

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE BIOMASA EN UN CULTIVO DE FRIJOL
(*Phaseolus vulgaris*) UTILIZANDO UN SUELO HAPLUSTOLL VALLE DEL CAUCA
MEZCLADO CON UN SUSTRATO PROVENIENTE DE HONGOS (*Lentinula edodes*,
Pleurotus ostreatus)**



Fuente: Autor.

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
INGENIERÍA AGRÍCOLA
SANTIAGO DE CALI
2020**

EVALUACION DEL RENDIMIENTO DE BIOMASA EN UN CULTIVO DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) UTILIZANDO UN SUELO UDERTIC HAPLUSTOLL VALLE DEL CAUCA MEZCLADO CON UN SUSTRATO PROVENIENTE DE HONGOS (*Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*).

**TRABAJO PRESENTADO POR:
OSCAR DAVID ARISTIZABAL NOREÑA**

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO AGRÍCOLA

**DIRECTOR:
ORLANDO ZÚÑIGA Físico, MSc, PhD.**

**CODIRECTOR:
DANIEL I. OSPINA SALAZAR Ingeniero Agrónomo, MSc, PhD.**

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN ILAMA
UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE (EIDENAR)
INGENIERÍA AGRÍCOLA
SANTIAGO DE CALI
2020**

DEDICATORIA

Dios: Que nunca ha dejado de estar a mi lado y aconsejarme para llevar las cosas por el camino correcto, por las grandes personas que ha puesto en mi vida y me han enseñado tanto.

Mis Padres: Oliva Noreña y Oscar Aristizabal, gracias por su inmensa paciencia y sus grandes consejos para no desistir, seguir adelante y por el amor que me han dado.

Mis Hermanas: Por su paciencia, motivación amor y cariño.

Mis Compañeros: Por su gran apoyo y su acompañamiento en toda esta etapa de mi vida y las grandes enseñanzas que me han dejado.

AGRADECIMIENTOS

A Dios que me dio la vida, la sabiduría y la bendición de superarme.

A La Universidad Del Valle, Facultad de Ingeniería y al Programa De Ingeniería Agrícola por ser parte de mi formación.

A mi madre Oliva Noreña, mi padre Oscar Aristizabal, mis hermanas Yeni, Angie, Laura a mi hijo Gerónimo y a mi mujer Caroline por tenerme paciencia y darme apoyo en todo este proceso.

A mi amigo Ricardo Urrutia por alentarme y por sus buenos consejos para seguir adelante y no desistir.

A mis compañeros de la universidad por su gran apoyo y motivación para culminar mi trabajo.

A la Ing. Sandra Escobar por su gran ayuda en el desarrollo del documento y por su inmensa paciencia.

Al Ing. Cristian Rico por su gran ayuda en el desarrollo del documento.

A la Ing. Karime torres por su gran ayuda en el desarrollo del documento.

A mi director Orlando Zúñiga por guiarme en el proceso del trabajo de grado y sus consejos.

A mi codirector Daniel Ospina por su apoyo y ayuda incondicional en el proceso de mi trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
1. INTRODUCCIÓN	10
2. OBJETIVOS	11
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	11
2.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	11
3. REVISION DE LITERATURA	11
3.1. SUSTRATO.....	11
3.2. HONGOS	12
3.2.1. <i>Pleurotus ostreatus</i>	13
3.2.2. Importancia del cultivo del <i>Pleurotus ostreatus</i>	13
3.2.3. <i>Lentinula edodes</i>	14
3.2.4. Importancia del cultivo <i>Lentinula edodes</i>	14
3.2.5. Porque se utilizaron los hongos	14
3.3. FRIJOL	15
3.3.1. Requerimientos edafoclimáticos.....	15
3.3.2. Importancia del frijol en el mundo.....	16
4. ANTECEDENTES	18
5. METODOLOGÍA.....	22
5.1. UBICACIÓN	22
5.2. ESQUEMA METODOLÓGICO.....	23
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	27
7. CONCLUSIONES	34
8. RECOMENDACIONES	35
9. BIBLIOGRAFÍA	36
10. ANEXOS	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sustrato	12
Figura 2. Hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	13
Figura 3. <i>Lentinula edodes</i>	14
Figura 4. <i>Esquema del compostaje</i> ,	15
Figura 5. Etapas de desarrollo del cultivo del frijol.....	16
Figura 6. Principales países productores de frijol <i>Fuente:</i> (Fao, 2014)	17
Figura 7. Ubicación del experimento dentro de la Universidad del Valle sede Cali	22
Figura 8. Fotografía satelital de la ubicación del experimento dentro de la Universidad del Valle.....	22
Figura 9. Unidad Experimental	24
Figura 10. Efecto del sustrato PL en la altura y diámetro del tallo.	27
Figura 11. Efecto del sustrato PL en la altura del tallo.	28
Figura 12. Efecto del sustrato PL en el diámetro del tallo	28
Figura 13. Efecto del sustrato LE en el diámetro y la altura del tallo	29
Figura 14. Efecto del sustrato LE en la altura del tallo	30
Figura 15. Efecto del sustrato LE en el diámetro del tallo.....	30
Figura 16. Efecto del sustrato PL en la acumulación de materia humedad y seca	31
Figura 17. Efecto del sustrato LE en la acumulación de materia humedad y seca	32

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Condiciones edafoclimatológicas para el cultivo del frijol Calima.	16
Tabla 2. Experiencias relacionadas con sustratos.	18
Tabla 3. Grupo A correspondiente a los tratamientos con el hongo PL.	24
Tabla 4. Grupo B correspondiente a los tratamientos con el hongo LE.	25
Tabla 5. Dosificación del sustrato PL requerido en cada tratamiento para un peso total de 1500g (suelo + sustrato).	25
Tabla 6. Dosificación del sustrato LE requerido en cada tratamiento para un peso total de 1500g (suelo + sustrato).	25
Tabla 7. Variables de respuestas.	26
Tabla 8. Medición de altura y diámetro de plantas con sustrato PL.	27
Tabla 9. Medición de altura y diámetro de plantas con sustrato LE.	29
Tabla 10. Análisis de tejido vegetal macro y micro nutrientes.	32

SIGLAS

BC	Bagazo de Caña
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
EIDENAR	Escuela de Recursos Naturales y del Ambiente
FAO	Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
INCAP	Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá
LASA	Laboratorio de Aguas y Suelos Agrícolas
LE	Lentinula edodes
PL	Pleurotus ostreatus
TS	Testigo absoluto
UE	Unidad Experimental
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

RESUMEN

Este trabajo de investigación fue desarrollado en la Universidad del Valle bajo condiciones de invernadero, se evaluó la incidencia de dos tipos de sustratos provenientes de la combinación de bagazo de caña con los hongos *Lentinula edodes* y *Pleurotus ostreatus* sobre la acumulación de biomasa en un cultivo de frijol calima. Los tratamientos evaluados fueron: *Lentinula* y *Pleurotus* al 10%, 20%, 40%, testigo absoluto (TA) (sin ninguna aplicación). Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con cuatro tratamientos y tres repeticiones para cada sustrato. Se evaluaron parámetros de crecimiento de la planta (acumulación de macronutrientes y desarrollo de altura y diámetro de tallo). Los resultados mostraron que las plantas sembradas con el sustrato proveniente de *Pleurotus* presentan mayor altura en el tratamiento PL40 (26 cm) y mejor acumulación de macro nutrientes (N, P, K) con proporciones de N (35,3 g/kg) para PL10, P (3,22 g/kg) para PL20, K (36,6 g/kg) para PL10 y un mayor diámetro para el sustrato proveniente de *Lentinula* LE40 (3,1 mm). El sustrato con mejores aportes para la acumulación de biomasa es el proveniente del hongo *Pleurotus*.

Palabras claves: *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*, biomasa, macronutrientes, sustrato, bagazo de caña.

1. INTRODUCCIÓN

En Colombia, aproximadamente se aprovecha el 17% de los residuos generados por diferentes actividades (agrícolas, industriales, municipales, etc.), por lo tanto es prioritario incluir mecanismos de articulación del componente productivo, de investigación científica y tecnológica para generar algunas alternativas de subproductos en las que se aprovechan sus características y propiedades, para obtener materiales que puedan ser utilizados en diferentes procesos del área de la agricultura (Oviedo-Ocaña et al., 2015; Peñaranda González et al., 2017).

El desarrollo de nuevas tecnologías busca el aprovechamiento de los residuos a través de diferentes medios, por ejemplo en países en desarrollo como Colombia, el método más utilizado y de menor costo es el compostaje; que generalmente es utilizado para generar residuos orgánicos, biofertilizantes, acondicionadores de suelos, entre otros. Adicionalmente, por sus características ayudan a mitigar el impacto ambiental (Jaramillo Henao & Zapata Márquez, 2008; Tamayo Guerra & Vélez Arteaga, 2016). El compostaje, consiste en la descomposición del material compostado por medio de una interacción microbiana y, una vez incorporada a los suelos ayuda a mejorar sus características físicas y químicas (Jaramillo & Zapata, 2008); (Manjarrés et al., 2010).

El Valle del Cauca es uno de los departamentos con gran generación de residuos y más derivados por procesos agroindustriales como consecuencia de la producción de caña de azúcar, en donde se generan subproductos industriales entre los cuales se encuentra el bagazo, que es considerado un residuo altamente contaminante generándose por cada tonelada de tallos molidos, 250 kg de bagazo (Bravo et al., 2017). Por esto, los residuos orgánicos provenientes de la molienda en abonos orgánicos para uso en la agricultura mediante la técnica del compostaje, siendo una tecnología que permite transformar residuos y subproductos orgánicos en materiales biológicamente estables que pueden utilizarse como enmiendas y/o abonos del suelo y como sustratos disminuyendo el impacto ambiental de los mismos, por esto se renueva el interés por el uso y el manejo de sistemas productivos con el manejo de enmiendas agrícolas aplicadas al suelo con la finalidad de recuperar, reutilizar y/o transformar los residuos en insumos útiles, conservando la fertilidad del suelo y siendo amigable con el ambiente (Storey et al., 2015; Straathof and Comans, 2015; Zahra El Ouaquoudi et al., 2015).

Se conoce que el 47% de los sustratos biodegradados por hongos (aserrín, troncos, bagazo, tallos de gramíneas) son utilizados para la siembra en condiciones de invernadero, el 16% se utilizan en procesos de biorremediación, 12% se destina para alimentación animal, 10% para el manejo de plagas, 7% en usos diversos, 5% en estudios de impacto del medio ambiente, 3% en estudio de sus propiedades (Rinker, 2002).

