesor

Oscar Eduardo Valbuena Calderón

Msc. Sistemas Sostenibles de Producción

Universidad Nacional Abierta Y A Distancia Unad

Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias Y Del Medio Ambiente

Programa Agronomía

Pitalito

2017

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado:

Jurado:

Dedicatoria

*Agradezco a Dios,
a Samantha, a Michael y
a Luisa Marcela
quienes representan el motivo de mi existencia
y por haberme brindado apoyo durante el proceso.*

AGRADECIMIENTOS

A

Dios, por darme la fuerza de seguir adelante y permitirme alcanzar este nuevo logro para mi vida.

Mis padres, por darme la vida. A chelita por estar a mi lado apoyándome incondicionalmente y ahora cuidándome desde el cielo.

Mis hermanos, por ser parte de mi vida.

Mis hijos y esposa. Son el motor de mi vida y el apoyo incondicional para alcanzar este sueño.

Los productores fungicultores por los conocimientos adquiridos.

Al Profesor Oscar Eduardo Valbuena por su confianza, acompañamiento y apoyo durante el proceso.

A Los profesores y miembros del Programa de agronomía por su acompañamiento en mi proceso formativo.

A mi asesor externo Andrés Fernando Rubiano, por sus aportes en el documento final de mi tesis.

RESUMEN

El propósito de este trabajo de investigación fue evaluar residuos agropecuarios: Pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), bagazo de caña, afrecho de maíz y pollinaza. El diseño experimental es completamente al azar, con tres tratamientos y diez repeticiones por tratamiento, donde se tuvieron en cuenta variables físicas: colonización del micelio, eficiencia biológica y rendimiento, como tratamiento estadístico se realizó un análisis de varianza al 5%. Las formaciones de los primordios se presentaron entre los 6 y 7 días después de la etapa de incubación es decir a los 28 y 29 días después de la incubación. Resultados similares reportaron Chang y Miles, 2004 y Soto y Arias, 2004, quienes señalaron que *Pleurotus pulmonarius* completó el crecimiento del micelio entre 17 y 20 días en diferentes sustratos y el tiempo para la formación de primordios fue indicado entre los 23 y 27 días. En la fase de formación de cuerpos fructíferos se presentaron después del día 34 después de la formación de los primordios y tomaron de 24 a 50 días después de la inoculación de la semilla. Estos resultados están en conformidad con Soto y Arias, 2004; quienes reportan cuerpos fructíferos de 3-4 semanas después de la inoculación de la semilla. Así es que mediante este proyecto se buscó mejorar la eficiencia biológica de *Pleurotus pulmorarius* y encontrar alternativas en el uso de sustratos y formulaciones para hacer de la fungicultura en el municipio de Pitalito una alternativa de trabajo para la comunidad en general y poder así mismo aportar en la investigación aplicada en este tópico, la cual es de utilidad para todos los productores a nivel regional, nacional y mundial.

Palabras Claves: Cultivo, Humedad, hongos, eficiencia, rendimiento

ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate agricultural residues: elephant grass (*Pennisetum Purpureum*), cane bagasse, corn bran and pollinaza. The experimental design was completely randomized, with three treatments and ten replicates per treatment, where physical variables were taken into account: mycelial colonization, biological efficiency and yield. An analysis of variance was conducted in order to determine significant differences between treatments. The primordial formations occurred between 6 and 7 days after the incubation stage at 28 and 29 days after incubation. Similar results were reported by Chang & Miles, 2004 and Soto & Arias, 2004, who noted that *Pleurotus pulmonarius* completed mycelial growth between 17 and 20 days on different substrates and the time for primordial formation was indicated between 23 and 27 days. During formation phase, fruiting bodies were present after day 34, after the formation of the primordia and took 24 to 50 days after seed inoculation. These results are in accordance with Soto & Arias, 2004, who reported fruiting bodies 3-4 weeks after seed inoculation. Thus, this project sought to improve the biological efficiency of *Pleurotus pulmorarius* and to find alternatives about substrates use and formulations to make fungiculture in the municipality of Pitalito an alternative work source for community in general and also to contribute in applied research in this topic, which is useful for all producers at regional, national and global level.

Key Words: Cultivation, Humidity, fungi, efficiency, yield

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	5
INDICE DE FIGURAS	9
INDICE DE TABLAS	10
INTRODUCCIÓN	11
1. OBJETIVOS.....	13
1.1 Objetivo General	13
1.2 Objetivos Específicos	13
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
3. MARCO CONCEPTUAL.....	16
3.1 LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO	16
4. ANTECEDENTES	17
5. MARCO TEORICO	18
5.1 Generalidades sobre hongos.....	18
5.2 Descripción taxonómica y biológica del <i>Pleurotus pulmonarius</i>	20
5.3 Composición química del Hongo <i>Pleurotus pulmonarius</i>	23
5.4 Requerimientos físicos para el crecimiento y desarrollo de los hongos.....	26
5.4.1 Concentración del ión de hidrógeno (pH)	26
5.4.2 Temperatura	27
5.4.3 Humedad	28
5.4.4 Luz.....	29
5.4.6 Tamaño de partícula del sustrato.....	31
5.5 Sustratos.....	31
5.6 Esterilización de los sustratos.....	32
5.7 Inoculación	33
5.8 Incubación	34
5.9 Aireación	34
6. Fructificación	35
7. Selección, formulación y adecuación de sustratos	35
7.1 Composición de los materiales de los sustratos	36
7.1.1 Composición del bagazo de caña de azúcar	36
7.1.2 Composición Química del Afrecho de Maíz.....	37
7.2.3 Composición química de Pollinaza	38
7.2.4 Pasto elefante morado- <i>Pennisetum purpureum</i>	39

8. Metodología	40
8.1 Tipo y nivel de investigación.....	40
8.2 Caracterización de sitio del ensayo	40
8.3 Acondicionamiento de los sustratos.....	41
8.4 Preparación de los sustratos.....	42
8.5 Manejo de del cultivo	43
9. SIEMBRA	45
9.1 fase de inoculación e incubación.....	45
10. Monitoreo, seguimiento y evaluación	46
10.1 Variables estudiadas.....	46
10.2 Análisis estadístico de la información.....	47
11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
11.1 INVASIÓN DEL MICELIO	47
11.2 PRECOCIDAD	51
11.3 EFICIENCIA BIOLÓGICA.....	51
12. Análisis de Varianza.....	52
12. Comportamiento de las Condiciones Ambientales	55
13. Análisis de Rendimiento	57
CONCLUSIONES	61
BIBLIOGRAFIA.....	63

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del sitio de investigación	17
Figura 2. Orellanas.	21
Figura 3 Preparación de los sustratos	42
Figura 4. Sitio de incubación.....	44
Figura 5. Proceso de inoculación.	45
Figura 6. Invasión del micelio.....	48
Figura 7. Grafica Invasión del micelio.....	49
Figura 8. Invasión del micelio.....	50
Figura 9. Aparicion de primordios	51
Figura 10. Producción por tratamiento.....	53
Figura 11. Fructificación	54
Figura 12. Condiciones ambientales.	56
Figura 13. condiciones ambientales sitio de incubación.	57
Figura 14. Rendimiento medio %	59
Figura 15. Rendimiento por torta %	59

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación Taxonómica de los Hongos del género <i>Pleurotus</i>	20
Tabla 2.composición química del hongo <i>Pleurotus spp</i>	23
Tabla 3. Composición física del bagazo de caña de azúcar. (Nodal <i>et al</i> , 2014)	37
Tabla 4Composición química del Afrecho de Maíz. (Watson <i>et al</i> , 1987).....	38
Tabla 5. Composición química promedio de excretas de pollos de engorde.	38
Tabla 6. Composición de pasto elefante morado- <i>Pennisetum purpureum</i>	39
Tabla 7. Formulación de los sustratos	41
Tabla 8. Invasión del micelio	69
Tabla 9. Precocidad	70

INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta la Eficiencia Biológica (EB) que se presenta con ciertos sustratos, y el desconocimiento frente a otros, se evidencia que existen en la región sustratos como pasto de corte, afrecho de maíz y pollinaza, los cuales aportan los requerimientos nutricionales necesarios para obtener una producción bajo las condiciones técnicas y requerimientos nutricionales que necesita el cultivo para el desarrollo de los hongos, ya que la consecución de sustratos adecuados localizados en otras regiones aumenta los costos de producción, así es que se presenta una alternativa viable con uso de nuevos sustratos.

Algunas de las ventajas que trae el cultivo de setas comestibles para las comunidades son:

Sociales: Generación de autoempleo para amas de casa y población vulnerable. Mejoramiento de condiciones de salud de los productores-consumidores.

Culturales: Introducción de nuevas alternativas de alimentación.

Técnicas: Aumento en el rendimiento mediante el uso de sustratos más eficientes y de fácil consecución, en este caso la pollinaza, afrecho de maíz, y pasto elefante morado.

Ambientales: se disminuye el uso de recursos naturales renovables utilizados en siembras extensivas de otros cultivos alternativos a las orellanas. Uso racional de recursos en el ciclo productivo.

El mercado de los hongos comestibles está en expansión en el país y puede contribuir en la agroindustria e incrementar la seguridad alimentaria. Es una tecnología económica y simple con bajos costos en su producción, además no existen registros de investigación en la zona sur del departamento del Huila sobre cultivo de este tipo de hongos.

Con esta investigación se fundamenta la producción de hongos comestibles de la especie *Pleurotus pulmonarius* a partir de residuos agropecuarios (en el municipio de Pitalito, departamento del Huila), de tal forma que puedan ser fuente de alimentación humana y se aproveche material vegetal desechados en las fincas agropecuarias.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

Incrementar la eficiencia biológica de *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quéel, mediante el uso de residuos agropecuarios locales en Pitalito – Huila.

1.2 Objetivos Específicos

- Identificar los mejores sustratos locales para la producción de *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quéel, en Pitalito Huila.
- Determinar las mejores formulaciones de sustrato para la producción de *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quéel, en Pitalito – Huila.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción de orellanas en plantas productoras de hongos en el municipio de Pitalito Huila, determinada por la eficiencia biológica – EB (capacidad de los hongos de convertir un sustrato en cuerpos fructíferos) (Royse, 2003), ha sido muy baja teniendo en cuenta que se han obtenido en una planta de producción en dicho municipio registros de EB hasta del 64%. (Perdomo, 2017). Sin embargo, existen publicaciones de investigación en otras regiones donde se registran porcentajes de EB de 71.25% con la utilización de sustratos, con paja sin fermentar (PC) y un 55.73% con paja fermentada (Gaitán *et al*, 2002).

Lara *et al* 1998 reportaron EB de 105.6% en *Pleurotus pulmonarius* cultivado en paja de cebada pasteurizada por inmersión en agua caliente y (Philippoussis *et al* 2001) lograron EB de 81 a 123% con dos cepas de esta especie en paja de trigo fermentada durante 12 días. Otra investigación muestra que las EB más altas se obtuvieron en las mezclas de rastrojo de jícama con rastrojo de maíz en relación de 1:1 y 2:1 con 153.69 y 163.79% respectivamente (Cayetano y Catarino, 2004).

