

**Manejo de la mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) para la bioconversión de la pulpa de
café y la obtención de abono orgánico**

Miguel Angel Guaneme Jutinico

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y de Medio Ambiente - ECAPMA

Agronomía

2023

Manejo de la mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) para la bioconversión de la pulpa de café y la obtención de abono orgánico.

Miguel Angel Guaneme Jutinico

Trabajo de grado para optar por el título de Agrónomo

Directora:

Ing. Nelly María Méndez Pedroza

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y de Medio Ambiente - ECAPMA

Agronomía

2023

Página de aceptación

Nelly María Méndez

Directora trabajo de grado

Jurado

Jurado

Dedicatoria

A Dios todo poderoso, que me ha dado la fortaleza para afrontar las adversidades.

A mis padres,

Sara Patricia Jutinico y Miguel Antonio Guaneme quienes han depositado toda su confianza en mí y me han apoyado en todo momento.

A mis hermanas,

Diana Carolina y Paula Andrea Guaneme quienes me han motivado para culminar mis estudios profesionales sin importar las dificultades o limitaciones que se hayan presentado en el camino.

Agradecimientos

Agradezco enormemente a mi directora de trabajo de grado, la ingeniera Nelly María Méndez, igualmente a la profesora Liliana Chacón por el gran empeño y colaboración durante el trayecto de este proceso académico y a la tutora Magda Ileana Agudelo, quien me alentó para iniciar con este proyecto el cual ha sido de gran importancia para la generación de nuevos resultados en cuanto a la temática desarrollada.

De igual manera doy mis más sinceros agradecimientos a mi familia y amigos por su apoyo, colaboración y ánimo en todo momento.

Resumen

El presente trabajo como opción de grado monografía “Manejo de la mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) para la bioconversión de la pulpa de café y la obtención de abono orgánico” tiene como objetivo realizar una revisión y análisis de las experiencias y estrategias empleadas para la bioconversión de residuos orgánicos principalmente la pulpa de café por medio de las larvas de la mosca soldado negro (MSN) y a la vez la obtención de abono orgánico, con el fin de plantear una nueva alternativa de manejo que contribuya a la disminución de la grave afectación causada por la pulpa de café en la etapa de beneficio a las fuentes hídricas y al suelo. Este trabajo estuvo orientado bajo un enfoque exploratorio el cual permitió la investigación de estudios científicos que emplean y respaldan las investigaciones acerca del tema planteado, de igual manera permite conocer los fenómenos o problemas poco estudiados, de los cuales se tienen dudas o no se han abordado en el contexto, principalmente en el manejo de (*Hermetia illucens*) para la bioconversión de la pulpa de café. Durante el desarrollo del presente documento se podrán identificar los parámetros ambientales adecuados para el óptimo desarrollo de las larvas y su influencia en el proceso de degradación de la pulpa, así mismo, se establece la eficiencia de bioconversión que presentan las larvas de (*Hermetia illucens*) para convertir la pulpa de café a sustrato y finalmente, se describen las propiedades nutricionales que se encuentran presentes en el sustrato obtenido de la bioconversión por medio de la realización de un análisis de fertilidad.

Palabras clave: Mosca soldado negro, Pulpa de café, Abono orgánico, Bioconversión, Propiedades nutricionales.

Abstract

The present work as a degree option monograph "Management of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) for the bioconversion of coffee pulp and the obtaining of organic fertilizer" has the objective of carrying out a review and analysis of the experiences and strategies used for the bioconversion of organic residues, mainly coffee pulp, by means of the larvae of the black soldier fly (BSF) and at the same time the obtaining of organic fertilizer, with the purpose of proposing a new management alternative that contributes to the reduction of the serious affectation caused by the coffee cherry during the processing stage to the water sources and the soil. This work was oriented under an exploratory approach which allowed the investigation of scientific studies that employ and support the research on the proposed topic, in the same way it allows to know the phenomena or problems that have been little studied, of which there are doubts or have not been addressed in the context, mainly in the management of (*Hermetia illucens*) for the bioconversion of the coffee pulp. During the development of this paper, the environmental parameters suitable for the optimal development of the larvae and their influence on the pulp degradation process can be identified. Likewise, the bioconversion efficiency of the larvae of (*Hermetia illucens*) to convert coffee pulp to substrate is established and finally, the nutritional properties present in the substrate obtained from the bioconversion are described by means of a fertility analysis.

Key words: Black soldier fly (*Hermetia illucens*), Coffee pulp, Organic fertilizer, Organic residues, Bioconversion, Nutritional properties.

Tabla de Contenido

Lista de Tablas	10
Lista de Figuras	10
Introducción	11
Justificación	13
Objetivos	15
Objetivo general	15
Objetivos específicos.....	15
Metodología	16
Investigación cuantitativa.....	16
Enfoque exploratorio	16
Marco Teórico	17
Generalidades del café	17
La pulpa de café	18
Aspectos en los que puede influir la pulpa de café como abono orgánico	20
Mosca soldado negro	21
Ciclo de vida.....	23
Huevo	24
Larvas	25
Pupa	26
Adulto	28
Apareamiento	29
Factores que repercuten en el progreso de las larvas de (MSN)	30
Temperatura.....	30
Humedad	31
Potencial de hidrógeno (pH).....	32
Bioconversión de la pulpa de café	33

Productos en los que se pueden manejar las larvas de la mosca soldado negro.....	35
Alimentación animal	35
Producción de harina de pescado.....	35
Biodiésel	36
Residuos orgánicos	36
El valor que representa el componente orgánico en el suelo	37
Beneficios que brinda la fertilización orgánica en el suelo	38
Como se identifica la calidad del abono orgánico	38
Importancia del sustrato de estudios orgánicos	39
Marco Legal	44
Conclusiones	47
Recomendaciones	49
Bibliografía	51

Listado de Tablas

Tabla1. Clasificación y descripción taxonómica.....	22
Tabla2. Temperaturas óptimas en el manejo de la mosca soldado negro.....	31