Estos compostajes deben ser probados en cultivos para evaluar su incidencia, es por ello que en el estudio se escogió el frijol, ya que es de los productos básicos de la economía y es fundamental para la dieta colombiana por su alto grado de proteínas y su bajo costo (Pachón et al., 2009; Gallego et al., 2009).

Por lo anterior, el presente trabajo de investigación “Evaluación del rendimiento de biomasa en un cultivo de frijol calima (*Phaseolus vulgaris*) utilizando un suelo haplustoll del Valle del Cauca mezclado con un sustrato proveniente de hongos (*Lentinula edodes* (LE), *Pleurotus ostreatus* (PL)) consistió en aplicar diferentes proporciones del compostaje de Bagazo de Caña (BC) tratado con los hongos PL y

LE, utilizando dos sustratos, siendo BC + PL el sustrato PL y BC+ LE el sustrato LE , con el objetivo de probar su incidencia en parámetros de crecimiento de plantas de frijol calima.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la incidencia del uso del sustrato PL y LE en diferentes proporciones sobre el indicador de acumulación de biomasa en plantas de frijol calima (*Phaseolus vulgaris*).

2.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

1. Evaluar la aplicación del sustrato PL y LE en la acumulación de macro nutrientes (Nitrógeno, Fosforo, Potasio) presentes en la biomasa del frijol (*Phaseolus vulgaris*).
2. Determinar la respuesta de la aplicación sustrato PL y LE en el diámetro y altura como indicadores de acumulación de biomasa.

3. REVISION DE LITERATURA

3.1. SUSTRATO

Según Burés, (2001), el sustrato es cualquier medio utilizado para el cultivo de organismos vegetales en un contenedor, donde se entiende por contenedor cualquier recipiente con una altura limitada y que su base se encuentre a presión atmosférica (ver figura 1).

Abad Berjon et al.,(2004) señalan que un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, mineral y orgánico, que, puesto en un recipiente de forma pura, permite ser un medio de crecimiento para las plantas.

Para clasificar los sustratos existen diferentes criterios. Según Abad Berjon et al.,(2004) los sustratos se pueden clasificar como materiales orgánicos e inorgánicos:

- Materiales orgánicos, que pueden ser de origen natural (turba o peat moss), de síntesis (espuma de poliuretano, poliestireno expandido) y de residuos y sub productos de diferentes actividades, los cuales deben ser previamente compostados o vermicompostados; éstos se encuentran en el bagazo de caña (BC), aserrín, fibra de coco, corteza de árboles, cascarilla de arroz entre otros.

- Materiales inorgánicos o minerales, que se obtienen naturalmente, a partir de rocas y minerales tales como arena, grava, rocas volcánicas, tezontle, piedra pómez, y otros materiales, que requieren tratamientos físicos y/o químicos o un manejo industrial, éstos también son de origen natural y son obtenidos de rocas o minerales como la perlita, vermiculita, arcilla expandida y lana de roca. Por último, residuos y subproductos industriales, como la escoria de los hornos y las esterillas de carbón.



Figura 1. Sustrato
Fuente: (Burés, 2001)

El BC es un material lignocelulósico constituido principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina. Se obtiene como subproducto o residuo en los ingenios azucareros después de la extracción del jugo de caña de azúcar y representa aproximadamente entre el 25 y 40 % del total de materia procesada, dependiendo del contenido de fibra de la caña y la eficiencia en la extracción del jugo (Pernalet et al., 2008).

3.2. HONGOS

Los hongos son organismos que poseen células eucariotas; al no realizar fotosíntesis no requieren luz solar. Su forma de reproducción puede ser asexual o sexual y dependiendo del tipo de reproducción presentada, se agrupan en macroscópicos y microscópicos. Dentro de los macroscópicos se encuentran hongos comestibles, alucinógenos y venenosos; y en los microscópicos sobresalen los mohos, levaduras, hongos medicinales y fitopatógenos (Acosta & Busto, 1998).

Los hongos se dividen en tres grandes grupos: los saprofitos, que son aquellos que se alimentan de materia orgánica muerta; los parásitos, que se alimentan de materia orgánica viva y los simbioses, (micorrizas) que forman una simbiosis con algunos miembros del reino vegetal (Rojas Domínguez, 2004).

3.2.1. **Pleurotus ostreatus**

El hongo **Pleurotus ostreatus (PL)** se caracteriza por tener esporas de impresión (ver figura 2). Su crecimiento es cada vez mayor gracias a que es una especie con una gran capacidad de adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas. En la naturaleza fácilmente se encuentran en las partes de las plantas pobres en nutrientes. (Miles, P. G. and Chang, 1997)

Según Stamets, (1993);Hernandez & Lopez, (2004) clasifican el hongo como descomponedor perteneciente al grupo de podredumbre blanca que crece en forma silvestre en los valles de los ríos y posee una forma de ostra del cual deriva su nombre.

El hongo puede llegar a medir aproximadamente de 4cm a 13cm de diámetro dependiendo de su fructificación, presenta variación en su color debido a la intensidad lumínica que reciban adquiriendo colores desde grises y azulados hasta blancos muy claros. (Stamets, 1993);(Hernandez & Lopez, 2004).



Figura 2. Hongo **Pleurotus ostreatus**
Fuente: (Keizer. 1997).

3.2.2. **Importancia del cultivo del *Pleurotus ostreatus*.**

El hongo PL tiene una importancia en todo el mundo por sus grandes propiedades nutricionales, ayuda a la degradación de desechos que genera las agroindustrias de allí su gran importancia.

A inicios de los años 90 el hongo PL era uno de los hongos más cultivados en el mundo. El 24% de la producción de hongos en el mundo era de PL y otras especies relacionadas (Hernandez & Lopez, 2004).

En Colombia el cultivo inicia en el año de 1990, siendo el laboratorio de microbiología de la Universidad de Antioquia el primer lugar donde se llevó a cabo este cultivo por el experto Fabio Pineda, pero no fue sino en la última década del siglo XX que empezaron los cultivos rústicos en Caldas, Antioquia y Cundinamarca (Cabrera Torres et al., 1998).

3.2.3. *Lentinula edodes*.

Según Hanlin (1994) el nombre Shiitake es tomado del idioma japonés, donde “Shii” es un tipo de árbol que crece naturalmente y “take” significa hongo. También se le conoce como “hongo negro del bosque” y “Shiang-gu”. El Shiitake es un hongo basidiomiceto cuyo nombre científico es “*Lentinula edodes*” LE, en su denominación latina hace referencia a su forma de lente “*Lentinula*” y “*edodes*” por ser comestible (ver figura 3.)

Crece de forma silvestre sobre residuos de lignina y celulosa, principalmente contenida en la madera y sus derivados, en algunos tipos de residuos como el BC y desechos de café. Es por este motivo que el hongo es tan especial para el manejo de residuos agroindustriales, los cuales generan un gran problema ambiental en la agricultura. (Hanlin et al., 1994).

El hongo LE tiene una morfología típica de los hongos basidiomicetos. Es un Agarical con píleo marrón oscuro de 5 a 20 cm de diámetro, de forma convexa, las laminillas son planas y blancas. El estípite es fibroso, unido central, excéntricamente y áspero en su textura. Las esporas son blancas de forma ovoide (Fung, 2006);(Miles, P. G. and Chang, 1997).



Figura 3. *Lentinula edodes*.
Fuente: (Oei, 2003),(Cudris García, 2011).

3.2.4. Importancia del cultivo *Lentinula edodes*

Datos oficiales del año 2006, establecen que en México se produjeron cerca de 75,73 millones de toneladas de residuos de cultivos, los cuales fueron utilizados como medio de cultivo para el hongo LE y así llevar a cabo un control ambiental de dichos residuos; alguno de éstos son BC, bagazo de maguey, pulpa de café, cascara de frijol ,paja de trigo etc. (Valdez Vazquez et al., 2010).

3.2.5. Porque se utilizaron los hongos

Con el aumento vertiginoso que ha experimentado la producción de hongos comestibles día tras día a nivel mundial, se ha aumentado también la cantidad de un bio-producto deslignificado y rico en nutrientes; éste comúnmente es desechado después de obtener la cosecha total de hongos

acumulado en terrenos baldíos o cerca de fuentes de agua, por lo cual esta práctica genera grandes problemas de insalubridad y deterioro ambiental.

De acuerdo a la riqueza nutritiva de este sustrato, puede ser utilizado para alimentación animal (Valdez Vazquez et al., 2010) o como biofertilizante orgánico (Rinker, 2002).

En los últimos años se han reportado resultados interesantes acerca de su potencial en biocontrol o como biofertilizante (Kochakinezhad et al., 2012), (Owaid et al., 2017).

Compostaje

Proceso de compostaje: El compostaje puede entenderse como la unión de procesos metabólicos complejos formados por distintos microorganismos, que aprovechan de manera aeróbica el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes para producir su propia biomasa. Como resultado de dichos procesos se genera calor y sustrato sólido llamado compost (FAO, 2013). En la figura 6, se presenta un esquema conceptual del proceso de compostaje.

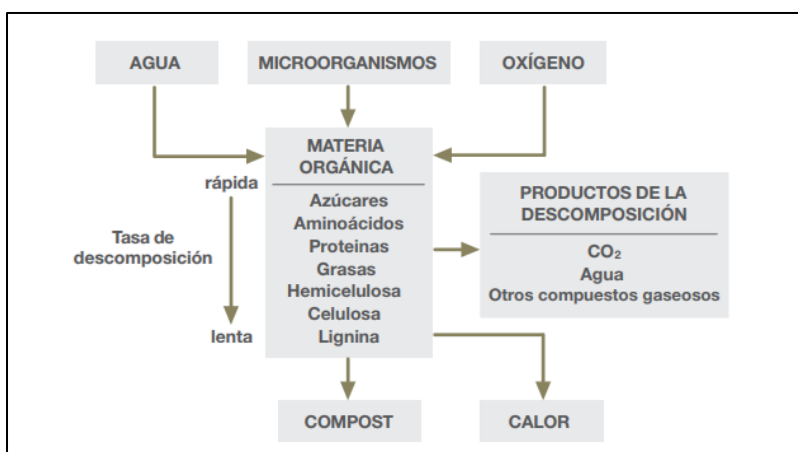


Figura 4. Esquema del compostaje,
fuentes: (Arc.cat, 2004)

3.3. FRIJOL

3.3.1. Requerimientos edafoclimáticos.

El frijol calima requiere de suelos profundos y con buena fertilidad, que tenga determinadas características físicas tales como alta retención de humedad, alto contenido de materia orgánica, una textura franco limosa idealmente aunque tolera también suelos francos arcillosos; crece bien en suelos con pH entre 5,5 y 6,5, de topografía plana u ondulada y que cuente con buen drenaje (Rincon, 1979).