Se cultivaron dos cepas: *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius* sobre tallos secos de la Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) (TJ) y en mezcla con paja de arroz (*Oryza sativa*) en una proporción de 2:1 (TJA) y pseudotallo con hojas frescas de plátano (*Musa paradisiaca*) (PPF). La más alta productividad se obtuvo en el sustrato PPF con eficiencias biológicas (EB) de 96.4 y 99.8% y con rendimientos (R) de 14.9 y 15.4%. En los otros sustratos los parámetros fluctuaron entre 64.5 a 81.7% de EB, y de 20.0 a 22.3% de (Cayetano - Catarino *et al*, 2004).

Aunque la opción de residuo de cosecha más común en el municipio de Pitalito es la pulpa de café para uso como sustrato, en Cenicafé se investigó el cultivo de *Pleurotus pulmonarius* (Fr.)

Qué!, sobre este sustrato obteniendo eficiencia biológica media en el cultivo de 54,40%. (Rodriguez y Zuluaga, 1991). Lo cual no es representativo según los estudios presentados y por lo cual se requiere de nuevas alternativas para la maximización de rendimiento en producción en términos de eficiencia biológica, siendo el municipio de Pitalito una región con un alto potencial agropecuario y con un clima propicio haciendo que el cultivo de hongos sea una alternativa para muchas familias mejorando los ingresos y como principio en la seguridad alimentaria; así mismo se da un aporte a los productores de hongos en la región con nuevas alternativas de sustratos.

3. MARCO CONCEPTUAL

3.1 LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

El presente trabajo se realizó durante el periodo entre mayo y agosto del 2017, en el Municipio de Pitalito en el Departamento del Huila. Municipio ubicado al sur del Departamento del Huila sobre el valle del Magdalena y en el vértice que forman las cordilleras central y oriental a 1.318 m.s.n.m., y a unos 188 Km de la Capital del Huila. Su clima es húmedo con variaciones térmicas durante todo el año, predominando así el clima templado entre unos 18 a 21 °C. Hacia la mitad del año en los meses de mayo, junio y julio se presenta un periodo húmedo moderado, alcanzando así temperaturas hasta de 12 a 14 °C.

Pitalito, es considerado la estrella vial del surcolombiano por su localización estratégica, que permite la comunicación con los departamentos vecinos del Cauca, Caquetá y Putumayo, se encuentra localizado dentro del Macizo Colombiano, el nudo orográfico de la cordillera de los Andes donde tienen origen las cordilleras central y oriental. Este constituye la estrella hidrográfica y fluvial más importante del país y la más importante dentro de la cuenca Andino-Caribe, pues allí tienen su origen los ríos Magdalena, Cauca, Caquetá, Patía y varios de sus afluentes dentro del Macizo Colombiano.

El proyecto se desarrolló en el casco urbano de Pitalito, barrio san Rafael, en una casa de familia donde se adecuo las instalaciones de acuerdo con los requerimientos del cultivo en todas sus fases. Pitalito se encuentra ubicado a los 1° 51' 14" N, 76° 3' 5" W.



Figura 1. Ubicación del sitio de investigación

Fuente: Google Earth, 2017

4. ANTECEDENTES

En el departamento del Huila no se conoce información sobre cultivo de hongos comestibles que hayan existido antes del año 2001. Según información de la Secretaría de Agricultura y Minería del departamento del Huila para el año 2012 los cultivos permanentes (sin incluir café), transitorios y anuales tienen una participación del 6,8% (16.553 toneladas); 3,6% (15.049 toneladas) y 10,9% (2.874 toneladas) respectivamente.

La actividad económica más grande e importante es el café con más de 11 mil toneladas en el 2012, seguido por la ganadería de cebú y Holstein doble propósito (carne y leche) con producción anual de más de 9 millones de litros de leche y 240 toneladas en pie de carne.

Estos resultados muestran en cierta manera la importancia del municipio de Pitalito en la producción agrícola departamental. Al analizar el comportamiento en el tiempo, se encuentra que los cultivos permanentes y transitorios tienen un crecimiento promedio de 1,1% y 5,7%, superior a la variación promedio del departamento, que fue de (-1,5%) y 1,9% respectivamente.

La economía de Pitalito está basada en la agricultura actividad que la hace más atractiva para el cultivo de hongos por los residuos que se generan de las cosechas. El cultivo artesanal del hongo de la especie *Pleurotus pulmonarius* en el departamento del Huila, se inicia en el año 2001, estando la primera planta de producción ubicada en el barrio las palmas del Municipio de Neiva. En el municipio de Pitalito inicia la primera planta de producción realizando siembras en el mes de octubre de 2016, en la vereda Higuerón, utilizando materiales de la región como aserrín de madera, bagazo de caña picada y heno, obteniendo una eficiencia biológica del 64%.

5. MARCO TEORICO

5.1 Generalidades sobre hongos

A los hongos comestibles, diferentes al champiñón, se les conoce con el nombre de setas; para éstas el pie que las sostiene es más lateral que céntrico, por lo que su desarrollo se da en forma de una ostra u oreja (Gaitán *et al* 2002). Los hongos llamados macromicetos son organismos que, en general, son conocidos por su forma de paraguas con un sombrero, más o menos circular y un eje o pie que lo sostiene. Dentro de las setas se encuentran las que pertenecen al género *Pleurotus* spp, conocidas popularmente como “hongos ostra” u “orellanas” y las pertenecientes al género *Lentinula* spp, como el caso del shiitake, cuyo nombre traduce “hongo del roble”.

Dentro de las orellanas que se han cultivado en nuestro país sobre diversos sustratos se encuentran: *Pleurotus cornucopioides*, *Pleurotus floridanus*, *Pleurotus pulmonarius*, *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus sajor caju*. Las setas son hongos que se desarrollan principalmente sobre troncos en descomposición o sustratos vegetales. Cada hongo está formado por una serie de

finos filamentos llamados hifas, que en conjunto conforman lo que se denomina micelio. En la naturaleza y bajo condiciones favorables de humedad y temperatura, este micelio extendido sobre un sustrato adecuado se transforma en pequeños “grumos” que van aumentando de tamaño hasta formar la típica seta (Gaitán *et al*, 2002).

Los hongos están bioquímicamente dotados, con la habilidad para secretar una variedad de enzimas hidrolizantes y oxidantes que ayudan en la degradación de los residuos de las plantas (los cuales son químicamente lignocelulósicos). Ellos después utilizan algunos de los productos de la degradación, para su crecimiento y fructificación y dejan el resto en forma de sustrato agotado. De esta manera los hongos son potentes agentes biológicos convirtiendo residuos orgánicos incomedibles directamente en alimentos humanos palatables. (Nieto y Chegwin, 2006).

Además, los hongos proveen un camino para la producción de alimentos, sin tener el recurso de la luz solar e independiente de la ruta fotosintética; la explotación de los hongos, que producen cuerpos fructíferos, para la generación de biomasa comestible tiene varias ventajas: (Rajarathnam y Bano, 1991).

1. Incorporan patrones de la conversión más eficiente de los residuos de las plantas en alimentos para consumo humano.
2. Son verdaderamente comestibles y son considerados como un alimento delicioso siendo bastante apetecidos por su textura y sabor característicos.
3. Su eficiencia de transformación en proteína por unidad de área y por unidad de tiempo es muy superior, comparado con las fuentes de proteína animal.

4. El sustrato agotado, una vez terminada la cosecha, ya degradado representa un material rico en nutrientes para ser empleado como enmienda para ser usado en huertas caseras.
5. Juegan un papel muy importante en la ecología del ciclo del carbono en la naturaleza, reduciendo de esta manera la acumulación de material orgánico de residuos de plantas, que se acumula cada año en la tierra.

5.2 Descripción taxonómica y biológica del *Pleurotus pulmonarius*

En la naturaleza se encuentran varios reinos, en los cuales se dividen los diferentes organismos, dependiendo de sus características biológicas. Como se indica en la Tabla 1. Se describen la taxonomía del género *Pleurotus* spp.

Tabla 1. Clasificación Taxonómica de los Hongos del género *Pleurotus* según (Herrera *et al*, 1990)

Reino:	Fungi
División:	Basidiomycota
Clase:	Agaricomycetes
Orden:	Agaricales
Familia:	<i>Pleurotaceae</i>
Género:	<i>Pleurotus</i>

Los nombres comunes son Orellana, Oyster, Gírgola, Champiñón Ostra, Oreja de palo, Ostión, es un hongo comestible gastronómicamente de primera calidad, su color es crema o castaño, con olor y sabor agradable, se dice que 200 g de Orellana, ver Figura 2. reemplazan un trozo de carne, su proteína es digestible en un 80 % (Bayona, 2012).



Figura 2. Orellanas.

Los hongos del género *Pleurotus* spp son de tamaño variable, hay individuos desarrollados de 5 cm y otros que superan los 15 cm, de forma típica de ostra. El color de esta seta es muy variable, los ejemplares que solemos encontrar suelen ser grises u ocre grisáceo, aunque existen formas de color gris plateado, Verde-azules e incluso próximas al pardo, esto suele dar lugar a la creación de múltiples variedades. Su cutícula es lisa, separable y brillante, sobre todo con lluvia cuando resulta un tanto lubricada, el borde se presenta enrollado en los especímenes jóvenes, quedando después fino y algo ondulado. (Herrera *et al* 1990).

Láminas muy decurrentes de color blanquecino, un poco crema en la vejez, apretadas y no muy homogéneas.

Pie corto y totalmente lateral, hay individuos en los que apenas es perceptible debido a que está incrustado en el sustrato. Es de color similar al de las láminas.

Carne consistente y tenaz de color blanco, de olor fúngico suave, sabor dulce y agradable. (Herrera y Ulloa, 1990).

La reproducción es la formación de nuevos individuos con características típicas de la especie. En el caso de los hongos podemos observar que hay dos formas para dar origen a nuevos individuos la sexual y la asexual. A esta última también se le conoce como somática o vegetativa, debido a que no involucra fusión de núcleos. Se puede dar por fragmentación del micelio, el cual, al colocarse bajo condiciones adecuadas de temperatura, humedad y substrato, da origen a un nuevo individuo. Esta forma de reproducción es muy utilizada para multiplicar los hongos comestibles en el laboratorio, pues permite mantener las características de la cepa que se está cultivando (Herrera y Ulloa 1990).

El crecimiento de un hongo puede iniciarse a partir de una espora o de una fracción viable de hifa. Dicho crecimiento se da en forma polarizada o apical porque la elongación de la superficie se da en un punto y no en toda la célula. Esta característica ocasiona que las células de los hongos (exceptuando las levaduras) tengan una estructura cilíndrica, denominada hifa, delimitada por una pared que se extienden de manera ramificada para formar un sistema hifal conocido como micelio. (Royse y Sánchez, 2001).