Listado de Figuras

Figura 1 Mosca soldado negro.....	22
Figura 2 Ciclo biológico de mosca soldado negro.....	24
Figura 3 Huevos de mosca soldado negro.....	25
Figura 4 Larvas de mosca soldado negro en pulpa de café.....	26
Figura 5 Pupas de mosca soldado negro.....	28
Figura 6 Transformación de la pulpa de café.....	34
Figura 7 Propiedades nutricionales de la pulpa descompuesta y la lombrinaza.....	41
Figura 8 Propiedades nutricionales del sustrato generado por las larvas de la mosca soldado negro.....	42

Introducción

El cultivo de café es uno de los productos agrícolas que más influye en la economía del país, debido a su amplio establecimiento en 23 de los 32 departamentos del territorio colombiano, trayendo con esto una amplia producción del grano. Según lo expuesto por Pinilla et al., (2021) “el país cerró el año 2019 con una producción de 14,8 millones de sacos de 60 kilos, un 9% más de la productividad generada durante el 2018”.

El cultivo de café ha jugado un papel fundamental a lo largo de la historia del país, no solamente por la importancia económica, sino también por su impacto en la vida social y cultural de los colombianos, ya que ha traído significativos aportes al desarrollo económico, social e institucional del país, durante el siglo XX logró afianzar el crecimiento económico mediante la cantidad de exportaciones, permitió el desarrollo del mercado interno, promovió el transporte mediante la apertura de nuevas vías terrestres y la aparición del ferrocarril, al igual que aumento el nivel de ocupación (Cerquera, Pérez & Sierra, 2020).

“La pulpa de café es el primer subproducto que se obtiene en la etapa de beneficio del producto y representa, en base húmeda, alrededor de 43,58% del peso del fruto fresco” (Montilla, 2006, citado por Moreno & Romero, 2016). Teniendo esto en cuenta aproximadamente la mitad de la cantidad del café en cereza que se recolecta en realidad se trata de la pulpa a la cual no se le ha dado la importancia que se requiere, ya que muchos caficultores la consideran como un desecho que no aporta ningún beneficio.

La cereza del café es una fuente importante de MO y en las empresas cafeteras se genera un gran volumen de esta, ya que en la actividad de cosecha del grano para poder obtener 1.250 Kg de café pergamino seco (c.p.s) se generan alrededor de 2.700 kg del subproducto (Sadeghian, 2009).

Debido a la gran cantidad de cereza que se produce es necesario buscar opciones que permitan una rápida transformación de este subproducto, por esta razón se ha realizado una investigación documental sobre el manejo de larvas de mosca soldado negro en la bioconversión de la cereza del café. Este insecto pertenece al orden Díptera, cuando están en la etapa de larvas consiguen alimentarse de excremento, frutas y vegetales, las larvas también logran consumir los desechos producidos en cultivos como el café, banano y palma de aceite (Giraldo, et ál., 2019).

Justificación

La producción de café en Colombia ha mostrado un aumento en los últimos años, según lo expuesto por la Federación Nacional de Cafeteros (2020), citado por Pinilla et al., (2021), “en Colombia en el mes de diciembre de 2019 la producción de café creció un 31% en comparación a lo registrado en diciembre de 2018, pasando de 1,3 a 1,7 millones de sacos de café” en el año cafetero.

Al incrementarse la producción han aumentado igualmente los subproductos “en las diferentes etapas del proceso productivo se generan alrededor de 784.000 toneladas/año de biomasa residual en los que se encuentran la pulpa, cascarilla, entre otros” (Serna, et ál., 2018, pág.2). Esta cantidad de residuos pueden presentar una gran problemática ambiental al no generar un apropiado uso o tratamiento de estos.

Debido a la gran cantidad de subproductos que se presentan en la actividad cafetera, con el pasar de los años se han buscado diferentes alternativas de transformación de estos residuos, por ejemplo, la cereza de café se puede usar como fertilizante, alimento y elaboración de biocombustible (Giraldo, et ál., 2019). Convirtiendo a este subproducto en una materia prima para la realización de diferentes técnicas de aprovechamiento, dándole un valor agregado.

Sin embargo, aún muchos caficultores no han encontrado una alternativa para la transformación de la cereza del café, ya que ellos esperan que este proceso se realice en un periodo corto de tiempo y que además traiga consigo otros beneficios como los que puede brindar la mosca soldado negro (MSN), entre ellos la alimentación de animales como cerdos y aves. Por esta razón los productores no han hecho un cambio en las prácticas de manejo a los subproductos trayendo como consecuencia una alta contaminación del suelo y las fuentes hídricas.

La cereza del café al ser un residuo orgánico el cual al descomponerse se convierte en mantillo que es un abono orgánico de excelente calidad, puede brindar una amplia variedad de ventajas como, por ejemplo, mejora la textura del suelo, ayuda en el aumento de la rizosfera, mejora la absorción del agua, etc. “La pulpa de café contiene minerales, proteínas y carbohidratos al igual que altos niveles de potasio, polifenoles y cafeína que la convierten en un subproducto de amplio potencial para la generación de abono orgánico” (Novita E, 2016, Pág. 2).

Es por ello por lo que se hace necesario que se conozca de todas las ventajas que trae consigo la mosca soldado negro. Este insecto pertenece al orden Díptera, cuando están en la etapa de larvas consiguen alimentarse de excremento, frutas y vegetales, las larvas también logran consumir los desechos producidos en cultivos como el café, banano y palma de aceite (Giraldo, et ál., 2019).

Por esta razón se realiza una recopilación bibliográfica con la finalidad de conocer como es el manejo de larvas de MSN (*Hermetia illucens*), su implementación en el gremio cafetero realizando el procedimiento de bioconversión de la cereza de café, y de igual manera, identificando las propiedades fisicoquímicas presentes en el sustrato que se obtiene de esta transformación.

Objetivos

Objetivo general

Analizar las estrategias empleadas en la obtención de abono orgánico a través del manejo de la mosca soldado negro y su aplicación en la bioconversión de la pulpa de café.

Objetivos específicos

Identificar las condiciones ambientales requeridas para el manejo de la mosca soldado negro y su influencia en la bioconversión de la cereza de café.