El frijol calima absorbe grandes cantidades de N, K y Ca y menores cantidades de S, Mg y P (CIAT, 2016).

Tabla 1. Condiciones edafoclimatológicas para el cultivo del frijol Calima.

Altura nivel del mar	1000 - 2000 m.s.n.m
Temperatura	18° a 27° C
Humedad Relativa	60 a 85%
Requerimiento Hídrico	Precipitaciones de los 600 a 2000 mm/año
Textura	Franca
pH	6 a 7
Observaciones	Susceptible a heladas, exceso de agua y falta de luz

Fuente: (Criollo Garzon & Lopez Barrera, 2008).

Las etapas de desarrollo del frijol son diez: cinco de desarrollo vegetativo y cinco de desarrollo reproductivo, requiriéndose de 62 a 77 días después de la siembra para completar la madurez (Ver figura 5) (Bogotá, Camara de Comercio de, 2015).

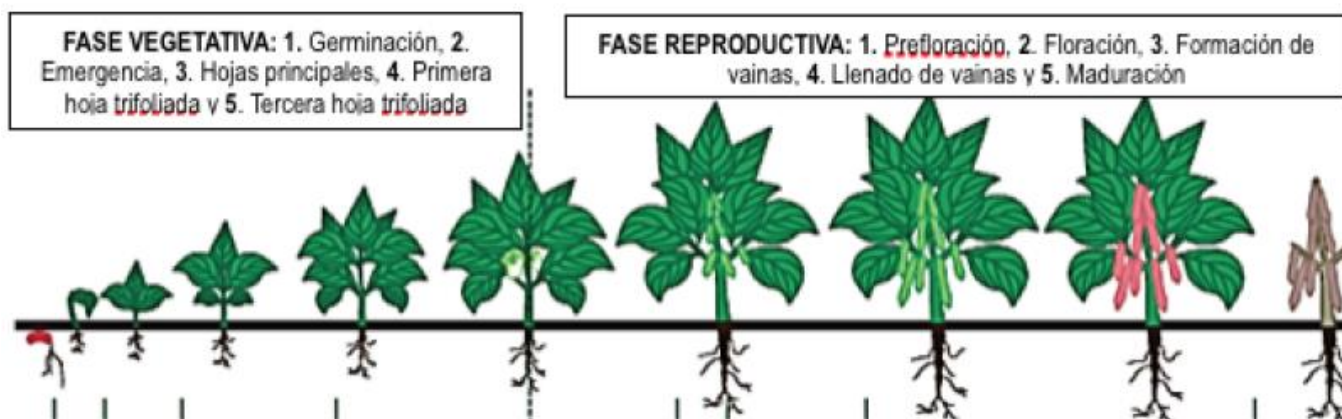


Figura 5. Etapas de desarrollo del cultivo del frijol

Fuente: (SICTA, 2008). Modificada

3.3.2. Importancia del frijol en el mundo

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la producción total de frijol a nivel mundial para el año 2013, fue de 23.139.004 toneladas (Fao, 2014), de las cuales Colombia participó con un 0,62%. Por su parte, los cinco principales productores de frijol participaron con el 61,05% del total de la producción discriminados de la siguiente manera: India 21,05%, Myanmar 16%, Brasil 13%, China 6% y Estados Unidos 5%.

Es de destacar que la India a pesar de tener grandes áreas de cultivo de frijol, obtuvo menores rendimientos que Myanmar (principal productor), que con tan solo un área correspondiente al 30% del área total sembrada de frijol en la India, obtiene un poco más de 3 veces el rendimiento de la

India.

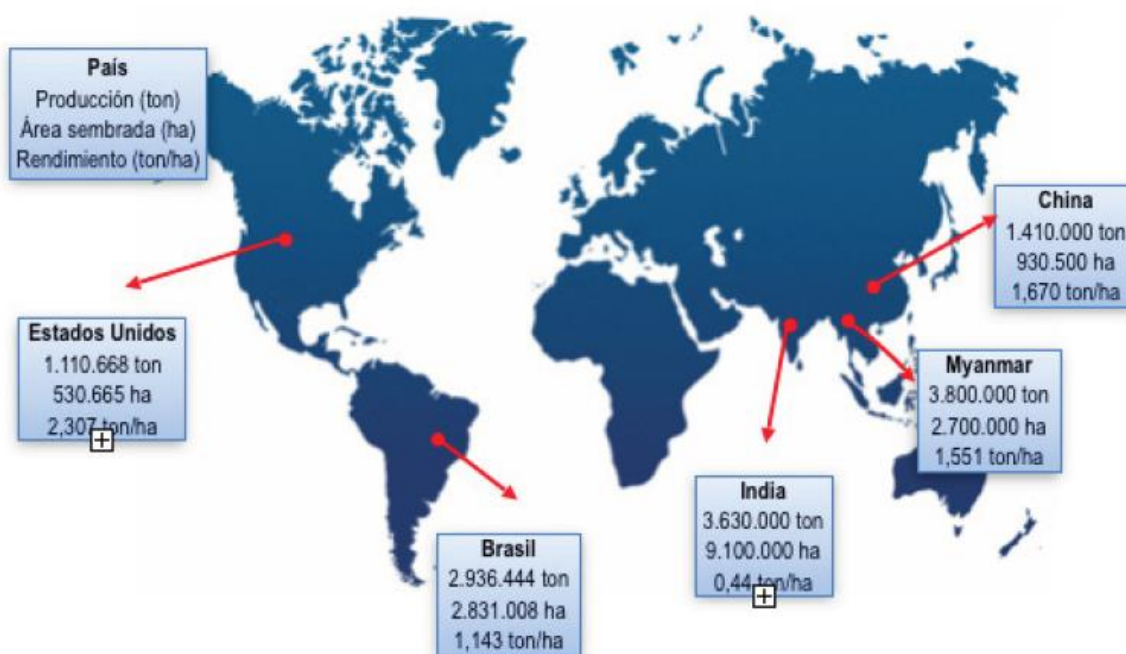


Figura 6.. Principales países productores de frijol *Fuente:* (Fao, 2014)

A nivel mundial las importaciones en el año 2012 fueron realizadas principalmente por Reino Unido con 137.064 ton participando con el 16,3% de las importaciones mundiales, Francia con 112.876 ton con una participación del 13,5%, Estados Unidos 96.449 ton con 11,5% de participación, España con 96.379 ton con el 11,5% y Países Bajos con 95.173 ton con una participación del 11,3%. Estados Unidos, a pesar de ser uno de los principales países productores, también se constituye como principal importador, convirtiéndose así, en un mercado atractivo para la venta del frijol.

La producción de frijol en Colombia no es suficiente para suplir la demanda del mercado, por lo que es necesaria la importación de frijol proveniente de países como China, Ecuador y Bolivia (Fenalce, 2011).

4. ANTECEDENTES

Tabla 2. Experiencias relacionadas con sustratos.

Clasificación	Sustrato	Cultivo	Tiempo (días)	Principal Conclusión	Parámetros de evaluación	Autores
Laboratorio	Desechos agrícolas: Bagazo de caña, guayaba	Hongo (<i>P. ostreatus</i>)	30	La cepa del hongo no presenta diferencia en la producción de carpóforos en ninguno de los dos sustratos indicando esto que la cepa no influye en la eficiencia biológica	Crecimiento de carpóforos	Colombia
						(Bonilla & Yanneth, 2001)
Laboratorio	Desechos agrícolas: bagazo de caña	Hongo (<i>P. ostreatus</i>)	60	La biodegradación de los residuos de bagazo de caña mediante el cultivo de los hongos <i>Pleurotus</i> genera un sustrato con condiciones nutricionales, medio de cultivo para la producción de carpóforos.	Materia seca, pH, fibra ácido detergente, lignina ácido detergente, fibra neutro detergente, fibra bruta.	Cuba (Ortega et al., 2005)
Laboratorio	Desechos agrícolas: bagazo de caña	Hongo (<i>P. sajor-caju</i>)	30	El bagazo de caña lavada es mejor medio de cultivo para el desarrollo del hongo	Crecimiento micelial	Brasil (Moda et al., 2005)

Clasificación	Sustrato	Cultivo	Tiempo (días)	Principal Conclusión	Parámetros de evaluación	Autores
Laboratorio	Desechos agrícolas: capacho de uchuva, cascara de maíz, cascara de arveja	Hongo (<i>P. ostreatus</i>)	41	El mejor sustrato para el crecimiento del hongo fue el capacho de uchuva por su gran eficiencia biológica y con excelentes características organolépticas	Diámetro de los carpóforos, número de hongos por bolsa, peso fresco, eficiencia biológica,	Colombia (López et al., 2008)
Laboratorio	Desechos agrícolas: residuos de maíz	Hongo (<i>P. ostreatus</i>)	14	El efluente de maíz es una buena alternativa para la producción del hongo mejorando la eficiencia biológica.	Concentración de efluente, pH, crecimiento	Brasil (Loss et al., 2009)
Laboratorio	Desechos agrícolas: <i>Simmondsia chinensis</i> y <i>Jatropha macrocarpa</i>	Hongo (<i>P. ostreatus</i>)	6	Los desechos evaluados resultaron tener un buen índice de eficiencia biológica lo que hace que sean un buen sustrato para el cultivo de hongo	Crecimiento micelial	Argentina (Rickert & Terrizzano, 2009)

Clasificación	Sustrato	Cultivo	Tiempo (días)	Principal Conclusión	Parámetros de evaluación	Autores
Laboratorio	Desechos Agrícolas: Turba, Vermicompos	Chile (onza)	44	El uso de sustratos alternativos mejoró la germinación del chile (onza) gracias a su gran cantidad de contenido nutricional.	Propiedades físicas, químicas y agronómicas	México (López-baltazar et al., 2013)
Laboratorio	Desechos agrícolas: bagazo de caña, cascara de papa, plátano	Hongo (<i>P. ostreatus</i>)	54	Las mezclas con alto contenido de carbohidratos generó un mejor desarrollo del hongo.	Color, textura, colonización, peso, diámetro	Colombia (Leonor et al., 2013)
Laboratorio	Desechos de poda: hoja de bambú, hoja de palma del viajero, hoja de palma livistona.	Hongo (<i>P. ostreatus</i>)	60	Ninguno de los desechos utilizados se recomienda para la producción del hongo con fines comerciales debido a su bajo rendimiento.	Eficiencia biológica, tasa de productividad,	Colombia (Sánchez Vélez, 2013)

Clasificación	Sustrato	Cultivo	Tiempo (días)	Principal Conclusión	Parámetros de evaluación	Autores
Laboratorio	Desechos agrícolas: turba de musgo, corteza de pino, aserrín de pino	Pino (<i>Pinus greggii</i> var. <i>Australis</i>)	120	Las plantas con un alto índice de sustrato de aserrín de pino presentan ventaja para el buen desarrollo y durabilidad en el campo.	Altura, diámetro al cuello de la raíz, peso seco aéreo,	México (Castro Garibay et al., 2018)
Laboratorio	Desechos Agrícolas: bagazo de caña, maíz, frijol	Hongo (<i>P. ostreatus</i>)	30,45,60	Los residuos de la caña de azúcar son mejor degradados por el hongo <i>P. ostreatus</i> lo que hace que este tenga un gran potencial como alimento para rumiantes después de sus respectivos estudios.	Materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente acida, degradación efectiva	México (la cruz et al., 2019)

Fuente: (Autor, 2020).