El crecimiento sólo se da en la parte apical de la hifa, la cual tiene la capacidad de elongarse alejándose del centro de la colonia. El ápice penetra nuevos territorios y establece nuevas fronteras, por esta característica, según el tamaño y la edad de la colonia, un hongo puede presentar de manera simultánea una zona de crecimiento, una zona de poco o nulo crecimiento e inclusive, una zona de autólisis. (Royse y Sánchez, 2001).

Los mecanismos que dirigen y regulan la formación de cuerpos fructíferos no son conocidos en la actualidad y resultan aún difíciles de explicar; sin embargo, es claro que su desarrollo requiere de una modificación del comportamiento normal, invasivo del micelio vegetativo, por otro en el cual las hifas no tengan un crecimiento divergente, sino que converjan para formar un órgano diferenciado. (Herrera y Ulloa, 1990).

En relación con el ciclo de vida de hongos comestibles, las basidiosporas de los hongos comestibles germinan cuando entran en contacto con un sustrato y encuentran una temperatura, pH y humedad adecuados para su crecimiento. Dan origen a un micelio primario bien desarrollado, conocido como homocarión por tener un solo tipo de núcleos generalmente haploides. En algunas especies donde es bien conocido que únicamente hay un núcleo por compartimento hifal se le llama monocarión. (Royse y Sánchez, 2001).

5.3 Composición química del Hongo *Pleurotus pulmonarius*

En la Tabla 2, se muestra la composición química del hongo *Pleurotus pulmonarius*, cuenta con un alto porcentaje de proteína, lo que lo convierte en una fuente alterna a las proteínas provenientes de la carne de vacuno y los lácteos.

Tabla 2.composición química del hongo *Pleurotus spp*

Componente	Valor %
Agua	92.20%
Materia seca	7.8%
Cenizas	9.50%
Grasas	1.00%
Proteínas brutas	39.00%
Fibra	7.50%
Fibra cruda	1.40%
Nitrógeno total	2.40%
Calcio	

Fósforo	33mg/100g
Potasio	1.348mg/100g
Hierro	37.93mg/100g
Ácido ascórbico (vitamina c)	15.20mg/100g
Tiamina (vitamina B1)	90-144mg/100g
Niacina (vitamina B5)	1.16-4.80mg/100g
Ácido Fólico	46-108.7mg/100g
	65mg/100g

Fuente: (Arrúa y Quintanilla, 2007).

El cultivo de hongos comestibles y medicinales se está constituyendo en una actividad socio económico de importancia en países con vocación agrícola, en los cuales los residuos agrícolas se constituyen en la materia prima para la elaboración de los sustratos de cultivo. (Rodríguez y Gómez, 2001).

Entre los géneros de hongos más cultivados se encuentran los denominados “hongos de especialidad”, como lo son las diversas especies de hongos del género *Pleurotus*, conocidas en el ámbito nacional como “orellanas” y diferentes variedades del hongo *Lentinula edodes*, conocido popularmente como shiitake. (Rodríguez, 2006).

El cultivo de hongos comestibles ofrece seguridad al consumidor y le permite incorporar a la dieta un producto altamente beneficioso para la salud (Curvetto, 1999). Es un alimento de excelente valor nutricional que también posee importantes propiedades farmacológicas, algunas ya demostradas y otras en estudio, por lo que se habla que son productos nutriceuticos o productos que poseen atributos medicinales y nutricionales. (Miles y Chang, 1998)

La demanda tanto a escala nacional como internacional de los hongos de especialidad es cada vez mayor. La producción mundial en 1997 fue del orden de 876.000 toneladas para las orellanas y alrededor de 1.500.000 toneladas para el Shiitake. (Rodríguez, 2006).

5.4 Requerimientos físicos para el crecimiento y desarrollo de los hongos.

El crecimiento y el desarrollo se ven afectados no sólo por factores nutricionales, sino también por factores físicos, tales como: temperatura, humedad, luz, aireación, gravedad y tamaño de partícula del sustrato. (Rodríguez, 2006).

Por supuesto, los valores de los factores físicos también están influenciados por otras condiciones que afectan el crecimiento, tales como: la nutrición, otras condiciones culturales, las características genéticas de la cepa de la seta y la fase de crecimiento del micelio (Miles y Chang, 1998)

5.4.1 Concentración del ión de hidrógeno (pH)

La mayor parte de los hongos exhiben un mejor crecimiento vegetativo ligeramente sobre el lado ácido del punto de neutralidad (por ejemplo, pH 6.5 a 6.8), pero existen, por supuesto, variaciones usuales que incluyen cepas y especies diferentes. Las enzimas extracelulares requeridas para el crecimiento en sustratos pécticos o lignocelulósicos, sin embargo, pueden tener rangos de pH óptimos y estrechos. Adicionalmente al efecto del pH sobre la actividad enzimática, la disociación de moléculas en iones se ve afectada por el pH, al igual que la permeabilidad de las membranas. Por ejemplo, hay casos en los que se ha reportado una especie que es incapaz de utilizar un sustrato específico, pero en estudios posteriores se encuentra que, a un nivel de pH requerido, la sustancia atraviesa la membrana y es empleada (Miles y Chang, 1998).

5.4.2 Temperatura

De todos los factores físicos, la temperatura ha sido la más ampliamente estudiada en cuanto a su efecto sobre el crecimiento de los hongos. Esta no es sólo consecuencia de su importancia sobre el crecimiento y desarrollo, sino también porque es relativamente fácil de estudiar en el laboratorio. La supervivencia de una especie en la etapa micelial, en ausencia de estructuras especializadas, tales como esclerocias o rizomorfos, puede ser establecida por valores máximos y mínimos de temperaturas de las especies. Si estas temperaturas extremas no determinan la sobrevivencia, ciertamente determinarán la distribución de la especie en la naturaleza. (Rodríguez y Zuluaga, 1994).

El científico del laboratorio y el cultivador de setas están en mejores capacidades de tratar con a:) la temperatura óptima para el crecimiento (sembrado micelial o sembrado de semillas para el cultivador de setas); b.) la temperatura óptima para la producción de un producto metabólico, tales como aquellos importantes para el productor de compuestos medicinales (por ejemplo el complejo inmunoregulador polisacárido polipéptido, PSPC, producido por *Coriolus versicolor* o el polisacárido Lentinan, el cual es útil en el tratamiento de ciertos cánceres y es producido por el micelio de *Lentinula edodes*); c.) la mejor temperatura para la esporulación o formación del órgano productor de esporas, los cuales son de interés, tanto para el geneticista, como para el cultivador de setas (Miles y Chang, 1998).

5.4.3 Humedad

La mayoría de los hongos requiere altos niveles de humedad. Constituyen, sin embargo, la excepción los llamados hongos de degradación seca tales como *Serpula lacrymans*, cuyos cordones miceliales pueden crecer a través de los sustratos carentes de humedad, en virtud de la traslocación de nutrientes de la parte posterior de las hifas y la formación de “agua metabólica”. Esta formación de agua metabólica ha sido demostrada en los cultivos en bolsa de la cepa Shiitake (*Lentinula edodes*), en los que un aumento del contenido de la humedad en la parte interior del tronco artificial fue reportado después de la formación de la capa micelial impermeable que rodea al tronco. (Rodríguez y Gómez, 2001).

Para el cultivo de las setas hay dos consideraciones importantes:

1. El contenido de humedad del sustrato
2. La humedad relativa del ambiente en el cual crecen las setas.

El manejo de ambos es importante. Las especies pueden diferir en los valores óptimos de humedad, los cuales también pueden variar en diferentes etapas del crecimiento. Para la mayoría de las especies de setas, una humedad relativa de 95 a 100% permite un crecimiento máximo con poca pérdida del contenido de humedad del sustrato debido a evaporación. Un contenido de humedad del sustrato por los rangos 50-75% generalmente permite el crecimiento máximo del micelio (Miles y Chang, 1998).

5.4.4 Luz

En calidad de organismos no fotosintéticos, la influencia de la luz en los hongos sorprende a algunas personas. Hay, sin embargo, numerosos ejemplos de dicha influencia. Hay reportes de que el crecimiento vegetativo de algunas especies en agar puede ser inhibido por la luz.

La calidad y cantidad de luz que recibe el hongo en su fase de fructificación es un factor importante en el rendimiento y la eficiencia biológica, aunque dirigida por las características genéticas, la síntesis celular de los hongos es controlada por factores del ecosistema (luz, calor, temperatura, humedad y sustrato (Rodríguez y Zuluaga, 1991).

También se ha reportado la muerte de hongos directamente expuestos a la luz del sol, pero, en la ausencia de estudios experimentales, tal muerte puede ser atribuible a temperaturas excesivas producidas por el sol. De igual forma en que la alta temperatura puede resultar en la incapacidad de una especie para sintetizar una vitamina necesaria e inhibir el crecimiento micelial, también la luz fuerte puede inducir el mismo efecto por la destrucción de vitaminas, lo cual puede ser superado mediante la adición al medio, de elementos naturales, tales como extracto de levadura, rico en vitaminas (Miles y Chang, 1998).

Mientras que las respuestas fototrópicas en los esporangioporos de *Phycomyces* y *Pilobolus* de la clase Zigomicetos son bien conocidas y han sido objeto de muchos estudios experimentales, el efecto de la luz de mayor interés para la biología de las setas tiene que ver con el desarrollo de los órganos productores de esporas. La luz podría impulsar el origen de los primordios en algunas especies y ser necesaria para el desarrollo de otras etapas del órgano productor de esporas. (Rodríguez y Zuluaga, 1991).

5.4.5 Aireación

Los componentes gaseosos de la atmósfera de mayor importancia en la biología de las setas son el oxígeno y el dióxido de carbono. En el manejo de un galpón de cultivo, la aireación debe ser un asunto de constante consideración. Las especies de hongos son organismos aeróbicos y es importante tener el nivel de oxígeno adecuado para el sembrado de los micelios. El crecimiento vegetativo puede aumentar cuando el nivel de dióxido de carbono aumenta ligeramente, como ocurre normalmente en áreas confinadas debido a las actividades respiratorias del micelio. (Rodríguez, 2006).

En la respiración aeróbica, el micelio descompone los carbohidratos del sustrato hasta convertirlos en CO_2 y H_2O . Mientras un incremento de la concentración de CO_2 en la atmósfera normal (ca. 0.03%) a 0.1-0.5% puede tener el efecto estimulador, recién mencionado, sobre el crecimiento micelial, si la concentración de CO_2 alcanza dichos niveles (0.3 a 0.5%), la formación de los primordios del órgano productor de esporas del *Agaricus bisporus* se verá afectada, y el desarrollo de los órganos productores de esporas en formación podrá sufrir modificaciones. (Rodríguez, 2006).

La aireación del galpón de cultivo puede ser manejada para prevenir características no deseadas en algunas especies (por ejemplo, estipes largos y pequeñas cápsulas en el *Agaricus bisporus*) o para lograr una característica deseada en otro (estipes largos y pequeñas cápsulas en *Flammulina velutipes*) (Miles y Chang, 1998).

5.4.6 Tamaño de partícula del sustrato

Rajarithnam y Bano, 1991, afirman que un tamaño de partícula entre 2 y 3 cm ha sido considerado ideal para el cultivo de los hongos.