Establecer el rendimiento de conversión de cereza de café a sustrato o abono.

Describir las propiedades nutricionales disponibles en el material obtenido de la bioconversión de la pulpa del café.

Metodología

Investigación cuantitativa

De acuerdo con Hernandez & Mendoza (2018). La investigación cuantitativa es un conjunto de procesos organizados de manera secuencial para comprobar planteamientos específicos orientados a una realidad objetiva buscando la representatividad y generalización de resultados.

Enfoque exploratorio

Teniendo en cuenta que el objetivo general de la investigación consiste en referir los parámetros propicios para el manejo de la MSN en todo su ciclo biológico, especialmente en el estado de larva con la finalidad de conocer la calidad del material obtenido en la bioconversión de la cereza del café, se utilizó el enfoque exploratorio, que según Hernández & Mendoza (2018) permite “investigar fenómenos o problemas poco estudiados, de los cuales se tienen dudas o no se han abordado en el contexto. De igual manera, se pueden identificar conceptos o variables promisorias para indagar y preparar el terreno para estudios más amplios, elaborados y profundos”.

Marco Teórico

Generalidades del café

El grado de importancia que tiene el café en Colombia no ha surgido desde hace algunos años, si no que por el contrario es un cultivo que impulsó el mejoramiento de diversos sectores a medida que se difundía por todo el país como lo fue el establecimiento y mejoramiento de la infraestructura vial, acueductos veredales, infraestructura educativa, electrificación rural, investigación científica para el desarrollo rural y mejoramiento del tejido social generando un cambio favorable para todos los habitantes y para el comercio regional.

El cultivo de café ha jugado un papel fundamental a lo largo de la historia del país, no solamente por la importancia económica, sino también por su impacto en la vida social y cultural de los colombianos; el café ha traído significativos aportes al desarrollo económico, social e institucional del país, durante el siglo XX logró afianzar el crecimiento económico mediante la cantidad de exportaciones, permitió el desarrollo del mercado interno, promovió el transporte mediante la apertura de nuevas vías terrestres y la aparición del ferrocarril, al igual que aumento el nivel de ocupación (Cerquera, Pérez & Sierra, 2020).

En nuestro país “el sector cafetero representa el primer renglón de exportaciones agrícolas con cifras que representan aproximadamente el 92% del total del café que se produce” (Cerquera, Pérez & Sierra, 2020, pág. 5). Esto se debe principalmente a la excelente calidad del grano ya que en el exterior el café colombiano es considerado como el más suave gracias a las condiciones edafoclimáticas presentes en varias regiones del país las cuales le otorgan esta característica tan especial.

El sector cafetero debe enfrentar constantes riesgos en cuanto a la productividad, como por ejemplo la constante variabilidad climática alterada por las acciones antrópicas y la

disminución en la producción, así mismo, los altos costos de operación en los que se incluyen la mano de obra, herramientas, fertilizantes, entre otros; el control de plagas y enfermedades son aspectos que se deben tener en cuenta para mantener una alta calidad del producto final que es el grano de café, a todos estos componentes se le adiciona el compromiso que deben tener los caficultores para iniciar acciones enfocadas en el uso equitativo y responsable de recursos naturales (Garzón, 2022).

Un componente de suma importancia que influye en la productividad del café son las condiciones climatológicas ya que si en el momento de la floración se presentan lluvias fuertes pueden afectar la polinización y el cuaje de los frutos. Por otra parte, si presenta un verano prolongado puede provocar un daño grave en los frutos de café, los cuales pierden peso, se reduce su grandor y la almendra no se puede utilizar para la tostión con el café de buena calidad ya que es considerado un defecto físico.

La pulpa de café

“La pulpa de café es el primer subproducto que se obtiene en la etapa de beneficio del producto y representa, en base húmeda, alrededor de 43,58% del peso del fruto fresco” (Montilla, 2006, citado por Moreno & Romero, 2016). Teniendo esto en cuenta aproximadamente la mitad de la cantidad del café en cereza que se recolecta en realidad se trata de la pulpa a la cual no se le ha dado la importancia que se requiere, ya que muchos caficultores la consideran como un desecho que no aporta ningún beneficio.

Cuando la cereza del café es vertida en un curso de agua o depositada a cielo abierto, produce una notable contaminación en estos lugares y en la fuentes hídricas, además con estas acciones es malgastada una fuente significativa de materia orgánica que se puede aplicar al

mismo cultivo después de un proceso de transformación o descomposición (Moreno & Romero, 2016).

La pulpa de café (*Coffea arabica L.*) se convierte en el principal agente contaminante de los ecosistemas cafeteros, debido a las implicaciones biológicas directas que ejerce en el suelo, representando una fuente de peligro potencial para la contaminación, ya que la mayoría de los lugares donde se produce este cultivo tienen una topografía inclinada o montañosa y por efecto de las precipitaciones la pulpa puede ser trasladada a través de suelos y ríos. Cuando se encuentra presente la pulpa en grandes cantidades provoca un aumento en la demanda bioquímica de oxígeno, disminución del pH, así como la presencia de sólidos en suspensión que limitan la penetración de la luz solar y afectan la calidad del agua. En el caso de afectación en suelos los daños no son menores, los fenoles y polifenoles que son constituyentes de la pulpa son sustancias tóxicas para la mayoría de los artrópodos y microorganismos, al presentarse un alto contenido de pulpa de café en los suelos puede afectar las poblaciones de microflora edáfica, principalmente a los hongos acidófilos que son los principales microorganismos metabolizantes de esta materia orgánica (Ramos, 2022).

“La pulpa del café descompuesta es una fuente excelente de materia orgánica para el suelo, el compost de la pulpa es un material de consistencia arcillosa, rico en nitrógeno, fósforo y potasio, con excelentes propiedades acondicionadoras del suelo” (Moreno & Romero, 2016). Estas características que brinda la cereza de café degradada son una gran alternativa en la regeneración de aquellos lugares que han sido altamente explotados por la actividad agrícola, de igual forma este producto puede reducir los altos costos de producción que actualmente se centran sobre todo en los precios elevados que presentan los fertilizantes minerales ya que se puede complementar la fertilización química y la orgánica, también se puede convertir en un

ingreso adicional a los caficultores ya que pueden comercializar este abono orgánico a los agricultores de las zonas aledañas.