5. METODOLOGÍA

La metodología utilizada es de tipo descriptiva y analítica; ésta describe la ubicación del experimento dentro de la Universidad del Valle y las fases necesarias para realizar la investigación.

5.1. UBICACIÓN

El estudio se llevó a cabo en los predios de la Universidad del Valle en los invernaderos del Laboratorio de Aguas y Suelos Agrícolas (LASA), el cual se encuentra ubicado en la granja de la Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente (EIDENAR) adscrito a la Universidad del Valle Cali, cuya altitud es 995 msnm y se ubica a $3^{\circ}22'3.55''N$ y a los $76^{\circ}31'58.43''W$. La temperatura promedio anual es de $24,68^{\circ}C$ mientras que la precipitación media anual oscila los 1483 mm, además se estima que posee una humedad relativa del 73% (Zuñiga, 2007).

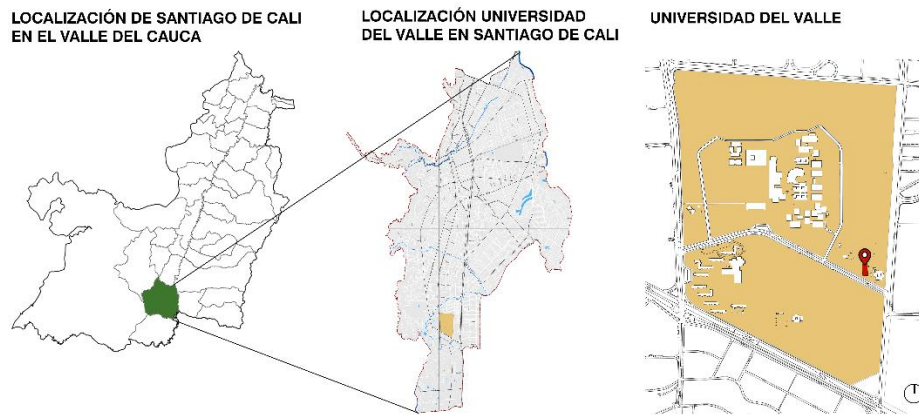


Figura 7. Ubicación del experimento dentro de la Universidad del Valle sede Cali
Fuente: Autor (2020).

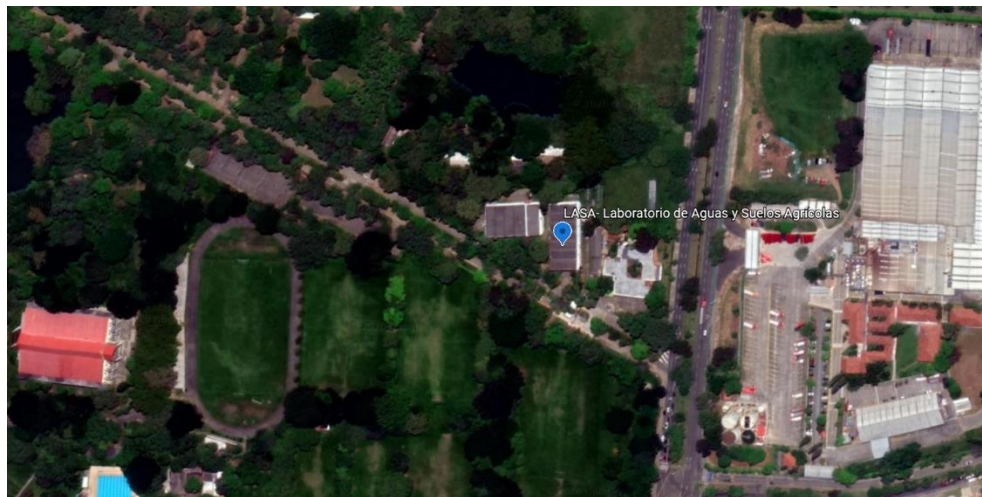


Figura 8. Fotografía satelital de la ubicación del experimento dentro de la Universidad del Valle
Fuente: Google Earth.

5.2. ESQUEMA METODOLÓGICO

La metodología implementada es de tipo descriptiva y está compuesta por cuatro fases principales que permitieron cumplir con cada uno de los objetivos planteados. La primera fase estaba basada en la caracterización del suelo, sustrato y semillas, la segunda era la descripción del modelo experimental, la tercera era el monitoreo de la unidad experimental (UE) y la fase final era el análisis estadístico.

Fase uno. Caracterización del suelo, sustrato y semilla

- **Suelo**

La toma inicial de suelo fue en el lote del LASA, localizado en Universidad del Valle municipio Santiago de Cali. Siguiendo las indicaciones dadas por la institución geográfica Agustín Codazzi (IGAC, 2013), se retira todos los materiales inertes del suelo y se tamizó en una malla de 2 mm para garantizar la homogeneidad del suelo.

El suelo utilizado en el experimento se conoce como Udertic Haplustoll este tipo de suelo se caracteriza por poseer un drenaje lento y sus horizontes diagnósticos son de carácter epipedón mólico, epipedón cámbico.

- **Hongo**

La toma inicial se realizó para dos tipos de hongos LE y PL, en el laboratorio de biología de la Universidad del Valle, el cual se encargó de su incubación y posterior crecimiento, fue analizado en un promedio de edad de dos meses cultivado en un sustrato de BC obtenida del trapiche Palestina, ubicado en la ciudad de Candelaria departamento del Valle del Cauca.

- **Semilla de frijol**

La semilla fue obtenida de la empresa agrosemillas ubicada en la ciudad de Medellín especializada en la distribución de semilla de frijol y otros cultivos industriales las características de dicha semilla de la empresa son adaptación de 600 - 1.500 msn con hábito de crecimiento arbustivo, suelos bien drenados, proyección de producción 1,5 ton/ha de grano seco.

Fase dos. Descripción de unidad experimental, montaje y seguimiento del diseño experimental.

La UE corresponde a cada uno de los tratamientos. Donde cada uno de ellos, estaba dispuesto en bolsas de polietileno con dimensiones de 40 cm por 50 cm y capacidad de 2 kg, las cuales tenían agujeros para permitir el flujo de agua y aire. Cada UE se preparó con 1500 g (suelo + sustrato) tamizado a 2mm y homogenizado y cuarteado.

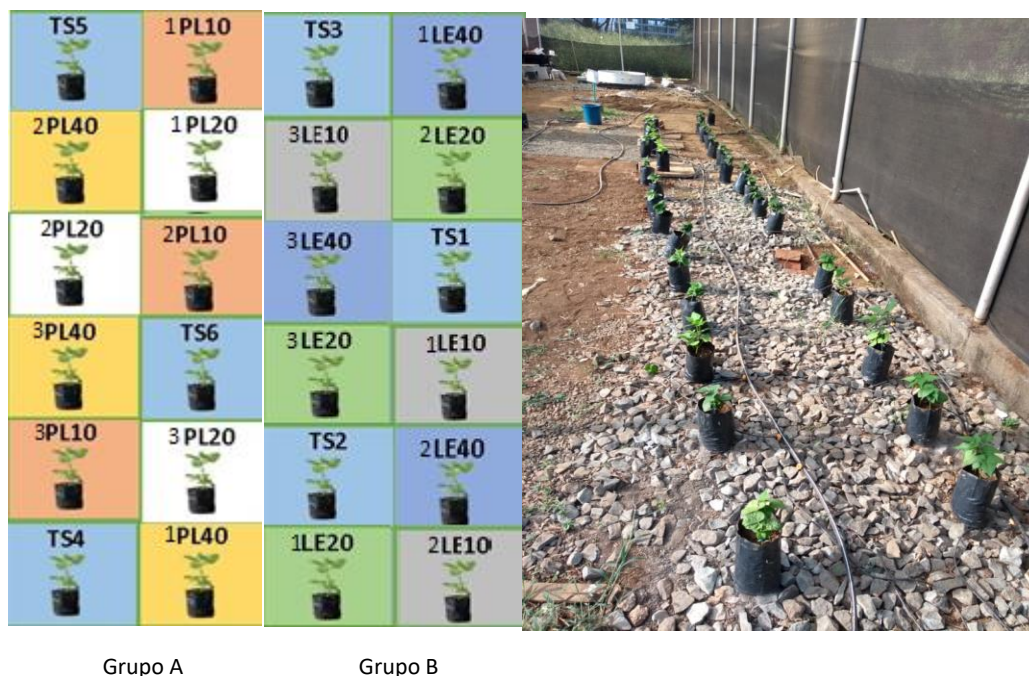


Figura 9. Unidad Experimental
Fuente: (Autor,2020).

TS: Testigo absoluto
PL: *Pleurotus ostreatus*
LE: *Lentinula edodes*

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar para evaluar los dos tipos de hongos trabajados (PL y LE); donde se construyeron cuatro tipos de tratamientos por cada hongo, distribuidos en dos grupos. Grupo A: (TS, PL10, PL20, PL40) y Grupo B: (TS, LE10, LE20, LE40), con tres repeticiones por cada tratamiento, para un total de 12 repeticiones por cada grupo. Como se puede apreciar en la figura 9.

En las tablas 3 y 4 se presenta como fue realizada la conformación de los tratamientos en cada grupo.

Tabla 3. Grupo A correspondiente a los tratamientos con el hongo PL.

Tratamiento	Características (g)
PL 40	suelo 60% + sustrato 40%
PL 20	suelo 80% + sustrato 20%
PL 10	suelo 90% + sustrato 10%
TS	suelo 100%

Fuente: (Autor, 2020).

Tabla 4. Grupo B correspondiente a los tratamientos con el hongo LE.

Tratamiento	Características
LE 40	suelo 60% + sustrato 40%
LE 20	suelo 80% + sustrato 20%
LE 10	suelo 90% + sustrato 10%
TS	suelo 100%

Fuente: (Autor, 2020).

Se realizó una aplicación del sustrato PL y LE en la UE de cada grupo con la respectiva dosificación, como se puede observar en las tablas 5 y 6.