Los cambios característicos en la composición química de los hongos están asociados con la semilla, edad o tiempo de desarrollo del carpóforo, tiempo transcurrido después de la recolección y diferentes partes del cuerpo fructífero. La naturaleza química del sustrato tiene una acción marcada sobre la composición química de los cuerpos fructíferos. La proteína y el contenido de aminoácidos en hongos cultivados es aproximadamente 2 veces mayor que el contenido en las cepas que crecen silvestremente. Los carpóforos, en general, en base seca, contienen alrededor del 55% de carbohidratos, 32% proteínas, 2% de grasas y el resto lo constituyen las cenizas. (Rodríguez, 2006).

5.5 Sustratos

Los desechos agrícolas están formados por compuestos químicos polimerizados como celulosa y lignina, ésta es considerada como el almacén más grande de energía, pero se encuentra asociada a la celulosa formando compuestos lignocelulósicos difíciles de degradar, lo que impide que se utilicen en la alimentación animal. La lignina por lo tanto debe ser degradada a compuestos más simples y aquí los hongos desempeñan un papel muy importante ya que son los únicos organismos que descomponen y metabolizan eficientemente la lignina (Guzmán y Martínez, 1987).

Esta especie de hongos es cosmopolita y crece saprofiticamente en ambientes naturales sobre troncos de árboles caídos y otras plantas leñosas en descomposición; es un hongo semianaeróbico que soporta un 32% de CO₂ y fija el nitrógeno atmosférico, produce grandes cantidades de proteína de alta calidad sobre sustratos que están compuestos de materiales residuales, siendo más eficiente sobre los lignocelulósicos, como pajas, cascarillas de cereales, bagazos, tusas, pastos, cáscaras, entre otros (Soto y Arias, 2004).

Las setas (*Pleurotus ostreatus*), *Volvariella volvacea* y el hongo japonés Shiitake (*Lentinus edodes*) son hongos comestibles que poseen una excelente capacidad para degradar sustratos lignocelulósicos como son residuos agrícolas, industriales y maderables (Martínez y Mata, 1985).

Las materias primas al ser utilizadas como sustratos para el cultivo de hongos comestibles como el hongo *Pleurotus pulmonarius* se clasifican en tres grupos: grupo 1 compuesto por los restos de los cereales (trigo, cebada, tallo de sorgo, entre otros); grupo 2 están las plantas utilizadas en la industria (algodón, girasol, tabaco, entre otros) y el grupo 3 que está constituido por los desechos de la agroindustria como oleaginosas, destilerías, azucareras, aserraderos, entre otros. Estos grupos tienen un alto contenido de hemicelulosa y nitrógeno inferior al 1 %. (Flores y Arias, 2006).

5.6 Esterilización de los sustratos

Los sustratos para *Pleurotus* son generalmente sometidos a semi-esterilización rápida, con inyección del vapor en la masa del producto para mantener la temperatura entre 70°C y 80°C,

durante varias horas. Se elimina así, la fauna y la flora parásita o competidora y después se realiza un enfriamiento a 25°-30°C para luego hacer la inoculación con la semilla comercial. Varios tipos de esterilización o pasteurización son propuestos en el cultivo (Laborde y Delmas, 1974):

- ◆ **Autoclavado:** Después de la esterilización a 124°C, el sustrato se inocula en condiciones estériles en bolsas plásticas cerradas. Estas bolsas son abiertas después de la invasión micelial para permitir la fructificación.
- ◆ **Calentamiento rápido del sustrato al vapor entre 80°C y 100°C, durante algunas horas.** Enfriamiento del sustrato y la inoculación en bolsas plásticas cerradas.
- ◆ **Sistema NADASI:** Pasteurización a 72°C durante 4 a 5 días.
- ◆ **Pasteurización:** El sustrato se trata térmicamente al vapor, durante varios días, a 60°C.

5.7 Inoculación

La siembra se puede hacer en camas o en bolsas de plástico, las cuales se perforan para facilitar el intercambio gaseoso. Si se hace en camas, éstas se cubren con un plástico limpio con el fin de evitar pérdidas de agua del sustrato, el cual se inocula con 1-2% de la semilla comercial. Una vez llenas las bolsas de polietileno, se compactan un poco ejerciendo una presión vertical, desde la parte superior, para eliminar el exceso de aire y para garantizar el contacto entre la semilla y el sustrato y luego se cierran y perforan en las paredes verticales para permitir el intercambio gaseoso (Cardona y Urrea, 2001).

Las condiciones apropiadas del ambiente y del sustrato, en el momento de la siembra, son las siguientes: humedad relativa 82 a 86%; temperatura del sustrato 27,7 a 30°C; concentración de CO₂ del sustrato 20.000 ppm. En estas condiciones la incubación se lleva a cabo en 10-14 días (Cardona y Urrea, 2001).

5.8 Incubación

Si se mantiene bajo oscuridad la primera generación de un cultivo de *Pleurotus*, la colonia se hace muy sensible al efecto de la luz; en estas condiciones, la iluminación con longitud de onda entre 500-660 nm, correspondiente a luz verde, es suficiente para inducir la formación de primordios, mientras que el desarrollo posterior de los esporóforos requiere de iluminación con luz blanca, 400- 600 nm (Cardona y Urrea, 2001).

5.9 Aireación

Las setas se desarrollan en la cámara de producción, donde se trasladan los cultivos una vez se haya finalizado la incubación; las condiciones ambientales son manejadas según los parámetros de cultivo. Durante la producción de los carpóforos se debe renovar el aire unas 8-10 veces por hora, aproximadamente 250 m³/hora en un salón de 100 m² y 2.5 metros de altura, con el fin de eliminar el CO₂ producido durante las actividades respiratorias, cantidades mayores de 0,06% de CO₂, en esta etapa, deforma los cuerpos fructíferos e inhibe su desarrollo (Cardona y Urrea, 2001).

6. Fructificación

La producción se obtiene en tres o cuatro oleadas durante 6-7 semanas, después de inducir el fructificación, retirando el plástico de las camas y de las bolsas y regando el sustrato y el suelo, para mantener la humedad relativa en 80% o más. Para que las setas presenten el píleo pigmentado se recomienda obtener las cosechas en un ambiente donde la luz sea suficiente para leer (Cardona y Urrea, 2001).

7. Selección, formulación y adecuación de sustratos

Las actividades agrícolas y agroindustriales generan gran cantidad de desechos que no tienen ningún valor comercial pero que ocasionan contaminación ambiental. Dichos desechos son en su gran mayoría lignocelulósicos, que pueden aprovecharse para el cultivo de setas y de esta manera solucionar el problema ambiental que estos ocasionan, y a su vez generar alimento para consumo humano y subproductos de proceso que pueden utilizarse para la alimentación animal (Rodríguez, 2006)

La selección de los materiales para conformar los sustratos está directamente relacionada con:

- Disponibilidad suficiente y continua en la zona del cultivo.
- Conocimiento de sus características fisicoquímicas.
- Regularidad en su composición fisicoquímica.
- Material fácilmente transportable y manejable.
- Un precio de adquisición ventajoso.
- Localización fácil y cercana.

- Facilidades de almacenamiento.

Los materiales utilizados para la elaboración de los sustratos deben utilizarse frescos o deshidratados hasta una humedad aproximada del 12%, valor a partir del cual se limitan drásticamente los procesos microbianos de descomposición.

El primer paso en la preparación del sustrato, una vez establecida la formulación y calculadas las cantidades de materias primas necesarias, consiste en la adecuación de los materiales en lo relacionado con el tamaño de partícula y su forma de almacenamiento. (Rodríguez, 2006).

7.1 Composición de los materiales de los sustratos

7.1.1 Composición del bagazo de caña de azúcar

La Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) es de la familia de las Poaceae, es tropical, compuesta por un tallo fuerte que mide entre 2 a 5 metros de altura y tiene 5 ó 6 cm de diámetro. Dentro del tallo, se conserva y acumula un jugo dulce y rico en un 14% de sacarosa, el cual varía a lo largo de su recolección, en su parte superior, se encuentra la panocha o panícula, que mide unos 30cm de largo; misma medida que la profundidad que alcanza su sistema radicular (Solorza *et al*, 2013).

El bagazo de caña es un conjunto de fibras que resultan después de haber realizado la molienda y el jugo en la cual se extrae la sacarosa que constituye aproximadamente el 40 a 50% de la caña fresca. (Cascante y Fonseca, 2015), como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3. Composición física del bagazo de caña de azúcar. (Cascante, Fonseca 2015).

Composición física		Cantidad %
Componentes Orgánicos	Fibra (celulosa)	45-60
	Hemicelulosa	
	Lignina	
Solidos No solubles	Tierra	2 -3
	Piedras	
	Sustancias coloidales	
Solidos solubles	Ceras	2 -3
	Peptinas	
	Ácidos grasos	
Agua		50

Los porcentajes en los cuales se divide los contenidos del l bagazo de caña de azúcar son agua (49%) fibra (48%) y solidos solubles (2,3%).

La fibra consiste principalmente en celulosa (48%) y la lignina (14.3%); además su pH es de 6.1 y su nitrógeno total está en 1.23%. Los sólidos solubles se refieren a los azúcares celulósicos, estos aportan principalmente la energía que le provee al hongo *Pleurotus pulmonarius* para su buen desarrollo (Cascante y Fonseca, 2015).

7.1.2 Composición Química del Afrecho de Maíz

El afrecho de maíz o harina de alimentación animal (H.A.A.) es el subproducto obtenido de la molienda seca de maíz. Se compone básicamente de germen, salvado, harinas y trozos provenientes de la molienda del grano de maíz duro. Este recurso alimenticio se obtiene durante el proceso industrial de molienda de maíz con des germinación parcialmente húmeda. (Tovar, 2013).

En la tabla 4. Se detallan los resultados de un análisis químico del afrecho de maíz para tomar una referencia de su composición nutricional:

Tabla 4. Composición química del Afrecho de Maíz. (Tovar, 2013).

PARAMETRO	PORCENTAJE
Materia seca	86.5 % Min.
Humedad	13.5 % Max.
Fibra bruta	5.0 % + - 1 %
Materia grasa	12.0 % + - 2 %
Proteína	8 - 11.0 %
Cenizas	4.0 % + - 2 %

7.2.3 Composición química de Pollinaza

En las granjas de pollos de engorda se define a la pollinaza como el material compuesto de heces, cama, orina, restos de alimento, mucosa intestinal descamada, secreciones glandulares, microorganismos de la biota intestinal, sales minerales, plumas, insectos, pigmentos, trazas de medicamentos. En la Tabla 5. Se describe la composición química promedio de excretas de pollos de engorde.

Es cada vez mayor la escasez de cama en los grandes centros avícolas del país, lo que influye en su acaparamiento y eleva los costos de producción. Entre los tipos de cama utilizados tenemos la cascarilla de arroz, viruta o aserrín, paja molida de trigo, avena o sorgo, cascarilla de grano de café, papel en tiras o pliegos, etc., o bien casetas sin cama. (Delgado, 2009).

Tabla 5. Composición química promedio de excretas de pollos de engorde.