Aspectos en los que puede influir la pulpa de café como abono orgánico

En las empresas cafeteras una fuente importante de Materia orgánica (MO) es la cereza del café, ya que en la actividad de cosecha del grano para poder obtener 1.250 Kg de (c.p.s) se generan alrededor de 2.700 kg del subproducto. La disposición de los elementos en la cereza de café fresca muestra los siguientes valores: Nitrógeno: 1,71%, Fosforo: 0,10%, Potasio: 3,30%, Calcio: 0,26%, Magnesio: 0,08%, Azufre: 0,02%, Hierro: 42,98 mg/kg, Manganeso: 24,30 mg/kg, Zinc: 6,58 mg/kg, Cobre: 24,10 mg/kg y Boro: 51,87 mg/kg. Con respecto a los valores anteriores y recalando que el 43,58% de los nutrientes extraídos por los frutos de café se encuentran en la pulpa, se deduce que la pulpa descompuesta generada en la producción de 1250 Kg de c.p.s contiene 10,2 kg de N, 1,4 kg de P₂O₅, 23,8 kg de K₂O, 2,2 kg de CaO, 0,8 kg de MgO y 0,4 kg de S₀₄ (Sadeghian, 2009).

Cuando se establecen diferentes cultivos como el plátano, los frutales, el café, yuca, etc., se debe propender por realizar la utilización del suelo orientado a preservar o reestablecer las condiciones físicas de este y a evitar la degradación. Por ende, al aplicar un abono orgánico proveniente de la pulpa de café puede traer ventajas al suelo, por ejemplo: la descenso de densidad aparente al igual que la densidad real, aumenta la porosidad total, la estabilidad de agregados, la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y la disponibilidad del nitrógeno nítrico (Sadeghian, 2009).

La aplicación de abonos orgánicos genera un crecimiento vigoroso de raíces, follajes, florescencia y fructificación. Además, les permite ganar mayor resistencia contra enfermedades y plagas, igualmente contribuye a la recuperación de los cultivos después de la cosecha y mejora el

pH del suelo (Aguilar, et al., 2016). Estos beneficios permiten que al aplicar un abono orgánico como el que se pretende obtener en el presente proyecto se pueda cerrar con el ciclo de producción que inicia desde la siembra del cultivo y finaliza en la cosecha realizando el aprovechamiento del subproducto obtenido de esta última actividad.

Mosca soldado negro

Debido a la alta generación de biomasa residual producida en la actividad cafetera se han establecido varios mecanismos para la transformación de los desechos orgánicos, alguno de ellos son el compost, lombricultivo, (etc.). Sin embargo, se buscan nuevas alternativas que permitan realizar la labor de conversión de la pulpa de café de manera más eficiente y rápida, es por esto por lo que se propone la implementación de larvas de MSN (*Hermetia illucens*) para efectuar la bioconversión de estos residuos.

La mosca soldado negro, (*Hermetia illucens*), pertenece a la familia de los dípteros, se puede encontrar en muchas partes del mundo sobre todo en los lugares tropicales y subtropicales entre las latitudes de 40°S y 45°N. La (*Hermetia illucens*), conocida comúnmente como mosca soldado negro es un díptero de la familia *Stratiomyidae*, Genero *Hermetia*. Su reproducción se lleva cabo por ovoposición, la postura de los huevos es pseudo-oothecas, formando hileras de huevos en medios parcialmente cerrados, sus huevos son cilíndricos con un milímetro de largo aproximadamente, al nacer las larvas, su color es crema y al crecer su color va cambiando a amarillo, hasta finalmente conseguir el color marron en su último estado (Cabrera & López, 2021).

Figura 1*Mosca soldado negro*

Fuente. Autor

Nota: en la figura se puede observar la mosca soldado negro en su fase adulta.

Tabla 1*Clasificación y descripción taxonómica*

Taxonomía de la mosca soldado negro

Dominio: Eucariota**Reino:** Animalia**Clase:** Insecta**Orden:** Díptera**Suborden:** Brachycera**Familia:** Stratiomyidae**Subfamilia:** Hermetiinae**Género:** Hermetia**Especie:** *H. illucens*

Fuente:(Copro.com, s.f).

Nota: en la tabla se describe la clasificación taxonómica de la mosca soldado negro

Ciclo de vida

Este insecto al pertenecer a la familia de los dípteros presenta una metamorfosis completa u holometábola, su ciclo de vida es de aproximadamente 3 o 4 semanas si cuenta con las condiciones óptimas para su desarrollo (26-28°C) reportados en algunos estudios, de igual forma su crecimiento está determinado por la cantidad de alimento disponible.