Tabla 5. Dosificación del sustrato PL requerido en cada tratamiento para un peso total de 1500g (suelo + sustrato).

Tratamiento	Dosis del sustrato (g)	Semillas (und)
PL40	600	3
PL20	300	3
PL10	150	3
TS	0	3

Fuente: (Autor, 2020).

Tabla 6. Dosificación del sustrato LE requerido en cada tratamiento para un peso total de 1500g (suelo + sustrato).

Tratamiento	Dosis del sustrato (g)	Semillas (und)
LE40	600	3
LE20	300	3
LE10	150	3
TS	0	3

Fuente: (Autor, 2020)

Fase tres. Monitoreo de la UE

El experimento tuvo una duración de 90 días en el cual se evidenció en los primeros 8 días la germinación de las plantas y después de dos semanas, se procedió a medir el diámetro y altura de la planta semanalmente (como se puede apreciar en la tabla 7). Esta toma de muestra se realizó durante un periodo de 8 semanas.

Al finalizar el periodo del experimento se procedió a tomar 3 hojas por planta de frijol las cuales fueron rotuladas y empacadas en bolsas de papel donde se secaron en un horno en el LASA a una temperatura de 72°C durante 24 horas. Una vez pasado dicho tiempo, se procedió a realizar el peso seco de cada una de las hojas y se comparó con el peso húmedo tomado inicialmente. También se tomó unas muestras foliares las cuales se enviaron al laboratorio del CIAT, donde se realizó un análisis de macro y micro nutrientes. Seleccionando dichas muestras en forma al azar.

Tabla 7. Variables de respuestas.

Característica	Tipo	Tiempo
Medición de tallo	Física	Semanal
Medición de altura	Física	Semanal
Medición de peso húmedo de planta	Física	Final
Medición de peso seco de planta	Física	Final
Medición de macro y micro nutrientes folialmente	Química	Final

Fuente: (Autor, 2020)

Fase 4. Análisis estadístico

Previamente se realizó estadística descriptiva y la verificación de supuestos como distribución normal de los datos y homogeneidad de varianzas. Para determinar el efecto de la proporción de sustrato PL y sustrato LE en plantas de frijol, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) considerando un nivel de significancia del 5% para determinar si el factor afecta la tasa de desarrollo de creciente en las plantas de frijol. De otro lado, para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos y ver cuál es el mejor.

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En la tabla 8, se pueden apreciar los resultados obtenidos de la medición del diámetro y altura de la planta para el sustrato PL.

Tabla 8. Medición de altura y diámetro de plantas con sustrato PL

	$\bar{x}$ Altura	$\bar{x}$ Diámetro	σ Altura	σ Diámetro	CV (%) Altura	CV (%) Diámetro
TS	19,42	2,66	8,36	0,12	43,04	4,43
PL10	23,33	2,90	7,05	0,00	30,23	0,00
PL20	22,13	2,96	7,47	0,02	33,76	0,80
PL40	26,04	2,98	5,53	0,06	21,25	1,98

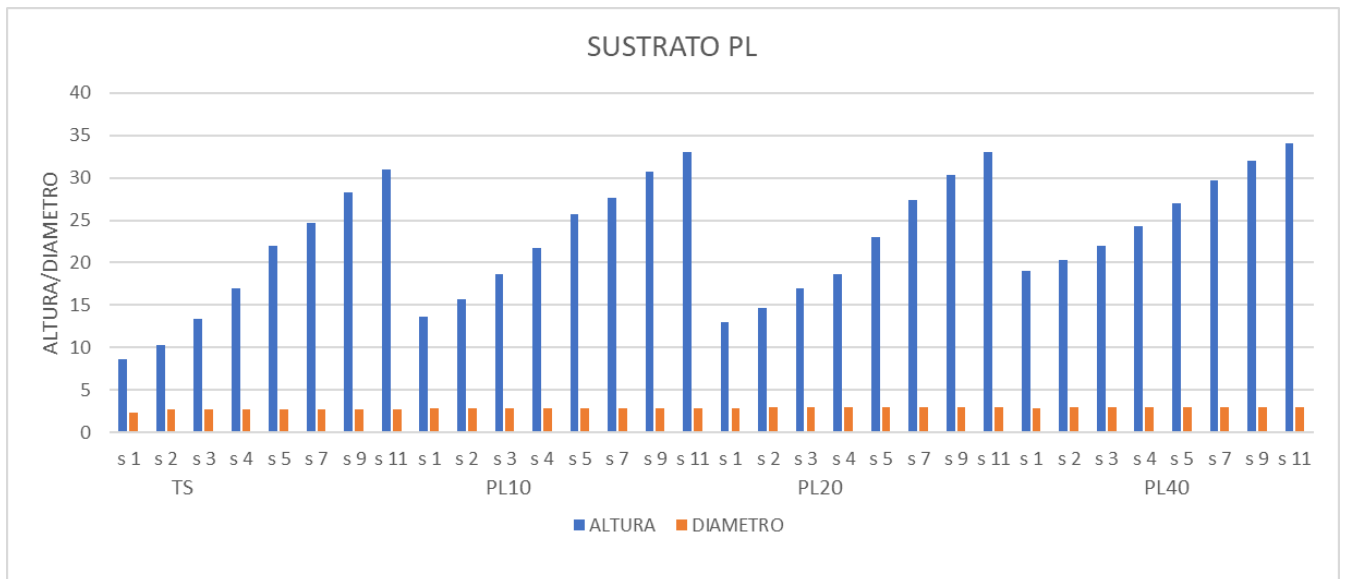


Figura 100. Efecto del sustrato PL en la altura y diámetro del tallo.

Fuente: (Autor, 2020).

Altura del tallo

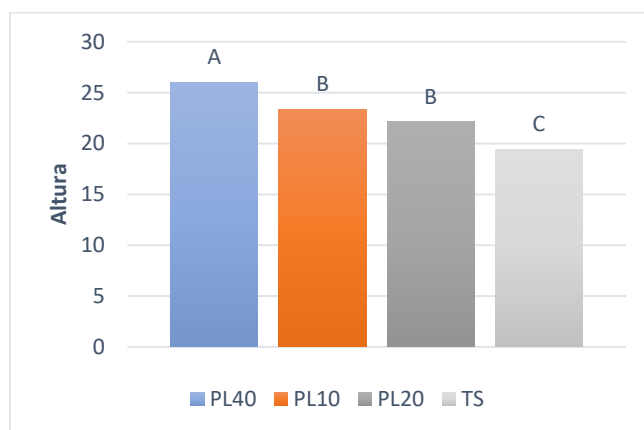


Figura 111. Efecto del sustrato PL en la altura del tallo.

Fuente: (Autor, 2020).

Al analizar los datos de la altura de tallo consignados en la figura 11, se observó una diferencia significativa entre los tratamientos. El tratamiento PL40 presentó la mayor altura, seguido por el tratamiento PL10, luego el PL20 y por último, el TS siendo este el tratamiento con la altura más baja; en él las plantas quedaron con un promedio de 19 cm. De igual manera, se presentó una diferencia significativa entre los tratamientos PL40 y PL20. Además el tratamiento con mayor altura fue el PL40 con un promedio de 26 cm.

Con respecto al crecimiento del tallo (Arias, J., Rengifo, T., & Jaramillo, 2007) encontraron que el tallo tiene un hábito de crecimiento arbustivo, donde la altura puede variar entre los 30 y 50 cm, evidenciando casos de plantas enanas puesto que, no alcanzaron a tener una altura adecuada, por ende los autores afirman que podría deberse a un caso de plantas enanas.

Diámetro del tallo



Figura 122. Efecto del sustrato PL en el diámetro del tallo

Fuente: (Autor, 2020).

El diámetro del tallo que se presentó en la tabla 8 muestra que estadísticamente existe diferencia significativa entre cada uno de los tratamientos con respecto al TS. Siendo inferior con una medida de diámetro promedio de 2,6 mm, siguiendo el tratamiento de PL10 continuando PL20 y por último PL 40. Lo que se puede apreciar en estos tres últimos tratamientos es que todos presentaron un diámetro promedio de 2,9 mm, por ende, no se evidenció una diferencia entre ellos.

Según (Narvaez Ismael et al., 2012) el valor promedio obtenido en el diámetro del frijol evaluado en diferentes sustratos fue de 2,1 mm.

Tabla 9. Medición de altura y diámetro de plantas con sustrato LE.

	$\bar{x}$ Altura	$\bar{x}$ Diámetro	σ Altura	σ Diámetro	CV (%) Altura	CV (%) Diámetro
TS	17,72	2,80	7,20	0,25	40,63	9,02
PL10	19,31	3,03	6,01	0,06	31,10	2,12
PL20	18,97	3,03	6,02	0,09	31,72	2,85
PL40	25,68	3,13	4,74	0,16	18,45	5,19

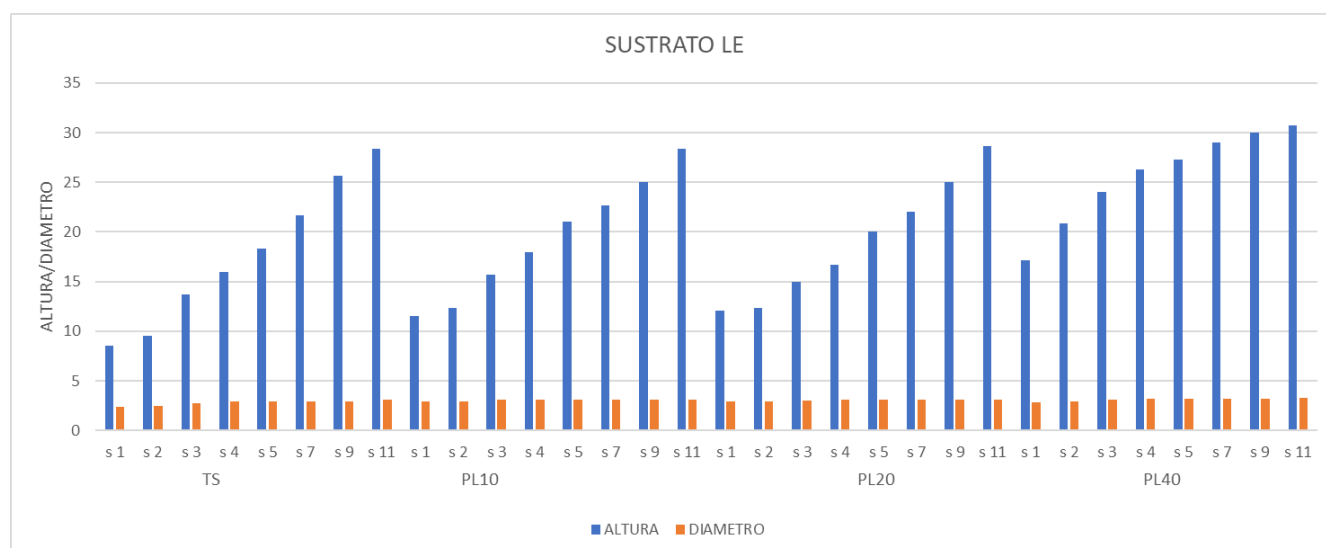


Figura 133. Efecto del sustrato LE en el diámetro y la altura del tallo

Fuente: (Autor,2020).