Componentes %	Gallinaza	Pollinaza
Materia Seca	86.9	84.7
Proteína Cruda	28.0	31.3
Proteína Verdadera	11.3	16.7
Fibra Cruda	12.7	16.8
Extracto Etéreo	2.0	3.3
Cenizas	28.0	15.0

Extracto Libre de Nitrógeno	28.7	29.5
Calcio	8.8	2.37
Fósforo	2.5	1.8

(Delgado, 2009)

7.2.4 Pasto elefante morado - *Pennisetum purpureum*

Es una gramínea macollosa que puede llegar a medir 3 metros de altura, las hojas pueden medir 70 cm de largo por 3 de ancho y presentan superficie y bordes rugosos. La inflorescencia es en forma de panícula cilíndrica, larga y pubescente. En zonas altas el corte se puede realizar cada 120 días, pero en zonas bajas cada 45 días. (Toledo, 1982). En la Tabla 6. Se describe la composición de pasto elefante morado- *Pennisetum purpureum*. el pasto elefante morado en el municipio de Pitalito se ha venido empleando para la alimentación en sistemas de ganadería intensiva, en la producción de carne y leche.

Tabla 6. Composición de pasto elefante morado- *Pennisetum purpureum*

Composición nutricional	Unidad	Cantidad
Materia seca	%	20,00
NDT	%	11,00
Energía digestible	Mcal/kg	0,48
Energía metabolizable	Mcal/kg	0,40
Proteína (TCO)	%	1,80
Calcio (TCO)	%	0,06
Fósforo total (TCO)	%	0,05
Grasa (TCO)	%	0,40
Ceniza (TCO)	%	2,80
Fibra (TCO)	%	6,20

(Toledo, 1982)

8. Metodología

8.1 Tipo y nivel de investigación

El trabajo realizado tiene enfoque de investigación experimental mediante la toma de datos y registros de crecimiento. La información primaria fue la observación directa de invasión del micelio, brote de primordios, pesaje de sustratos, de hongos cosechados, medidas de temperatura y humedad diarias a las horas 6 am, 12 m y 6 pm. La información secundaria correspondió a publicaciones, informes o reportes de entidades del sector agropecuario local, nacional e internacional. Para el análisis de la información se utilizó el software Infostat versión 2017 (Di Rienzo *et al*, 2017).

8.2 Caracterización de sitio del ensayo

El ensayo se ubicó en el barrio San Rafael, donde la unidad experimental se conformó por una bolsa de sustrato inoculado de 2 kilogramo de peso. En la tabla 7. Se indica la formulación de los sustratos. Donde cada tratamiento tuvo tres materiales de sustrato, para un total de 3 tratamientos. Tratamiento 1 (Afrecho de Maíz, bagazo más pasto), tratamiento 2 (Pollinaza, bagazo más pasto) y el testigo formulación con la que se han venido realizando siembras en planta de producción en el municipio de Pitalito, que consta de (Aserrín, bagazo más pasto) Cada tratamiento con 10 repeticiones, bajo un diseño de clasificación simple.

Tabla 7. Formulación de los sustratos

Materiales	Tratamiento (PM)	Tratamiento (PG)	Testigo (PT)
Pasto	24 libras	24 libras	24 libras
Bagazo	8 libras	8 libras	8 libras
Afrecho	8 libras		
Pollinaza		8 libras	
Aserrín			8 libras
Miel de purga	200 gramos	200 gramos	200 gramos
Cal viva	200 gramos	200 gramos	200 gramos

8.3 Acondicionamiento de los sustratos.

Se realizó la consecución de los materiales en la región, iniciando con el aserrín de madera de balsa en una carpintería de la región. En la vereda Guacacayo finca Berlín se obtuvieron los materiales del pasto elefante morado y la pollinaza. Al pasto elefante morado y el bagazo de caña se les realizó un corte y posterior fueron triturados en una máquina picapastos, obteniendo una textura de 1 y 2 cm. el afrecho de maíz se compró por kilos en almacén de alimentos pecuarios. Los materiales se llevaron al secadero solar por 15 días hasta obtener una humedad entre el 10 al 12%. El bagazo de caña se encuentra en plantas de producción paneleras que se encuentran en la región; el pasto de corte elefante morado se eligió por ser fácil de conseguir, por tener un crecimiento rápido y tener un tallo grueso el cual da un buen rendimiento en el proceso de picado.

Dos días antes de la siembra; el pasto, el aserrín y el bagazo de caña se humedecieron con agua hasta obtener un 60% de humedad. Con el fin de conocer el punto ideal de humedad se utilizó el método del puño de la mano, que consiste en apretar el material hasta que este solo deje húmeda la mano al hacerle presión.

8.4 Preparación de los sustratos.

Se tomo de cada material 20 kilos para cada tratamiento, al cual se le aplicó 1% de cal viva y 1% de miel de purga (200 gramos de cal y 200 gramos de miel de purga para cada tratamiento), mezclándose las materias primas, sobre piso en concreto hasta obtener una homogeneidad en los materiales. Posteriormente se empacaron en bolsas de polipropileno con un peso de dos kilos cada una, como se observa en la figura 3.



Figura 3 Preparación de los sustratos

El uso apropiado de la cal agrícola es uno de los factores más importantes en la producción exitosa de cultivos. El exceso de acidez es uno de los principales obstáculos para la obtención de altos rendimientos y productividad, la cal agrícola influye en la disponibilidad de nutrientes para la planta, la cal agrícola reduce la toxicidad de algunos elementos minerales Las enmiendas agrícolas aportan Calcio (Ca), Magnesio (Mg), y otros nutrientes minerales (Soto y Arias. 2004).

La miel de purga también llamada melaza, es un líquido denso y viscoso de color oscuro, es el producto final de la fabricación o refinación de la sacarosa procedente de la caña de azúcar. Este producto es rico en fosforo, calcio, nitrógeno, y materia orgánica, pero pobre en potasio,

se usa como abono ya que mejora algunas propiedades físicas y acidas del suelo. (Leeson y Summers, 2000).

Se inició el proceso de esterilización, que consistió en someter el sustrato al vapor de agua el cual se embolso y deposito en una caldera con tapa y una parrilla a 30 cm del fondo donde se adiciono agua hasta 20 cm, sobre la parrilla se ubicaron para someterlas al vapor por seis horas con fuego continuo alcanzando 95 grados en el interior de la caldera por seis horas.

Al estar las tortas frías se realizó la siembra en un lugar limpio, acondicionado para este fin, aislado de corrientes de aire en su interior. Se adiciono la semilla al sustrato en la parte superior aplicando a cada bolsa 60 gramos de semilla, cada torta fue rotulada y llevada al sitio de incubación para continuar con el proceso.

La consecución de la semilla fue por medio de la empresa Champifung LTDA, de la ciudad de Bogotá, quien vende semilla comercial del hongo *Pleurotus*, no se logró tener información sobre la concentración del producto comercial en esporas para de parte de la empresa, el micelio del hongo llevo sobre semilla de trigo, empacado en bolsa de papel el cual podía ser utilizado al instante o ser guardado en nevera a 10 grados centígrados por máximo un mes, según información del vendedor de la empresa Champifung.

8.5 Manejo de del cultivo

La sala de incubación se acondicionó con un estante metálico como se indica en la figura 4, con el fin de colocar las tortas y con plástico negro se realizó el encierro para evitar la entrada de luz permaneciendo allí por 22 días hasta que se realizó el 100% de invasión del micelio.



Figura 4. Sitio de incubación.

De este sitio se pasó a la sala de fructificación construida con tula de color blanco a una altura de dos metros y 30 cm libres hasta el techo para permitir la entrada de luz y aire, se procede a retirar la bolsa de polipropileno, a sumergir las tortas por un minuto en agua para humedecerlas y proceder a colgarlas para fase de producción la cual a los tres días empezaron a salir los primordios en forma de botones para dar forma mediante su proceso de crecimiento a los primeros hongos cosechados seis días después de estar en sala de fructificación.

9. SIEMBRA

9.1 fase de inoculación e incubación

Posterior a la preparación de los sustratos, se realizó la inoculación (figura 5); en esta etapa se realizó a una tasa del 3% (30 gramos de semilla por cada Kg de sustrato estéril), la cual se realiza debido a que es lo utilizado en la planta de producción administrada por la señora Francenid Perdomo, quien en entrevista compartió dicha información; así como también por publicación realizada por Cenicafé sobre cultivo de *P. pulmonarius* (Rodríguez y Zuluaga, 1994).

Se aplicaron 60 gramos de semilla por bolsa de dos kilos, las bolsas fueron llevadas a un estante previamente desinfectado que se ubicó en la zona de incubación, el cual se construyó para este fin.



Figura 5. Proceso de inoculación.

En este cuarto se ubicó un termómetro e higrómetro para registrar los datos de temperatura durante todo el tiempo que duró la etapa de incubación, donde se observaron temperaturas promedio entre 19.7 y 23 °C y humedad relativa entre 71.4 y 77.7%. Las bolsas permanecieron por seis días sin ser abiertas ni movidas.

Después de los 6 días, las bolsas fueron monitoreadas diariamente, se permitió la aireación de los sustratos. Estas fueron volteadas diariamente para mayor homogeneidad en la humedad y aireación. La fase de incubación se dio por terminada en el momento en que el micelio había colonizado toda la superficie del sustrato, es decir, cuando el sustrato se veía totalmente cubierto de una masa blanquecina y algodonosa.

10. Monitoreo, seguimiento y evaluación

10.1 Variables estudiadas

- Registros de temperatura y Humedad: Expresada en °C y en %
- Eficiencia Biológica (EB): expresada en el peso de hongos frescos dividido en el peso de sustrato seco por 100 %
- Invasión del micelio: tiempo de corrida del micelio que tarda el hongo en colonizar el sustrato.
- Precocidad: expresado como el tiempo que transcurre entre el día de la inoculación y el día en que aparecen los primeros carpóforos.
- Rendimiento medio: Expresado como la media aritmética de la relación entre el peso fresco de los hongos cosechados

10.2 Análisis estadístico de la información.

Con la información recolectada en los formatos de campo, se sistematizó, dando la posibilidad de analizar la información mediante la elaboración de Tablas en hojas de cálculo de Microsoft Excel®, graficas en columnas, gráficas en barras, graficas de distribución y de líneas.

Se realizó análisis de varianza y se aplicó la prueba de Fisher ($p > 0,05$) para las variables estudiadas, los datos se analizaron mediante el programa Infostat.

11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del *Pleurotus pulmonarius*, en el trabajo de investigación se presentan en el crecimiento del micelio, la formación de primordios y la formación de los cuerpos fructíferos, que son fases importantes en el cultivo de los hongos que requieren una adecuada humedad y temperatura.

11.1 INVASIÓN DEL MICELIO

El tiempo de invasión del micelio hace referencia al tiempo que tarda el hongo en colonizar el sustrato que se puede evidenciar con el cambio de color a blanco y la compactación de la torta.

La invasión del micelio inició al día sexto para tratamiento PT, mientras el tratamiento PM inicia en el día octavo y posteriormente el día noveno se da la invasión en el tratamiento PG.