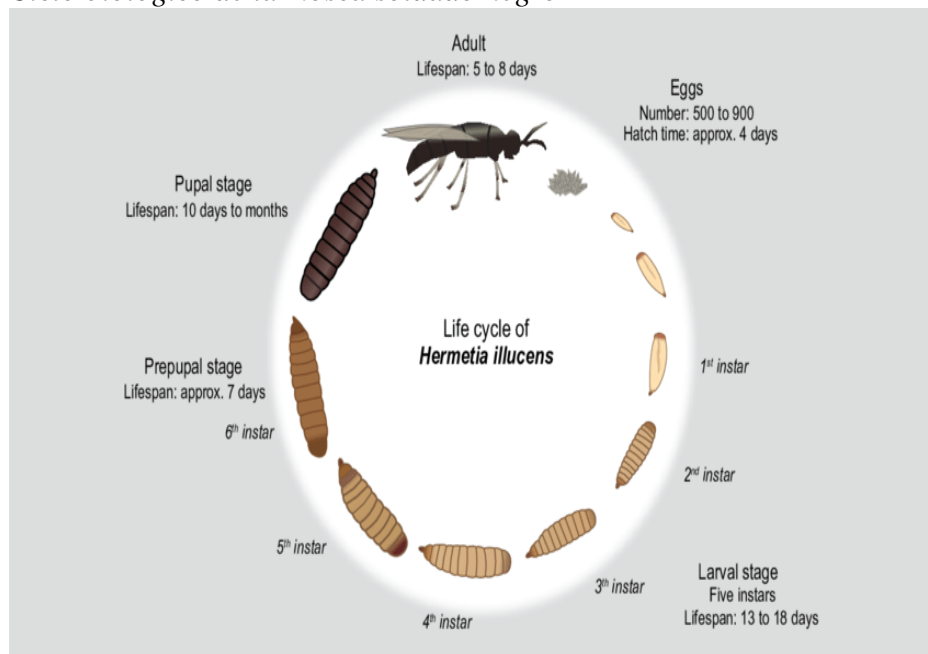
La mosca soldado negro consta de cinco etapas de vida: huevos, larvas, pupas, prepupas y adultos. En estas etapas, la eclosión de huevos y de adultos son más cortas y la etapa larval y pupal son las más largas y las que contribuyen al máximo el ciclo de vida. Al tener una vida útil muy corta, las hembras de la mosca soldado negro producen una gran cantidad de huevos (Cabrera & López, 2021).

Una de las virtudes que presenta la larva de MSN es su facilidad para alimentarse de cualquier residuo orgánico, lo que conduce a una amplia posibilidad de implementación para múltiples subproductos generados en diferentes sectores económicos.

Las larvas pueden alimentarse de una amplia gama de residuos como plantas, animales en descomposición, estiércol, raspaduras de alimento, basuras municipales y descomposición de material vegetal (Cabrera & López, 2021).

Figura 2

Ciclo biológico de la mosca soldado negro



Fuente: Daniel Patón, 2022

Nota: en la imagen se describe el ciclo biológico de la mosca soldado negro la cual presenta cuatro fases de desarrollo para convertirse en adulto.

Huevo

En la etapa inicial del período de existencia de la MSN que corresponde al huevo se deben tener en cuenta varios factores como lo son la temperatura y la humedad, ya que para que se presente una buena eclosión de los huevos el rango óptimo de temperatura es de 26-28 °C, si los huevos quedan expuestos a un rango de temperatura mayor se puede presentar secamiento y por ende no nacerán las larvas. Por otra parte, la humedad debe ser un poco alta en el sustrato donde van a iniciar el proceso de alimentación las larvas.

La hembra de (*Hermetia illucens*) en su etapa adulta oviposita aproximadamente 500 huevos en desechos orgánicos en descomposición, como heces de animales, residuos de restaurante o casas y animales en descomposición. Los huevos se convierten en larvas

aproximadamente en cuatro días, el huevo tiene forma ovalada de color amarillo pálido o blanco cremoso con un 1mm de longitud (Cabrera & López, 2021).

Figura 3

Huevos de mosca soldado negro



Fuente: CENICAFE, 2019, p7.

Nota: una de las fases del ciclo de biológico de la MSN a la cual se de prestar mayor atención es en la etapa de huevo ya que es muy vulnerable a las altas temperaturas.

Larvas

Los primeros días después de haber nacido las diminutas larvas se debe les debe ofrecer un residuo orgánico de una óptima calidad nutricional con la finalidad de que sea más fácilmente disponible buscando un crecimiento rápido de las larvas, este alimento también debe contar con un importante porcentaje de humedad, alrededor del 60 - 70% con el fin de que se presente una buena textura del sustrato y las larvas se puedan movilizar más fácilmente.

Después de la ovoposición, los huevos permanecen en esta etapa durante aproximadamente 4 - 5 días o 105 horas, una vez los huevos eclosionan, las larvas encuentran todos los desechos disponibles e inmediatamente empiezan a consumirlos. Dos semanas después, las larvas han alcanzado la plena madurez si las condiciones ambientales son favorables. Estas

pueden tardar hasta seis meses en alcanzar la madurez debido a la capacidad de las moscas soldado de extender su ciclo de vida en circunstancias hostiles. Igualmente logran medir aproximadamente hasta 27mm de longitud y 6 mm de amplitud. Las larvas presentan un color blanco pálido con una cabeza negra pequeña y sus piezas bucales (Park Haeree, 2016).

Figura 4

Larvas de mosca soldado negro en cereza de café



Fuente: Autor.

Nota: en la figura se evidencia a las larvas de MSN transformar la pulpa de café para la obtención de abono orgánico.

Pupas

Esta es la última etapa antes de que la MSN se convierta en adulto, cuando se tiene destinada una cantidad de las larvas para continuar con el ciclo de vida y que se puedan convertir en adulto para obtener más población por medio de la reproducción de estas se deben tener unos cuidados especiales, uno de ellos es que el lugar donde se encuentren debe estar seco y oscuro para que puedan surgir los adultos, otro aspecto importante es que en esta última etapa de las larvas estas no consumen alimento por lo que es innecesario realizar la aplicación de cualquier residuo orgánico y por el contrario podría afectar el sustrato que produjeron las larvas ya que no hay quien lo pueda descomponer en un breve periodo de tiempo.

Después de haber pasado por cinco estadios larvarios, las larvas llegan al último estadio larvario: la prepupa. Al transformarse en una prepupa, la larva reemplaza su aparato bucal con una estructura en forma de gancho y se vuelve de color marrón a gris carbón, utiliza este gancho para salir y alejarse fácilmente de la fuente de alimento hacia un entorno cercano, seco, similar al humus, sombreado y protegido que considera a salvo de los depredadores y es ahí donde la imago emerge de la pupa y vuela sin obstáculos significativos (Dortman, Egger, Diener, Zurbrûgg, 2021).