El contenido de sustrato LE40(A) muestra una ayuda en el crecimiento de las plantas de frijol. Se pudo observar que el sustrato LE presenta una gran consistencia, lo cual se puede deber a la relación suelo - sustrato LE puesto que, el hongo estaba presente en una mayor proporción con respecto a los demás tratamientos, evidenciándose una mayor aireación, pero una baja retención humedad (Garcia, o.,et al 2001).

Altura del tallo



Figura 144. Efecto del sustrato LE en la altura del tallo

Fuente: (Autor,2020).

Al observar los datos de la altura del tallo del sustrato LE consignada en la figura 14, se muestra una diferencia significativa en cada uno de los tratamientos. Siendo el TS(B) el de menor altura con una altura promedio de 17,72cm, seguido por el tratamiento LE20 con 18,97cm, después está el LE10 con 19,31cm y por último el tratamiento LE40 con 25,6 cm.

El tratamiento con mayor contenido de sustrato, muestra el cambio más importante respecto a la altura de la planta; (Montenegro & Parajon, 2004) llevaron a cabo un experimento con el fin de comparar el cultivo del frijol común con el efecto de la aplicación de abonos orgánicos y obtuvieron una mayor altura en las plantas, la cual fue 129,21cm.

Diámetro del tallo

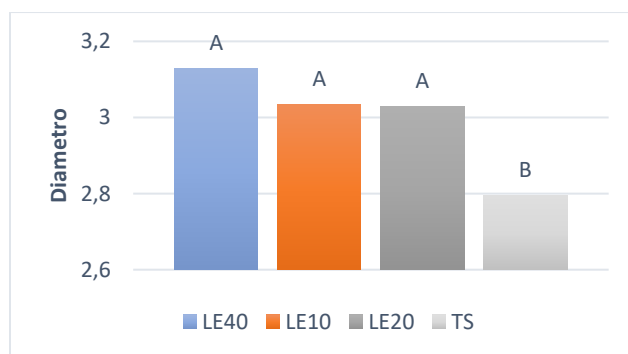


Figura 15. Efecto del sustrato LE en el diámetro del tallo

Fuente: (Autor,2020).

EL diámetro del tallo mostrado en la figura 15, presenta diferencias significativas entre los tratamientos. En donde el TS posee el menor diámetro cuyo valor fue de 2,79mm, seguido por el tratamiento LE20 con 3,02mm, luego LE10 con 3,03mm y por último LE40 con 3,12mm, es decir, que la aplicación del tratamiento LE40 influyó en el diámetro del tallo. Según lo encontrado por (Lara-Capistrán et al., 2019) muestra que el diámetro obtenido por el TS está en un rango de valor promedio aceptado el cual fue de 2,8mm-3,22 mm.

Según (Tofiño-Rivera et al., 2016) indica que una buena fertilización de da un gran aporte nutricional a la plantas lo que se traduce en un mejor desarrollo fisiológico.

Peso seco y húmedo de la planta con sustrato PL

Con respecto a la acumulación de biomasa de los cuatro tratamientos, se logra observar que el TS presenta una mayor acumulación de biomasa.



Figura 16. Efecto del sustrato PL en la acumulación de materia humedad y seca
Fuente: (Autor,2020).

A la semana 12 después de la siembra, se obtuvieron los resultados que se encuentran consignados en la figura 16; la cual muestra que existe una diferencia significativa del peso húmedo del TS con respecto a los demás tratamientos. Mientras que en el peso seco, no se logra evidenciar una diferencia significativa entre los cuatro tratamientos.

Según(Hay & Walker, 2006) una alta producción de materia seca se debe a la existencia en el medio de cultivo de altos porcentajes de nitrógeno, lo que indica que en promedio el tratamiento PL20 presenta mayor cantidad de nitrógeno que se ve reflejado en una mayor acumulación de materia seca como se muestra en la figura 16.

(Ngakou & Megueni, 2008) encontraron que la utilización de sustratos a partir de materia orgánica, ayudaron a mejorar la acumulación de biomasa a partir de los 30 días de siembra del frijol por ende los resultados obtenidos son muy acordes a lo que se describió en el experimento del autor.

Peso seco y húmedo de la planta con sustrato LE

Se observa una mejor acumulación de biomasa en el TS en relación a los tratamientos.

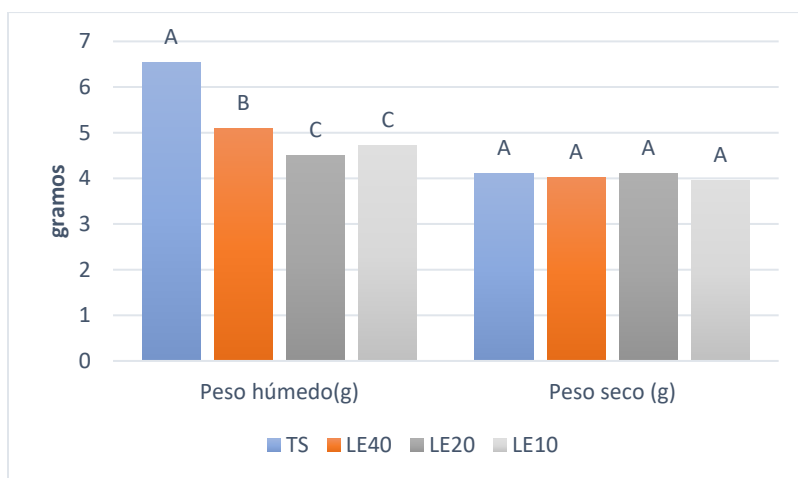


Figura 17. Efecto del sustrato LE en la acumulación de materia húmeda y seca
Fuente: (Autor, 2020).

De acuerdo a la información de peso húmedo y peso seco plasmados en la tabla 1, se pudo determinar que no existe diferencia significativa entre ninguno de los tratamientos. Sin embargo, detallando la figura 17 se observa, que existe una mayor cantidad de peso húmedo en el TS, pero al observar el peso seco existe un valor similar al de los demás tratamientos. Adicionalmente, el tratamiento LE20 y el TS presentan una mayor cantidad de peso seco, pero entre los dos es el TS el que presenta un mayor peso húmedo, y una vez es secado su contenido bajó debido a la gran acumulación de agua en todos sus tejidos.

(Oliveira et al., 2019) indica que el uso de sustrato ayuda al mejoramiento del cultivo en cuanto al crecimiento de la planta, mejorando la acumulación de biomasa de dichas plantas.

Según (Tatchum et al., 2018) la utilización de un buen sustrato orgánico mejora sustancialmente el crecimiento y acumulación de biomasa en las plantas.

A continuación, se presenta la tabla 10, donde se encuentran condensados los análisis foliares de macro y micro nutrientes de las plantas del frijol.

Tabla 10. Análisis de tejido vegetal macro y micro nutrientes.

Descripción	N-total (g/kg)	P (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	K (g/kg)	Na (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Mn (mg/Kg)	Cu (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)	B (mg/Kg)	S (g/kg)
TS	33,1	1,15	29,03	8,91	16,6	122	244	72,04	9,53	29,05	29,6	1,30
LE40	32,3	2,13	22,3	5,43	37,0	192	286	121	9,53	31,6	40,8	1,61
LE20	34,2	2,85	18,4	5,23	35,5	113	444	74,3	9,70	33,4	42,3	1,40
LE10	31,9	2,63	23,6	5,77	33,2	85,8	284	85,9	9,57	33,0	41,4	1,33
PL40	35,05	2,81	22,4	5,13	34,4	193	275	129	10,08	35,3	47,9	1,47
PL20	34,7	3,22	22,2	4,94	35,5	198	274	70,8	10,2	37,7	46,7	1,42
PL10	35,3	3,15	19,1	4,63	36,6	138	290	71,7	10,4	36,8	46,1	1,33

En cuanto al Nitrógeno se evidencia un aumento de contenido en la biomasa en los dos tratamientos de hongos. Esto se puede presentar por la degradación de la materia orgánica presente en los hongos inoculados en el sustrato transformando el nitrógeno de un estado orgánico a inorgánico (Sánchez & Sanabria, 2009).

No obstante, cabe resaltar la diferencia promedio de 2,2 mg/kg en contenido de nitrógeno entre los hongos, siendo PL el promedio más alto 35,3 g/kg y el LE con 34,2g/kg. Esto se puede presentar por que el Hongo PL presenta una actividad saprófita más fuerte, lo cual se reduce a una descomposición de materia orgánica rápida, dejando con ello el nitrógeno disponible para la planta de frijol. La otra situación, es la mayor formación de biomasa proteica que presentó el hongo LE, la cual se reduce en mayor absorción de nitrógeno, quedando con ello menos de este elemento en el sustrato para la formación de biomasa por parte de la planta de frijol.(Medina et al., 2009).

El fósforo presenta un aumento significativo en biomasa debido nuevamente al proceso de descomposición que tienen los hongos frente al BC, siendo más eficiente el PL20 con un porcentaje de 3,22 g/kg al contrario del hongo LE20 que presentó un porcentaje de 2,85g/kg lo cual indica que PL deja mayor cantidad de fósforo en el sustrato disponible para la planta de frijol.

Lo anterior, también se puede verificar de acuerdo a las cantidades de Calcio, Hierro y Manganeso absorbidas por la planta, que sugieren que el hongo PL representa una mayor extracción de estos elementos en comparación con el hongo LE; tal como se observa en la tabla 10. Por consiguiente, estarán en menor cantidad para ser absorbidos; esto también favorece la disponibilidad del fósforo porque tiene una reducción en cuanto a la fijación de hierro y calcio.

Los contenidos de potasio aumentaron significativamente en todos los tratamientos, excepto en el TS; siendo el tratamiento LE40 el más eficiente con un porcentaje de 37,7g/kg seguido por el PL40 con un porcentaje 34,4g/kg. Por lo que se puede decir que el aporte de potasio contribuye al desarrollo fotosintético y respiratorio de la planta y, a su vez ayuda a la activación de enzimas necesarias para la producción de almidón y proteína, que son parte fundamental del potencial osmótico y presión de turgencia. Ayudando a tener una mejor absorción de nutrientes y una mayor acumulación de biomasa (Salisbury, F; Ross, C. ,2000).