Como se observa en la figura 6 se observa la invasión del micelio en el transcurso de los días.



Figura 6. Invasión del micelio

La invasión del micelio se dio dentro de los primeros 22 días después de la inoculación, todas las formulaciones se inocularon el mismo día. Estos resultados están cercanos a las conclusiones de Chang y Miles, 2004 quienes reportaron que el crecimiento del micelio tomó tres semanas y los cuerpos fructíferos aparecieron después de 2-3 días.

Las formaciones de los primordios se presentaron entre los 6 y 7 días después de la etapa de incubación es decir a los 28 y 29 días. Después de la incubación. Resultados similares reportaron Chang y Miles, 2004 y Soto y Arias, 2004 quienes señalaron que *Pleurotus pulmonarius* completó el crecimiento del micelio entre 17 y 20 días en diferentes sustratos y el tiempo para la formación de primordios fue indicado entre los 23 y 27 días.

En la fase de formación de cuerpos fructíferos se presentaron después del día 34 después de la formación de los primordios y tomaron de 24 a 50 días después de la inoculación de la semilla.

Estos resultados están en conformidad con Soto y Arias, 2004, quien reportaron cuerpos fructíferos de 3-4 semanas después de la inoculación de la semilla. La cobertura del micelio se observó en todos los sustratos evaluados, incluyendo el sustrato testigo, bajo las mismas condiciones de temperatura y humedad. Como se indica en la Figura 7. En el día 13, el tratamiento PT tuvo un 35% de mayor invasión con respecto PG y PM.

Se puede ver que el tiempo de corrida de micelio en la formulación testigo (PT) fue mayor a la formulación con pollinaza y afrecho de maíz, esto puede deberse a que la formulación del testigo contiene madera que es el mismo medio en el cual el hongo está habituado en la naturaleza para crecer y desarrollarse, por tal razón no se ve afectado el metabolismo del hongo sobre el sustrato.

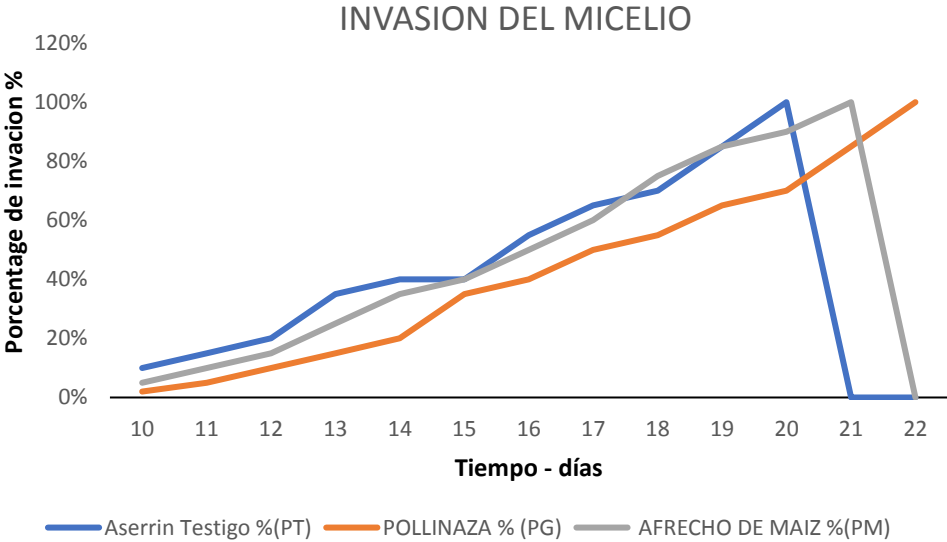


Figura 7. Grafica Invasión del micelio

Como se observa en la tabla 8, se describen la invasión del micelio en la formulación (PT) se presenta de primero seguido por la formulación (PG) terminado el día 22 para todos los tratamientos, aunque no se observa mucha diferencia en los días si se pudo evidenciar que la compactación e invasión del micelio, así como el color blanco intenso se presentó más con la formulación (PT), con la formulación (PG) pese a que hubo una invasión del 100% no se observa el blanco intenso como las formulaciones (PT) y (PG). Ver figura 7

Además, los hongos que realizan la descomposición aeróbica de un sustrato requiere de un mayor presencia de carbono (Iriarte,, 2003), que de nitrógeno para crecer en un ambiente óptimo para su crecimiento y desarrollo, por lo tanto al observar la cantidad de nitrógeno y carbono de los sustratos evaluados en tablas anterior, se puede observar que el aserrín de madera contiene una mayor porción de carbono que los demás sustratos, y en el caso de la pollinaza es quien mayor contenido de nitrógeno contiene, donde se ve reflejado en la corrida del micelio puesto que a mayor cantidad de carbono el hongo se adapta con mayor facilidad para la degradación del sustrato y lo usa para su formación y desarrollo.



Figura 8. Invasión del micelio

11.2 PRECOCIDAD

La precocidad es expresada como el tiempo que transcurre entre el día de la inoculación y el día en que aparecen los primordios.

En la Tabla 9, se registran los datos de precocidad, (anexos), se indica que la formulación (PM) donde se utilizó afrecho de maíz, presentó los primeros primordios al día 21 después de la inoculación, seguido por el tratamiento (PT) al día 22 y la de pollinaza al día 24, sin embargo a pesar de que el tratamiento con afrecho de maíz fue más precoz, la producción fue inferior a la formulación de la formulación (PT) (Figura 9).



Figura 9. Aparición de primordios

11.3 EFICIENCIA BIOLÓGICA

De acuerdo con la Tabla 10, donde se analizaron 2 tratamientos y 1 testigo, de modo que en los resultados de este parámetro se puede apreciar que el tratamiento que obtuvo mayor

rendimiento en gramos en la cosecha de hongos fue el tratamiento testigo (PT), mezcla realizada con aserrín de madera, bagazo de caña y pasto de corte, con una producción del 45.6% en relación con el tratamiento 2 (PM) con una producción del 43.7 % con una mezcla de bagazo de caña pasto y afrecho de maíz.

Tabla 10. Eficiencia biológica (EB)

Tratamiento	Producción g	Tratamiento	Producción g	Tratamiento	Producción g
PT1	486	PG1	64	PM1	286
PT2	398	PG2	38	PM2	379
PT3	389	PG3	98	PM3	225
PT4	287	PG4	114	PM4	296
PT5	298	PG5	62	PM5	487
PT6	439	PG6	44	PM6	325
PT7	289	PG7	125	PM7	456
PT8	396	PG8	106	PM8	396
PT9	481	PG9	111	PM9	238
PT10	268	PG10	103	PM10	486
TOTAL	3731		865		3574

El tratamiento (PG) fue el que menor rendimiento tuvo con un 10.5 % de producción y cuyo tratamiento fue bagazo de caña pasto y pollinaza, de modo que los tratamientos 1 y 2 no tuvieron diferencias significativas en relación con el tratamiento 3 que tuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$)

12. Análisis de Varianza

Para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos, los datos fueron procesados y analizados con el software estadístico Infostat (versión 2017). Ver tabla 11

Tabla 11. Análisis de varianza.

Test: Fisher LSD Alpha:=0,05 LSD:=69,95102

Error: 5811,3259 df: 27

TRATAMIENTO	Means	n	S.E.	
PG	86,50	10	24,11	A
PM	357,40	10	24,11	B
PT	373,10	10	24,11	B

Las medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Como se puede observar en la figura 10. Los tratamientos PM y PT no presentaron diferencias significativas en utilizar diferentes sustratos para obtener una producción en promedio de 400 g. Mientras que el tratamiento PG, si presento una diferencia significativa con respecto a los dos tratamientos y su producción fue en promedio de 100 g.

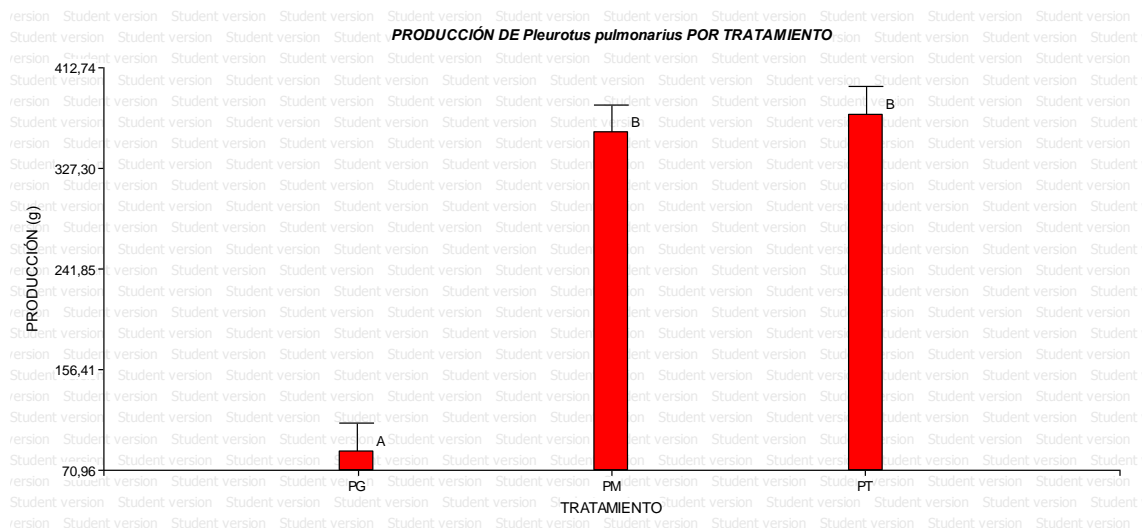


Figura 10. Producción por tratamiento

La eficiencia biológica, entendida como la relación entre el peso fresco de los cuerpos fructíferos y el peso seco del sustrato usado para su producción, $EB = (\text{Peso fresco de los hongos (g)}/\text{Peso seco del sustrato (g)}) \times 100$.



Figura 11. Fructificación

Los resultados obtenidos como se muestra en la Tabla 12. Se puede apreciar que el tratamiento con mayor eficiencia biológica fue el (PT), con una eficiencia biológica de 69.7%, seguido por el tratamiento con afrecho de maíz obteniendo eficiencia biológica de 66.3% y el tratamiento con pollinaza obteniendo eficiencia biológica de 14.8% y siendo este el único con diferencia significativa ($p > 0,05$) respecto de los demás tratamientos.

Tabla 12. Eficiencia biológica

Tratamiento	Producción gr	Peso final sustrato	Eficiencia Biologica
Pt	3731	5348	69,70%
Pm	3574	5390	66,30%
Pg	865	5820	14,80%

En la formulación (PT) y (PM) se obtuvo un buen rendimiento con relación a investigaciones realizadas por Cenicafé donde se investigó el cultivo de *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quéil, sobre pulpa de café obteniendo eficiencia biológica media alcanzada en el cultivo fue de 54,40% (Rodríguez Valencia & Zuluaga Vasco, 1994), lo que nos muestra que estos sustratos obtuvieron una buena respuesta en relación con las investigaciones de Cenicafé en el departamento del Huila.