En el último estadio larval que es donde ha alcanzado su máximo tamaño, son mayormente aprovechadas debido a su contenido de proteína que varía entre el 36% y el 48%, y su contenido de grasa representa el 33%, finalmente se completa la metamorfosis a los 14 días donde ya se transforman en adultas. Se destaca que la mosca soldado negro no posee partes bucales, sistema digestivo o aguijón, por lo que no representa una amenaza para los seres humanos, además de ello no tienen afinidad al hábitat humano por lo que no actúa como vector para la propagación de enfermedades (Cabrera & López, 2021).

Según Dortman, Egger, Diener, Zurbrûgg (2021), el proceso de pupación es la transformación de una pupa en una mosca, la etapa de pupación se inicia cuando la prepupa encuentra un lugar adecuado y se vuelve inmóvil y rígida. Para una pupación exitosa, lo mejor es que las condiciones ambientales no cambien demasiado o, en otras palabras, que se mantengan cálidos, sombreados y protegidos de la lluvia. La pupación dura alrededor de tres semanas y termina cuando la mosca emerge de su caparazón de pupa, el proceso emergente es muy corto. A la mosca le toma menos de cinco minutos en abrir la parte de la pupa que solía ser la cabeza, arrastrarse, secarse y luego extender sus alas y volar.

Figura 5*Pupas de mosca soldado negro*

Fuente: Autor

Nota: Las pupas es la fase que antecede a la fase de adulto en el ciclo biológico de (*Hermetia illucens*)

Adulto

Corresponde a la última etapa de vida de este insecto, y podría ser una de las fases más cruciales ya que es indispensable que presenten una buena reproducción para continuar con el pie de cría, por esta razón se debe disponer un lugar cerrado pero que permita el ingreso de la luz ya que esto permite que las moscas puedan permanecer más tiempo con vida y de esta manera que puedan ovipositar más huevos, el lugar donde van a estar los adultos apareándose debe estar unido al sitio donde se encuentran las pupas ya que al emerger los adultos se sienten atraídos por la luz y de esta manera no se presentará ningún escape por parte de estos.

El color de las moscas adultas varía entre negro, verde y azul, a veces con aspecto metálico, tienen apariencia similar a las avispas y un sonido igual de fuerte al volar. Además, tienen dos alas translúcidas ubicadas en el primer segmento torácico. Su longitud varía de 15 a 20 mm, las antenas del adulto son alargadas con tres segmentos y las patas tienen una coloración blanca cerca del final de cada pata, el sistema bucal está diseñado para no alimentarse, pues su

única función como adulto es la reproducción. Dos días después de emerger el adulto de la pupa, puede ocurrir el apareamiento (Cabrera & López, 2021).

Después de emerger, la mosca vive alrededor de una semana. Durante esta corta vida, buscará pareja, copulará y (para la hembra) pondrá huevos. Como mosca, la soldado negro no se alimenta. Solo se requiere una fuente de agua o una superficie de húmeda para mantenerse hidratada. Lo fundamental en esta última etapa del ciclo de vida es una abundante cantidad de luz natural y una temperatura cálida (25-32°C). Un ambiente húmedo puede prolongar la vida útil y, por lo tanto, mejorar la posibilidad de una reproducción exitosa. Se ha observado que las moscas prefieren copular a la luz de la mañana. Después de la cópula, las hembras buscan un lugar ideal para poner sus huevos (Dortman, Egger, Diener, Zurbrûgg, 2021).

Apareamiento

Para el apareamiento es necesario tener en cuenta que en el lugar donde se desarrollan las larvas de su estado pupa a mosca emergida, debe estar conectado a un equipo que permita el paso de la luz, debido a que inicialmente el lugar de engorde o crianza de las larvas es oscuro o permite en menor medida el paso de la luz, con el objetivo de incentivar el crecimiento de las larvas. En la conexión existente entre el lugar de engorde y la jaula donde estarán los adultos es colocada una luz cuya función es atraer a las moscas emergidas hacia el sitio de apareamiento, la luz y el fotoperiodo son una condición de operación importante pues estas incentivan a las moscas a reproducirse, además se debe tener en cuenta que durante el periodo de adulto esta busca hidratarse, es por ello que el lugar debe equiparse con un paño húmedo con el fin de que la mosca se hidrate; las moscas copulan y ponen sus huevos en lugares acondicionados o en ranuras cerca de un sustrato atrayente (Muñoz & Parada, 2022).

Factores que repercuten en el progreso de la mosca soldado negro (MSN)

Para que haya un progreso eficiente en cuanto al desarrollo de las larvas en las diferentes fases de crecimiento al igual que en el transcurso de la conversión de los desechos orgánicos se deben presentar unos escenarios ideales, tanto en el lugar donde se encuentran ubicadas, como en el alimento que se les suministre, ya que cualquier cambio en su medio de crecimiento podría disminuir la cantidad de residuos que logren transformar normalmente, los principales factores son:

Temperatura

La MSN es extremadamente sensible a su entorno, por esta razón sus condiciones ambientales deben ser monitoreadas constantemente para asegurar que se obtenga el mayor rendimiento. Uno de los parámetros claves a controlar es la temperatura, ya que garantiza la sanidad del sustrato y también interviene en el ciclo productivo de este díptero. Autores como Rehman et al., 2017; Sheppard et al., 2002; Tomberlin et al., 2005; Tomberlin y Sheppard, 2002) tuvieron en cuenta la importancia de este parámetro en el desarrollo de sus estudios académicos y por esta razón implementaron un rango de temperaturas de 25 a 30°C. De igual manera en un estudio desarrollado por Tomberlin, Adler y Myers (2009), en el que examinaron las características en el ciclo de vida de la MSN criados a tres temperaturas diferentes concluyeron que el rango más aceptable para el óptimo desarrollo de las larvas fue de 26-28°C.

Esto permite concluir que a medida que se presenta una temperatura optima de 25-30°C la longevidad de las larvas, prepupas, pupas y adultos es más eficiente, mientras que al presentarse una temperatura constante por encima del umbral ideal se puede acelerar todo el ciclo de vida, por el contrario, si la temperatura promedio en el lugar donde están ubicadas las moscas soldado negro es bajo se tardarán más tiempo en finalizar su ciclo biológico (Park, 2016).