El contenido total de Fe, Cu, Mn y Zn fue mayor en todos los tratamientos, excepto en el TS. Esto se debe posiblemente al contenido de micronutrientes proporcionado por el sustrato agotado de hongo (Stamets & Chilton, 1983).

Se puede evidenciar que el hongo PL presenta mayor actividad descomponedora que el LE, lo cual se reduce en funginazas más elaboradas, que finalmente convierten a éstas en sustrato nutritivos y con buena capacidad de intercambio catiónico (CIC) para los cultivos, como se evaluó en las plantas de frijol.

7. CONCLUSIONES

La incorporación del sustrato agotado del tratamiento PL presenta efectos favorables sobre la acumulación de nitrógeno con respecto al tratamiento LE, presentando una diferencia entre dichos tratamientos de 2,2 g/kg. Esto confirma que el tratamiento PL influye en el aporte de nitrógeno en las plantas de frijol, mejorando la acumulación de biomasa.

La aplicación del sustrato agotado del tratamiento LE muestra efectos propicios en el diámetro del tallo con respecto al tratamiento PL, ya que en el tratamiento LE, las plantas de frijol tienen un diámetro promedio igual al ideal que es de 3mm.

La mejor acumulación de macronutrientes principales se obtuvo en el tratamiento PL teniendo valores más alto con respecto al TS y tratamiento LE, esto se debe a que el tratamiento PL presenta una degradación de estos macronutrientes más rápido, quedando disponibles para la absorción de la planta.

En la variable altura de tallo de la planta se presentó un mejor desarrollo del tratamiento PL teniendo como promedio una altura de 23 cm en comparación con LE que presentó un promedio de 20 cm. Esto se debe a que presentan un crecimiento arbustivo y un desarrollo de plantas enanas según el promedio de 30-50cm y al estrés ocasionado por las condiciones de altas temperaturas, afectó la acumulación de biomasa.

El comportamiento de la biomasa fresca es mejor en el sustrato LE que en el sustrato PL debido a que el hongo *Lentinula* presenta una mayor absorción de nitrógeno, lo cual favorece a que haya una mayor acumulación de biomasa. Sin embargo, en cuanto al comportamiento de la biomasa seca es muy similar en ambos sustratos.

8. RECOMENDACIONES

Se recomienda que para que los proximos experimentos realizados se lleve el cultivo de frijol hasta cosecha ya que de esta manera, se podran obtener mejores resultados del aprovechamiento de los diferentes sustratos evaluados.

Las plagas y las enfermedades generan una gran pérdida en los experimentos; por lo que es muy importante asumir un buen manejo de ellas a través de la implementación del manejo integrado de plagas.

Cuando se vaya preparar el sustrato, se debe tener en cuenta los factores ambientales y la contaminación de diferentes hongos que habitan en el aire, desarrollar la mezcla en un lugar con buena asepsia y preferiblemente que posea sistema de descontaminación del aire.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Abad Berjon, M., Noguera murray, P., & Carrion Benedito, C. (2004). *Los sustratos en los cultivos sin suelo*. 113–158.
- Acosta, U.L.: Bustos, Z. (1998). Cultivo de *Pleurotus ostreatus*, en la planta Probiote. Tesis. Q.F.B. Chiapas, México, Universidad Autónoma de Chiapas. 57p.
- Arias, J., Rengifo, T., & Jaramillo, M. (2007). *Manual tecnico. buenas parcticas agricolas en la produccion del frijol voluble* (1st ed.). <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10918.pdf>
- Bogotá, Camara de Comerico de, N. A. S. A. S. (2015). *Manual Frijol*. 1, 60. <https://www.ccb.org.co/content/download/13731/175123/file/Frijol.pdf>
- Bonilla, yolán, & Yanneth, F. (2001). *Evaluación de la eficiencia biológica de dos cepas del hongo comestible Pleurotus ostreatus, en residuos postcosecha de caña de azúcar (Saccharum Oficcinarum) y Guayaba (Psidium Guajava l) en la hoya del rio Suarez*. universidad pedagogica y tecnologica de colombia.
- Bravo, E. L., Javier, A., Rivera, A., Suárez, M. H., Cueto, G., De, G., & Costales, F. (2017). Properties of a compost obtained starting from residuals of the production of cane sugar. *Centro Agrícola*, 44(3), 49–55.
- Burés, S. (2001). *Manual manejo de sustrato*. <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/80->
- Cabrera Torres, J. J., Casas Fernández, A., Rojas Canales, M. del C., & Viveros Salinas, J. L. (1998). *Alimentos en la naturaleza. Algunas plantas comestibles, silvestres, arvenses y ruderales*. November, 116, 134.
- Castro Garibay, S. L., Aldrete, A., López Upton, J., & Ordáz Chaparro, V. M. (2018). Efecto del envase, sustrato y fertilización en El Crecimiento De *Pinus Greggii* Var. *Australis* en vivero. *Agrociencia*, 52(1), 115–127.

- CIAT. (2016). *CARTILLA 1 Manejo Agronómico de Frijol* (Vol. 1). http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/biblioteca/MANEJO_AGRONOMICO_DE_FRIJOL-CARTILLA_1-004.pdf
- FAO. (2014) Estadísticas de producción en el mundo de frijol (en línea). Consultado 10 de septiembre de 2020. Disponible (<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/S>)-
- FAO. (2013). Manual de compostaje del agricultor. In *Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe*. <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Fenalce. (2011). *situacion del frijol y perspectivas*. www.fenalce.org
- Fung, Y. (2006). *Evaluación de la actividad anticancerígena e inmunomoduladora del hongo Lentinula edodes Berk. Pegler (Shiitake) cultivado sobre residuos agroindustriales colombianos*.
- Gallego, C., Adolfo, G., Moreno, L., Luz, ;, Garzón Gutiérrez, N., Óscar, ;, Garay, A. O., Jeimmy, L., & Rivera, R. (2009). Aceptado: Febrero 2 de 2011. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*, 63(2), 5477–5488.
- Garcia, o., Alcantar, G., Cabrera, R., Gavi, F., Volke, H. (2001). Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. *Terra Latinoamericana*, 19(3), 249–258.
- Hanlin, R. T., Guzman, G., Mata, G., Salmenes, D., Soto-Velazco, C., & Guzman-Davalos, L. (1994). El Cultivo de los Hongos Comestibles. In *Mycologia* (Vol. 86, Issue 5). <https://doi.org/10.2307/3760556>
- Hay, R. K. ., & Walker, A. . (2006). The Physiology of Crop Yield. In *Crop Science* (Vol. 47, Issue 4). <https://doi.org/10.2135/cropsci2007.05.0001br>
- Hernandez, R., & Lopez, C. (2004). *Evaluación del crecimiento y producción de Pleurotus ostreatus*. pontifica universidad javeriana.
- IGAC. (2013). Muestreo de suelos Muestreo de aguas para análisis fisicoquímico y biológico. *Instituto Geografico Agustin Codazzi*, 1, 8.

Jaramillo, G., & Zapata, L. (2008). *aprovechamiento de los residuos solidos organicos en colombia* (Vol. 49). universidad de antioquia.

Kochakinezhad, H., Peyvast, G.-A., Kashi, A.-K., Olfati, J.-A., & Asadi, A. (2012). a Comparison of Organic and Chemical Fertilizers for Tomato Production. *Journal of Organic Systems*, 7(2), 14–25.

la cruz, A. R. ., Ortega Jimenez, E., Diaz Rivera, P., Aranda Ibañez, E., & Ramos Juarez, J. (2019). *Pleurotus ostreatus effects on agricultural waste degradation*. 25–33.

Lara-Capistrán, L., Hernández-Montiel, L. G., Reyes-Pérez, J. J., Preciado Rangel, P., & Zulueta-Rodríguez, R. (2019). Respuesta agronómica de *Phaseolus vulgaris* a la biofertilización en campo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(5), 1035–1046. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i5.936>

Leonor, R., Omen, R., Martínez, C. A., & Velasco, S. M. (2013). EVALUACIÓN DE RESIDUOS AGRÍCOLAS COMO SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DE *Pleurotus ostreatus*. *Luna Azul*, 2(37), 89–100. <https://doi.org/10.17151/luaz.2013.37.7>

López-baltazar, J., Méndez-matías, A., Pliego-marín, L., Aragón-robles, E., & Lourdes, M. (2013). *Evaluación agronómica de sustratos en plántulas de chile "onza" (capsicum annuum) en invernadero*. 1139–1150.

López, C., Hernández, R., Suárez, C., & Borrero, M. (2008). Evaluation of growth and production of *Pleurotus ostreatus* on different agroindustrials wastes of Cundinamarca. *Universitas Scientiarum*, 13(2), 128–137. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-74832008000200004&lng=en&nrm=iso&tlng=es

Loss, E., Royer, A. R., Barreto Rodrigues, M., & Barana, A. C. (2009). Use of maize wastewater for the cultivation of the *Pleurotus* spp. mushroom and optimization of its biological efficiency. *Journal of Hazardous Materials*, 166(2–3), 1522–1525. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.11.014>

- Medina, E., Paredes, C., Pérez-Murcia, M. D., Bustamante, M. A., & Moral, R. (2009). Spent mushroom substrates as component of growing media for germination and growth of horticultural plants. *Bioresource Technology*, 100(18), 4227–4232. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.03.055>
- Miles, P. G. and Chang, S. T. (1997). *Mushroom Biology: Concise Basics and Current Developments*. Singapore: World Scientific. 194.
- Moda, E. M., Horii, J., & Spoto, M. H. F. (2005). Edible mushroom *Pleurotus sajor-caju* production on washed and supplemented sugarcane bagasse. *Scientia Agricola*, 62(2), 127–132. <https://doi.org/10.1590/s0103-90162005000200006>
- Montenegro, W., & Parajon, J. (2004). *evaluacion de tres tipos de fertilizantes sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del frijol comun*. universidad nacional agraria.
- Narvaez Ismael, S., Marchena Williams, H., Watler Reyes, W., & Cerdón, E. (2012). Rendimiento de dos variedades mejoradas de frijol, sembrados al voleo y al espeque, en Moss Pam, Waspam, rio Coco. *Ciencia e Interculturalidad*, 9(2), 112–127. <https://doi.org/10.5377/rci.v9i2.652>
- Ngakou, A., & Megueni, C. (2008). Evaluation of the physico-chemical properties of cattle and kitchen manures derived composts and their effects on field grown *Phaseolus vulgaris* L. *International Journal of Sustainable Crop Production...*, 3(5), 13–22. http://ggfjournals.com/assets/uploads/4.13-22_.doc_.pdf
- Oliveira, I., Meyer, A., Silva, R., Afonso, S., & Gonçalves, B. (2019). Effect of almond shell addition to substrates in *Phaseolus vulgaris* L. (cv. Saxa) growth, and physiological and biochemical characteristics. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8(2), 179–186. <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0249-7>
- Ortega, G. M., García, B., Rodríguez, B., Lidia, A., Residuos, B. De, Pleurotus, H., Pleurotus, H., Arias-carbajal, G. M. O., García, G. B., Betancourt, D., Álvarez, I., & González, A. L. (2005). Biotransformacion de Residuos Lignocelulosicos con Hongos Pleurotus. *Revista CENIC: Ciencias Biológicas*, 36.