12. Comportamiento de las Condiciones Ambientales

Durante el periodo productivo de 50 días se recolectaron las medidas de variables ambientales: Humedad Relativa medida en porcentaje y Temperatura ambiente medida en °C. Ver Anexo. Durante el proceso de fructificación de hidrataron las tortas después de cada recolección, y sobre el piso se acondiciono plástico para mantener con agua el piso y así aumentar la humedad relativa el cual estuvo durante todo el proceso.

En la figura 12. Se indica que las condiciones ambientales en el momento de la investigación presento un comportamiento constante entre la humedad relativa y la temperatura. Siendo una humedad relativa de 80% con una temperatura promedio de 20°C.

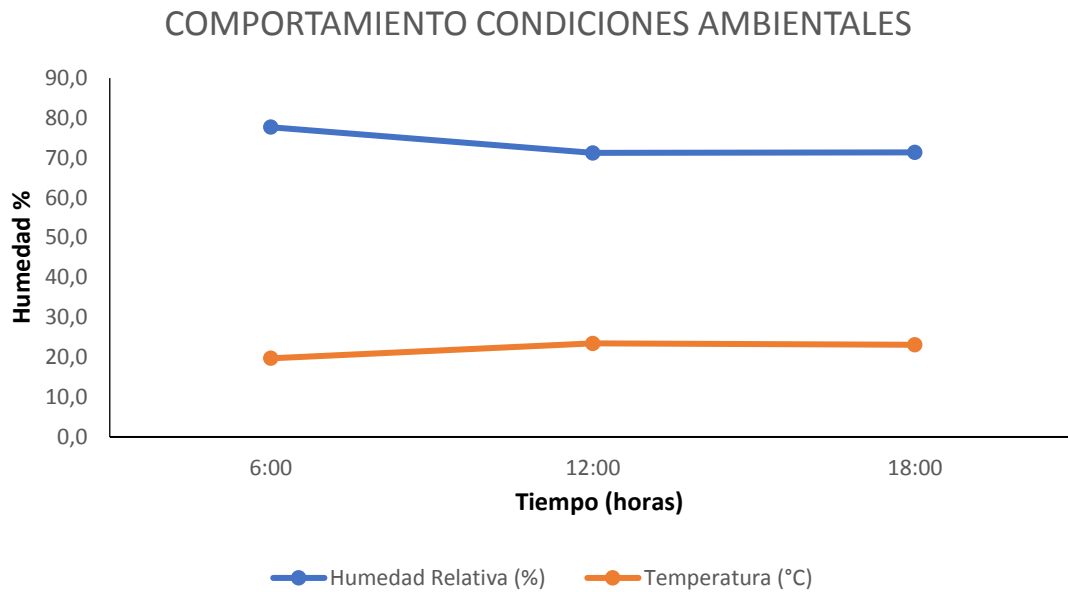


Figura 12. Condiciones ambientales.

Se observó que durante la fase de fructificación se logró aumentar la humedad en relación con el tiempo que estuvo en la fase de incubación a causa del riego constante que se dio a las tortas, caso contrario paso con la temperatura que estuvo constante durante los procesos de incubación y fructificación, como se observa en la figura 13 las condiciones ambientales fueron favorables para la producción de hongos logrando un buen rendimiento y eficiencia biológica.



Figura 13. condiciones ambientales sitio de incubación.

13. Análisis de Rendimiento

Expresado como la media aritmética de la relación entre el peso fresco de los hongos cosechados. En la tabla 13. Se indica el rendimiento por torta, siendo el tratamiento PT de la torta cuatro (PT4) un rendimiento de 8.3 g, caso contrario con el rendimiento de la torta PG2 que tuvo 0,5 g. Y el rendimiento de la torta PM5 fue el más alto con 7,3

Tabla 13. Rendimiento por torta

(PT)	rendimiento	(PM)	rendimiento	(PG)	rendimiento
PT1	7,2	PM1	4	PG1	0,8
PT2	5,9	PM2	6	PG2	0,5
PT3	5,3	PM3	3	PG3	1,2
PT4	8,3	PM4	4,5	PG4	1,6
PT5	4,4	PM5	7,3	PG5	0,8
PT6	5,7	PM6	4,9	PG6	0,5
PT7	4,2	PM7	5,8	PG7	1,6
PT8	5,9	PM8	5,3	PG8	1,4

PT9	7,1	PM9	3,4	PG9	1,5
PT10	4,1	PM10	6,3	PG10	1,4
%	5,81		5,05		1,13

Se obtiene dividiendo el peso de los cuerpos fructíferos secos sobre el peso del sustrato seco, multiplicando por 100, es decir, el peso seco de los hongos durante el cultivo. El cálculo se realizó teniendo en cuenta el estudio químico realizado por (Arrúa y Quintanilla, 2007), en el cual se dice que el hongo tiene un 92.20% de agua.

En la tabla 14 se indica el rendimiento total de las tortas. Detállese que el mayor rendimiento de 5.81% se dio en el tratamiento PT con una cuya formulación de aserrín de madera, bagazo y pasto, seguido por el rendimiento de 5.05% de (PM) afrecho de maíz, bagazo, pasto y con relación al sustrato (PG) de pollinaza, bagazo, pasto fue el rendimiento más bajo de 1.13 %

Tabla 14. Rendimiento Total de cada formulación de las tortas

Rendimiento	(PT)	(PM)	(PG)
%	5,81	5,05	1,13

En el día 6 el tratamiento PT alcanzo su mayor rendimiento y el tratamiento de PG de pollinaza, donde el día 1, el hongo *Pleurotus pulmonarius* invadió una parte de la torta, sin avanzar en el tiempo, quedando con un rendimiento medio de 1.13%. Ver Figura 14.

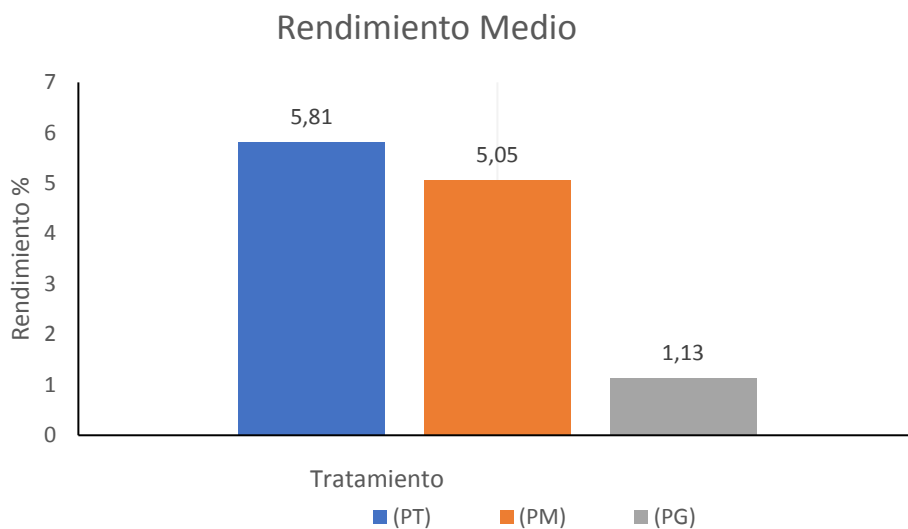


Figura 14. Rendimiento medio %

De acuerdo con la figura 14 el rendimiento más alto por torta fue la de la formulación (PT), a los 4 días tuvo un rendimiento de 8.3% con respecto a PG que tuvo en ese mismo día un rendimiento de 1.6%.

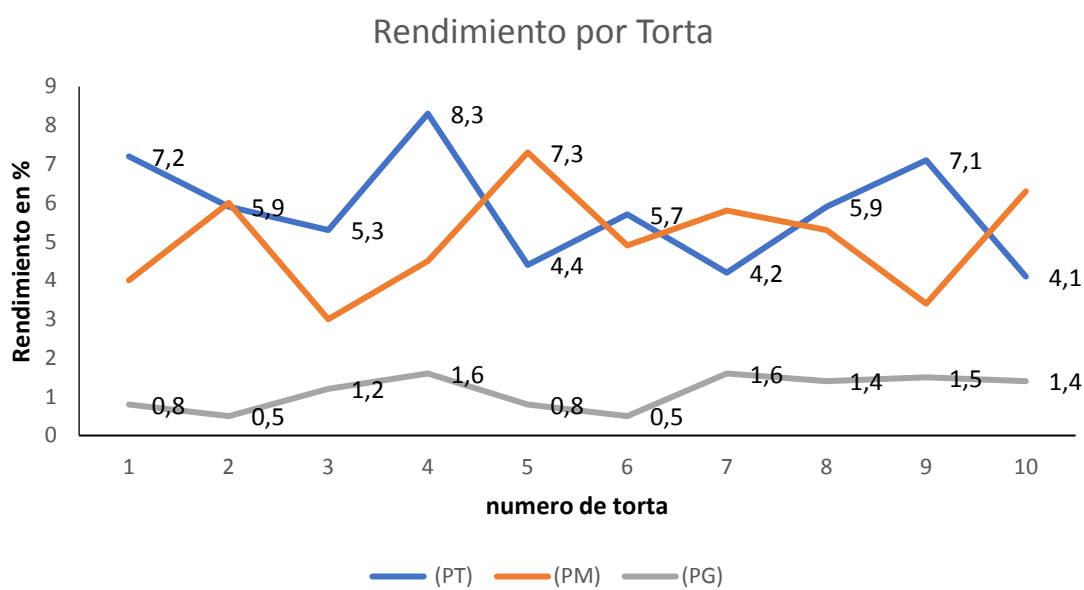


Figura 15. Rendimiento por torta %

Sin embargo, algunas tortas de la formulación (PT) obtuvieron menor producción que la formulación (PM) como el caso de las tortas 2,5,7 y 10; Es decir que la formulación (PM) estuvo en un nivel bueno de producción y que podría ser implementado por fungicultores de la región. Caso contrario a la formulación (PG) donde el rendimiento fue siempre bajo

CONCLUSIONES

1. El sustrato compuesto por aserrín de madera, bagazo de caña y pasto de corte presentó los mayores resultados en cuanto a la eficiencia biológica, en el cultivo de *Pleurotus pulmonarius* (69.3%), debido que el sustrato con aserrín de madera le están suministrando los nutrientes necesarios para la producción de enzimas y proteínas para el desarrollo del hongo y además es el hábitat natural del hongo.
2. La formulación (PM) compuesta con afrecho de maíz, bagazo de caña y pasto de corte obtuvo una diferencia de 3% con relación a la formulación (PT) lo que indica una formulación aplicable en plantas de producción de hongos de la región ya que genera una producción aceptable e incluso por encima de otras investigaciones realizadas en el departamento del Huila; por tanto, a pesar de no mostrar diferencias significativas en la variables analizadas, puede ser recomendada para su aplicación productiva.
3. La formulación (PG) compuesta por pollinaza no es recomendada mediante esta práctica para su uso ya que fue muy baja la eficiencia biológica (14.8%), sin embargo, si se le realizara un manejo especial a la pollinaza de tal modo que se lograra bajar los porcentajes de nitrógeno es muy probable que este sería un sustrato ideal para el desarrollo de los hongos *Pleurotus pulmonarius*.
4. Los tratamientos (PM) y (PT) no presentaron diferencias significativas en utilizar diferentes sustratos para obtener una producción en promedio de 400 g. Mientras que el tratamiento

(PG), si presento una diferencia significativa con respecto a los dos tratamientos y su producción fue en promedio de 100 g.