Tabla 2*Temperaturas óptimas en el manejo de la mosca soldado negro*

Estudio realizado	Temperatura óptima
Black soldier Fly biowaste processing: A step-by- step guide, second edition.	24 - 30°C
Rapid composting techniques in Indian context and utilization of black soldier fly for enhanced decomposition of biodegradable wastes - A comprehensive review.	27 – 28°C
Efficiency of Bioconversion of Coffee Pulp using (<i>Hermetia illucens</i>) (Diptera: Stratiomyidae) Larvae.	26 - 36°C

Fuente: Autor.

Nota: en la tabla se evidencia diferentes artículos en donde se establecen temperaturas óptimas para la crianza de la mosca soldado negro.

Humedad

Las larvas al ser extremadamente sensibles térmicamente también son altamente receptivas a la humedad, esta variable influye considerablemente en la eclosión del huevo ya que los bajos niveles de humedad dan como resultado la pérdida de agua a través de la membrana del huevo y por ende una mayor desecación. Una humedad de 30 a 90% promueve el apareamiento y la ovoposición cuando las larvas se encuentran en un ambiente de 27°C, el amplio rango de

humedad permite concluir que la MSN tiene la capacidad para adaptarse consistentemente dada la temperatura (Park, 2016).

De igual manera, la humedad se debe monitorear en la etapa larval específicamente en el alimento a suministrar, ya que al contar el sustrato con un contenido adecuado de agua evita que este se deshidrate y les permite a las larvas poder digerirlo más fácil. Algunos autores como Dortman, Egger, Diener, Zurbrügg (2021), Cheng, Chiu, Lo (2017), Guoa et al., (2021) y Kumar et al., (2018) proporcionaron los diferentes sustratos a las larvas con una humedad de 70- 80%, 70-75%, 62% y 80% respectivamente.

Para determinar la humedad en la cereza del café se puede desarrollar una actividad en la que se toman muestras frescas de 5 g y se disponen en un horno a 105°C durante 24 horas, posteriormente se reemplazan los valores obtenidos en la siguiente ecuación.

$$\% H = \left(\frac{W1 - W2}{W1} \right) * 100$$

%H= porcentaje de humedad (%) W1

W1= Peso húmedo inicial en gramos

W2= Peso seco final en gramos (Ospina & Carrejo, 2021).

Potencial de hidrogeno – pH

este factor está directamente relacionado con la alimentación que se les suministra a las larvas ya que estas realizan mejor su actividad de transformación de los desechos en productos que presentan un pH alcalino con un rango de 8 a 10 o preferiblemente neutro, con estos criterios se puede permitir que las larvas presenten un mayor desarrollo en la bioconversión de los sustratos (Cabrera & López, 2021).

Para Dortman, Egger, Diener, Zurbrügg (2021), otros de los factores que se deben tener en cuenta en el progreso eficiente de las larvas de mosca soldado negro son los requerimientos de

nutrientes del alimento, ya que los sustratos con altos contenidos de proteínas y carbohidratos generan un óptimo desarrollo larvario. Las investigaciones en curso indican que las larvas pueden consumir más fácilmente el sustrato si ya ha pasado por algún proceso de descomposición bacteriana o fúngica. De igual manera, el tamaño de la partícula del alimento es muy importante, debido a que las larvas carecen de piezas bucales para masticar, en cuanto a los alimentos es más eficaz si el sustrato viene en fragmentos pequeños o inclusive en forma de suspensión.

Bioconversión de la pulpa de café

Debido a que las larvas de MSN poseen unas piezas bucales fuertes y enzimas digestivas, estas pueden consumir grandes cantidades de desechos de manera más rápida y eficiente que cualquier otra larva de mosca. La implementación de larvas de (*Hermetia illucens*) en el manejo de la pulpa de café genera un gran impacto ya que, en comparación con otros procesos de biodegradación para esta, como lo son el compostaje y la lombricultura, la bioconversión a través de las larvas podría reducir hasta un 56% el volumen inicial de residuos frescos (Ospina & Carrejo, 2021).

Para poder determinar la eficiencia de bioconversión se requiere establecer el porcentaje de reducción (%R) en base seca del sustrato total (pulpa de café) suministrado a las larvas y el material obtenido al final del proceso de bioconversión, para esto se emplea la siguiente formula:

$$\% R = \left(\frac{T - R}{T} \right) * 100$$

%R= porcentaje de reducción

T= material agregado a las larvas

R= sustrato obtenido (Ospina & Carrejo, 2021).

En cuanto a la tasa de reducción que se refiere al tiempo empleado por las larvas de MSN para transformar los residuos suministrados especialmente la pulpa de café se puede determinar su porcentaje por medio de la siguiente ecuación.

$$TR = \left(\% \frac{R}{t} \right) * 100$$

TR= tasa de reducción

R= porcentaje de reducción

t= tasa de bioconversión, refiriéndose al tiempo tomado por el 50% de las larvas para convertirse en prepupa (Ospina & Carrejo, 2021).

Un ejemplo claro de que es factible la implementación de las larvas de (*Hermetia illucens*) para la bioconversión de la pulpa de café es el estudio realizado por Ospina & Carrejo, (2021) realizado en la universidad del valle y en el que evaluaron la capacidad y eficiencia de las larvas de MSN para degradar la pulpa de café, para esto suministraron unas raciones de la cereza de café de 100, 160 y 200 mg/larva/día, con una humedad de 80% en el sustrato.

Figura 6

Transformación de la pulpa de café



Fuente: Autor.

Nota: el proceso de bioconversión de la pulpa de café puede tener una duración de 15-18 días si se presentan las condiciones ambientales requeridas para las larvas.

En cuanto a los resultados obtenidos en el estudio anteriormente referenciado se puede resaltar que la eficiencia de bioconversión obtenida fue de 32, 30.22 y 30.96% respectivamente de acuerdo con los tratamientos implementados. Para el caso del índice o tasa de reducción se reportó que para el tratamiento **1** (100 mg/larva/día) se obtuvo un 0.61%, en el tratamiento **2** (160 mg/larva/día) un 0.85% y para el tratamiento **3** (200mg/larva/día) se consiguió un 0.63% en la tasa de reducción, lo que indica una eficiencia de reducción (Ospina & Carrejo, 2021).