- Oviedo-Ocaña, E. R., Daza-Torres, M. C., Marmolejo-Rebellón, L. F., & Torres-Lozada, P. (2014). Selección de sistemas agroambientales con potencial uso de compost de biorresiduos municipales. *Acta Agronomica*, 64(2). <https://doi.org/10.15446/acag.v64n2.43977>
- Owaid, M. N., Al-Saeedi, S. S. S., & Al-Assaffii, I. A. A. (2017). Antifungal activity of cultivated oyster mushrooms on various agro-wastes. *Summa Phytopathologica*, 43(1), 9–13. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/2069>
- Pachon, N., Gracia, D., & Ligarreto, G. (2009). yield evaluation of fourteen populations of climbing bean (*Phaseolus vulgaris* L.) segregating lines with anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) resistance genes Evaluación del rendimiento de catorce poblaciones de líneas resistencia a antracnosis. *Agronomía Colombiana*, 27(1), 7–13.
- Peñaranda, L. V., Montenegro, S. P., & Giraldo, P. A. (2018). Residuos Agroindustriales. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2), 141–150.
- Pernalete, Z., Piña, F., Suárez, M., Ferrer, A., & Aiello, C. (2008). Fraccionamiento Del Bagazo De Caña De Azúcar Mediante Tratamiento Amoniacal : Efecto De. *Bioagro*, 20, 3–10.
- Rickert, A. aranda, Fracchia, S., & Terrizzano, E. (2009). Cultivo de una cepa comercial de pleurotus ostreatus en desechos de simmondsia chinensis y jatropha macrocarpa. *Revista Mexicana de Micología*, 29, 37–42.
- Rincon, S. . (1979). *Frijol.Introduccion, ecología,preparación del suelo y siembra , labores culturales*. 7–35 REFERENCIA INCOMPLETA
- Rinker, D. L. (2002). Handling and using “Spent” Mushroom Substrate around the World. *Mushroom Biology and Mushroom Products*, January 2002, 43–60.
- Rodriguez, L., & Beltran, V. . (2012). Influence of substrate and mycorrhizal fungus on the root and shoot architecture of coffee-shading walnut. *Scopus*, 1978, 59–70.
- Rojas Domínguez, E. (2004). *Evaluación de paja de trigo, Triticum sativum; broza de encino, Quercus sp. y rastrojo de maíz Zea mays; para el cultivo del hongo comestible Pleurotus ostreatus bajo condiciones artesanales en San Rafael la Independencia, Huehuetenango*. universidad de san carlos de guatemala.

Salisbury, F; Ross, C. 2000. Fisiología de las plantas 1: células: agua, soluciones y superficies. España, Para info Thomson Learning. 305 p.

Sánchez, J., & Sanabria, J. (2009). Metabolismos microbianos involucrados en procesos avanzados para la remoción de nitrógeno, una revisión prospectiva. *Revista Colombiana de Biotecnología*, XI(1), 114–124.

Sánchez Vélez, C. A. (2013). *Evaluacion de la productividad del hongo comestible Pleurotus ostreatus sobre un residuo agroindustrial del departamento del Valle del Cauca y residuos de poda de la Universidad Autonoma de Occidente* [universidad autonoma de occidente]. <http://red.uao.edu.co/bitstream/10614/5218/1/TAA01602.pdf>

Stamets, P. (1993). Growing gourmet and medicinal mushrooms. In *Ten Speed Press*

Stamets, P., & Chilton, J. S. (1983). *Stamets & Chilton 1983-Practical_Guide_Growing_mushrooms*.

Storey, S., Chualain, D. N., Doyle, O., Clipson, N., & Doyle, E. (2015). Comparison of bacterial succession in green waste composts amended with inorganic fertiliser and wastewater treatment plant sludge. *Bioresource Technology*, 179, 71–77. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.11.107>

Straathof, A. L., & Comans, R. N. J. (2015). Input materials and processing conditions control compost dissolved organic carbon quality. *Bioresource Technology*, 179, 619–623. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.12.054>

Tamayo Guerra, W., & Velez Arteaga, oscar leon. (2016). *Identificación y caracterización de tecnologías para el aprovechamiento y valorización de los residuos sólidos orgánicos, aplicables en los municipios de la jurisdicción de Cornare*. (Vol. 9, Issue 2). <https://www.infodesign.org.br/infodesign/article/view/355%0Ahttp://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/731%0Ahttp://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/269%0Ahttp://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/106>

Tatchum, T., Clautide, M., & Eric, N. (2018). *Study On Physico-Chemical Properties Of Composts And Their Effects On Growth , Yield And Fruits Quality Of Capsicum Annum L . At Dang Locality (Ngaoundéré Cameroon)*. 11(11), 26–35. <https://doi.org/10.9790/2380-1111022635>

- Tofiño-Rivera, A. P., Pastrana-Vargas, I. J., Melo-Ríos, A. E., Beebe, S., & Tofiño-Rivera, R. (2016). Yield, phenotypical stability and micronutrients contents in the biofortified bean in the Colombian Sub-Humid Caribbean. *Ciencia Tecnología Agropecuaria*, 17(3), 309–329. https://doi.org/10.21930/rcta.vol17_num3_art:511
- Valdez Vazquez, I., Acevedo Benites, J. ., & Hernandez, Santiago, C. (2010). . *Distribution and potential of bioenergy resources from agricultural activities in Mexico*.
- Zahra El Ouagoudi, F., El Fels, L., Lemée, L., Amblès, A., & Hafidi, M. (2015). Evaluation of lignocelullose compost stability and maturity using spectroscopic (FTIR) and thermal (TGA/TDA) analysis. *Ecological Engineering*, 75, 217–222. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.12.004>

10. ANEXOS

Anexo 1. Anova altura de la planta sustrato 1

Contraste	Diferencia	Diferencia estandarizada	Valor crítico	Pr > Dif	Significativo	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
PL40 vs TS	6,625	9,461	2,621	<0,0001	Sí	4,790	8,460
PL40 vs PL20	3,917	5,593	2,621	<0,0001	Sí	2,082	5,752
PL40 vs PL10	2,708	3,868	2,621	0,001	Sí	0,873	4,543
PL10 vs TS	3,917	5,593	2,621	<0,0001	Sí	2,082	5,752
PL10 vs PL20	1,208	1,726	2,621	0,317	No	-0,627	3,043
PL20 vs TS	2,708	3,868	2,621	0,001	Sí	0,873	4,543

Anexo 2. Anova diámetro de la planta sustrato 1

Contraste	Diferencia	Diferencia estandarizada	Valor crítico	Pr > Dif	alfa (Modificado)	Significativo	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
PL40 vs TS	0,321	3,392	2,161	0,006	0,143	Sí	0,116	0,525
PL40 vs PL10	0,079	0,837	2,092	0,681	0,098	No	-0,119	0,277
PL40 vs PL20	0,021	0,220	1,988	0,826	0,050	No	-0,167	0,209
PL20 vs TS	0,300	3,172	2,092	0,006	0,098	Sí	0,102	0,498
PL20 vs PL10	0,058	0,617	1,988	0,539	0,050	No	-0,130	0,246
PL10 vs TS	0,242	2,555	1,988	0,012	0,050	Sí	0,054	0,430

Anexo 3. Anova altura de la planta sustrato 2

Contraste	Diferencia	Diferencia estandarizada	Valor crítico	Pr > Dif	Significativo	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
LE40 vs TS	7,958	10,742	2,621	<0,0001	Sí	6,017	9,900
LE40 vs LE20	6,708	9,055	2,621	<0,0001	Sí	4,767	8,650
LE40 vs LE10	6,363	8,588	2,621	<0,0001	Sí	4,421	8,304
LE10 vs TS	1,596	2,154	2,621	0,145	No	-0,346	3,537
LE10 vs LE20	0,346	0,467	2,621	0,966	No	-1,596	2,287
LE20 vs TS	1,250	1,687	2,621	0,337	No	-0,691	3,191

Anexo 4. Anova diámetro de la planta sustrato 2

Contraste	Diferencia	Diferencia estandarizada	Valor crítico	Pr > Dif	Significativo	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
LE40 vs TS	0,333	4,384	2,621	0,000	Sí	0,134	0,533
LE40 vs LE20	0,100	1,315	2,621	0,556	No	-0,099	0,299
LE40 vs LE10	0,096	1,260	2,621	0,591	No	-0,103	0,295
LE10 vs TS	0,238	3,123	2,621	0,013	Sí	0,038	0,437
LE10 vs LE20	0,004	0,055	2,621	1,000	No	-0,195	0,203
LE20 vs TS	0,233	3,069	2,621	0,015	Sí	0,034	0,433

Anexo 5. Anova peso seco y húmedo de la planta sustrato 1

Contraste	Diferencia	Diferencia estandarizada	Valor crítico	Pr > Dif	Significativo	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
PL20 vs PL10	0,420	2,528	3,202	0,129	No	-0,112	0,952
PL20 vs PL40	0,417	2,508	3,202	0,133	No	-0,115	0,949
PL20 vs TS	0,180	1,083	3,202	0,709	No	-0,352	0,712
TS vs PL10	0,240	1,445	3,202	0,509	No	-0,292	0,772
TS vs PL40	0,237	1,425	3,202	0,520	No	-0,295	0,769
PL40 vs PL10	0,003	0,020	3,202	1,000	No	-0,529	0,535

Anexo 6. Anova peso seco y húmedo de la planta sustrato 2

Contraste	Diferencia	Diferencia estandarizada	Valor crítico	Pr > Dif	Significativo	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
TS vs LE10	0,170	1,006	3,202	0,751	No	-0,371	0,711
TS vs LE40	0,107	0,631	3,202	0,919	No	-0,435	0,648
TS vs LE20	0,010	0,059	3,202	1,000	No	-0,531	0,551
LE20 vs LE10	0,160	0,946	3,202	0,782	No	-0,381	0,701
LE20 vs LE40	0,097	0,572	3,202	0,938	No	-0,445	0,638
LE40 vs LE10	0,063	0,375	3,202	0,981	No	-0,478	0,605