5. Se requiere hacer otras investigaciones relacionadas a sustratos alternativos para el cultivo de *Pleurotus pulmonarius*, con el fin de brindar alternativas de aprovechamiento de los desechos de cosechas y residuos domésticos promoviendo la cultura ambiental y posibilidades de alimentos nutritivos por medio de hongos comestibles.

BIBLIOGRAFÍA

Arrúa Romero Jesús María y Quintanilla Re. Jorge Efraín (2007) Producción del hongo *Pleurotus pulmonarius* a partir de las malezas *Paspalum fasciculatum* y *Rottboellia cochinchinensis*. Universidad EARTH. Guácimo, Limón, Costa Rica

Cardona, Urrea, LF. 2001. Anotaciones acerca de la bromatología y el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (en línea). *Crónica Forestal y del Medio Ambiente* 16(6): 99-119. Universidad Nacional de Colombia. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, San Luis Potosí, México. Disponible en <http://sipicyt.ipicyt.edu.mx:7777/materialbiblioteca/BaenaGonzalezArmando3.pdf>

Cascante, G & Fonseca, E. 2015. Planeación de requerimientos de materiales por el sistema MRP. Caso Laboratorio Farmacéutico Oriente. Cuba, RTQ vol.35 (2). Santiago de Cuba.

Cayetano-Catarino, A. Adán-Díaz, M. A. Torres-Pastrana, 2004. Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* sobre diversos subproductos agrícolas de Guerrero, México. *Revista Mexicana de Micología*.

Chang, S.T., P.G. Miles, 2004. *Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact*. CRC Press, Boca Raton.

Chang, S.T.; Miles, P.G. *Edible mushrooms and their cultivation*. Boca Raton, CRC Press, 1989. 345 p.

Curvetto. N. Biotecnología de hongos comestibles y medicinales. Bahía Blanca. 1999. 74 p.

Delgado, F.J. 2009. Pollinaza: recurso nutricional y amenaza sanitaria. Disponible en:

<http://www.elsitioavicola.com/articulos/1952/pollinaza-recurso-nutricional-y-amenaza-sanitaria/>. Consultado: octubre de 2017.

Di Rienzo J.A; Casanoves F; Balsarini M.G; Gonzales L Tablad M; Robledo C.W. Infostat versión 2017. Infostat group, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina URL [http:// www.infostat.com.ar](http://www.infostat.com.ar).

Flores, J. y Arias, N., 2006. Efecto de microorganismos eficaces (EM) sobre la producción del hongo ostra *Pleurotus ostreatus* (Agaricales: Tricholomataceae) a partir de remanentes agrícolas.

Gaitán–Hernández R., D. Salmenes, R. Pérez Merlo, G. Mata, 2002. Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción. Instituto de Ecología, Xalapa.

Guzmán, G, Martínez, D. El cultivo de los hongos comestibles sobre la pulpa de café en Méjico. En: Aprovechamiento de subproductos y tratamiento de efluentes de beneficiado de café. Memorias del tercer Simposio internacional sobre la utilización integral de los subproductos de Café. Guatemala: 16-18 de febrero de 1987.

Herrera, T., y Ulloa, M. 1990. El Reino de los Hongos. Micología Básica y aplicada. UNAM y Fondo de Cultura Económica, México, D.F.

Iriarte, C. Estudio de la producción y secreción de enzimas celulolíticas en micelios rápidos y lentos de *P. ostreatus*. Ingeniero Técnico Agrícola (Hortofruticultura y Jardinería). Universidad Pública de Navarra. 2003,198.

Laborde, J. Et Delmas, J. Un nouveau champignon comestible cultivé. *Le Pleurote* 1: 631-652. 1974.

Lara Herrera, I., Mata, G., Gaitán–Hernández, R. 1998. Evaluación del efecto de la criopreservación de cepas de *Pleurotus* spp. sobre la producción de carpóforos. Revista Iberoamericana de Micología 15: 44–47.

Leeson, S. y Summers, J. 2000. Nutrición aviar comercial. Editorial Le'Print Club Express Ltda. Bogotá, Colombia, 43-45p

Martínez–Carrera, G., Mata, H. Leal (eds.).1985. El cultivo de setas *Pleurotus* spp. en México. El Colegio de la Frontera Sur, Tapachula, pp. 73–79.

Miles, P. G.; Chang, S. T. Biología de las setas. Fundamentos básicos y acontecimientos actuales. Santafé de Bogotá, World Scientific, 1998. 206 p.

Nieto, I.J., Chegwin A, C. 2006. Influencia del sustrato utilizado para el crecimiento de hongos comestibles sobre sus características nutraceúticas. Rev. colomb. biotecnol., Volumen 12, Número 1, p. 169-178, 2010. ISSN electrónico 1909-8758. ISSN impreso 0123-3475.

Philippoussis, A., G. Zervakis, P. Diamantopoulou, 2001. Bioconversion of agricultural lignocellulosic wastes through the cultivation of the edible mushrooms *Agrocybe aegerita*, *Volvariella volvaceae* and *Pleurotus* spp. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 17: 191–200.

Perdomo, F. (Febrero de 2017). Entrevista personal planta Productora de Hongos. Pitalito - Huila

Rajaratnam, S.; Bano Z. Biological utilization of edible fruiting fungi. In: Arora, D.; Mukerji, K.; Math, E. (Eds). *Handbook of Applied Mycology. Foods and Feeds. Volume 3*. New York, Marcel Dekker. 1991.

Rodríguez-Valencia, N., Gómez-Cruz, F. 2001. Cultive hongos comestibles en pulpa de café. *Avances técnicos Cenicafé* 285: 7-13.

Rodríguez, N., Zuluaga, J. Cultivo de *Pleurotus* spp. en pulpa de café. En: Seminario Internacional Sobre Biotecnología en la Agroindustria Cafetera. Manizales (Colombia), 4-7 de noviembre de 1991.

Rodriguez Valencia, N., & Zuluaga Vasco, J. (1994). Cultivo de *Pleurotus pulmonaris* (Fr) Qué. en pulpa de café. *Cenicafé*, 81-92.

Rodríguez Valencia, N. 2006. Producción de los hongos comestibles orellanas y shiitake
<http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/857/1/Hongos%20comestibles%20Orellanas%20Shiitake.pdf>

Royse, D. J. Cultivation of oyster mushrooms. College of Agricultural Sciences, The Pennsylvania State University, University Park, PA. 2003

Royse, D. J.; Sánchez, J. E. Influence of substrate wood-chip particle size on Shiitake (*Lentinula edodes*) yield. *Bioresource Technology*: 76 (2001). 229-233.

Solorza Feria, J., Rendón Villalobos, R., Sánchez Muñoz, J., Flores Huicoche E. (2013) Composición del bagazo de caña por análisis termo gravimétrico, Instituto Politécnico Nacional, Depto. Desarrollo Tecnológico. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos.

Soto-Velazco, C. y A. Arias. (2004). El cultivo de las setas (*Pleurotus spp*). Tecnología de producción de alimentos. Editorial Cuellar, México. ISBN 968-5251-00-2.

Tovar, (2013) Producción y procesamiento del maíz en Colombia
<http://www.redalyc.org/html/1053/105327548008/>

Toledo, J. (1982). Manual para la evaluación Agronómica. CIAT. Red Internacional de Pastos Tropicales. Cali, Colombia.

Anexos

Tabla 8. Invasión del micelio

% de Invasión del micelio			
DIA	Testigo Aserrín (PT)	Pollinaza (PG)	Maíz (PM)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	6	0	0
7	6	0	0
8	8	0	3
9	8	1	4
10	10	2	5
11	15	5	10
12	20	10	15
13	35	15	25
14	40	20	35
15	40	35	40
16	55	40	50
17	65	50	60
18	70	55	75
19	85	65	85
20	100	70	90
21	0	85	100
22	0	100	0

Tabla 9. Precocidad

PRECOCIDAD			
DIA	(PT)	(PM)	(PG)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	0
7	0	0	0
8	0	0	0
9	0	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0
12	0	0	0
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	22	0
22	18	26	0
23	24	35	24
24	29	37	29

Tabla 11. Análisis de Varianza

Variable	N	R ²	Adj R ²	CV
Producción	30	0,77	0,75	27,99

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model.	519242,87	2	259621,43	44,68	<0,0001
TRATAMIENTO	519242,87	2	259621,43	44,68	<0,0001
Error	156905,80	27	5811,33		
Total	676148,67	29			

Tabla 12. Registros de humedad Relativa y Temperatura a tres horas en el día.

Día	Hora: 6am		Hora: 12pm		Hora: 6pm	
	Humedad	Temperatura	Humedad	Temperatura	Humedad	Temperatura
1					69	25
2	76	18	74	25	70	23
3	74	20,5	65	27	68	25
4	69	21,5	60	24	61	24,5
5	73	19	66	23	67	22
6	62	19,5	63	23,5	69	24
7	65	18,4	64	22	69	24
8	65	20,5	60	25	64	25
9	71	21,5	62	24,5	68	24
10	69	18,5	58	27	60	25,5
11	62	19,5	57	22	66	26
12	62	19	60	24	70	23
13	64	18,8	60	25	71	25
14	74	18	62	26,5	65	24,5
15	70	21	61	26	70,5	22
16	68	20,5	61	24	63	24
17	73	19,9	60,5	25	63	26
18	66	19	58	27,5	61	24,5
19	66	18,8	59	24	59	24
20	59	18	62	25	60	23
21	71	19,5	64	25,4	63	22
22	74	20,3	62	24	61	25
23	73	20	63	25	64	25
24	76	20,5	66	26	76	23
25	83	19,5	79	22	72	22
26	86	18,8	81	23	79	24
27	85	19,5	80	24	74	23,5

28	80	20,5	73	24	77	25
29	82	21	79	25	67	24,5
30	84	21,5	80,5	22	80	23,5
31	85	20,5	76	23	69	23,5
32	90	19,5	71	24	70	22
33	81	20	79	24	76	23
34	83	20,5	80	23,5	78	22
35	85	20,5	78	23	79	21,5
36	84	20	77	22	80	23
37	90	20	89	22	79	22
38	89	21	90	22	77	21,5
39	88	20,5	88	23	79	20
40	81	20,1	78	21,5	78	22
41	86	21	77	21	76	23,5
42	91	20,3	79	22,5	75	22
43	90	19	80	22	75	23
44	88	19,5	77	21	76	22,5
45	88	20	79	21	77	21,5
46	84	18	77	21	76	22
47	92	18,6	79	20	80	20
48	87	19,5	80	22	79	21,5
49	80	18,5	78	20	80	20,5
50	82	18,5	79	21,5	81	20