De acuerdo con los resultados obtenidos en la investigación realizada por Ospina & Carrejo, (2021). Se puede destacar que las larvas de (*Hermetia illucens*) tienen la capacidad de digerir exitosamente la pulpa de café y de igual manera el porcentaje e índice de reducción son positivos lo que contribuye a una excelente eficiencia de bioconversión.

Productos en los que se pueden manejar las larvas de la mosca soldado negro

Alimentación animal

En su estado larvario se puede sacar provecho como alimento rico en proteínas para animales como aves, peces y/o cerdos, este meso organismo es bueno para la alimentación de ciertos animales por sus propiedades y características, suministrando proteína cruda y lípidos con cadenas medias de ácidos grasos mono insaturados y porque no necesita de pretratamiento para disposición de la materia orgánica (Cabrera & López, 2021).

Producción de harina de pescado

Las larvas de MSN son impecables descomponedores o convertidores de residuos orgánicos (o estiércol) en biomasa valiosa y pueden utilizarse como dieta suplementaria para la harina de pescado. Proporcionan beneficios nutricionales de forma más eficiente que la harina de pescado, por lo que pueden incorporarse para la elaboración de productos de la industria, sustituyendo la harina de pescado para la alimentación. La mayor ventaja

de las larvas de MSN en la producción de piensos es que se cuenta con un menor impacto medioambiental en comparación con cualquier otra carne animal, además cuenta con una mayor conversión de alimento en proteína. Las larvas se consideran un alimento animal de alta calidad en todo el mundo debido a su contenido de lípidos y proteínas. La mezcla de harían de pescado con las harinas de este insecto, proporciona una alta nutrición a los peces (Muñoz & Parada, 2022).

Biodiesel

La MSN podría utilizarse en la producción de biodiesel a partir de la grasa de las larvas, debido al alto potencial que tienen las larvas para convertir la biomasa lignocelulósica en productos valiosos que ofrece una solución imprescindible para la producción de biodiesel a partir de las materias primas más baratas (Cabrera & López, 2021). El biodiesel a partir de (*Hermetia illucens*) sobre el aceite de cultivo, tiene ventajas como, por ejemplo, que no compite con el uso de la tierra o con los recursos alimenticios y la otra ventaja es que maximiza los beneficios de los residuos mediante el uso de “nutrientes de desecho” para el establecimiento de insectos. Su contenido de ácidos grasos saturados y ácidos grasos insaturados son respectivamente 85,6 y 14,3% (Cabrera & López, 2021).

Residuos orgánicos

Son los desechos o materiales que de tipo biodegradables (se transforman naturalmente). Estos residuos pueden ser de origen biológico o de los seres humanos, una característica primordial que presentan los residuos orgánicos es que se logran descomponer rápidamente, convirtiéndose en un nuevo tipo de material orgánico. Algunos ejemplos de residuos orgánicos podemos encontrar: las sobras de todo tipo de alimentos, productos cárnicos, huevos, etc., y otros residuos pueden presentar un periodo de descomposición más lento, como es el caso del cartón al

igual que el papel. Se excluye de esta categoría al plástico, debido a que presenta una estructura molecular más compleja (Jaramillo & Zapata, 2008).

El valor que representa el componente orgánico en el suelo

La materia orgánica (M.O) es uno de los componentes más importantes del suelo, al igual que el carbono orgánico del suelo imparten un papel fundamental en el sostenimiento y aumento de las propiedades físicas, químicas y biológicas. Por esta razón es de suma importancia recalcar el carácter dinámico e interactivo del suelo, ya que si se realizan cambios en una propiedad del suelo muy posiblemente afectara a las otras propiedades. Aunque la materia orgánica es la menor porción de la constitución del suelo, es uno de los componentes que comprueba la eficacia y fertilidad de este. De igual manera, algunos aspectos que intervienen en la productividad de los cultivos como lo son la disponibilidad de agua, la susceptibilidad a la erosión, la compactación y la resistencia de las plantas a plagas y enfermedades, dependen considerablemente de la materia orgánica del suelo (Docampo, s.f.).

La M.O disponible en el suelo interviene en diferentes procesos como, por ejemplo: ayuda a la formación de agregados, incrementa la agregación de partículas y mejora la estabilidad de la estructura en la superficie del suelo, favorece el almacenaje de agua aprovechable, la M.O mejora la fertilidad natural del suelo a través de diferentes mecanismos, igualmente puede influir en el desarrollo de microorganismos del suelo (Muñoz, 2019).

Las funciones biológicas de la materia orgánica en el suelo son principalmente proporcionar un reservorio de energía metabólica que conduzca a los procesos biológicos, actuar como fuente de macronutrientes y micronutrientes, así mismo, asegurar que tanto la energía como los nutrientes sean almacenados y liberados de una manera sostenible, es por esto por lo

que los procesos biológicos presentan una relación de suma importancia con las propiedades químicas y físicas del suelo (Muñoz, 2019).

Beneficios que brinda la fertilización orgánica

Para poder obtener todas las ventajas que brinda la materia orgánica al suelo es necesario realizar una aplicación frecuente de fertilizantes provenientes de algún proceso de conversión de desechos orgánicos, un ejemplo es, la cereza del café, el estiércol, etc., estos productos después de realizar su adecuada descomposición pueden suplementar en gran parte las necesidades nutricionales de las plantas y al mismo tiempo pueden ofrecer algunos beneficios adicionales como el mejoramiento en la estructura del suelo.

Para Félix et al (2008), la aplicación de materia orgánica humificada aporta nutrientes y funciona como base para la formación de múltiples compuestos que mantienen la actividad microbiana, como son: las sustancias húmicas (ácidos húmicos, fúlvicos y huinas). Que al incorporarla generara distintas reacciones al suelo como son: mejorar la estructura del suelo, facilitando la formación de agregados estables con lo que mejora la permeabilidad de éstos, aumenta la fuerza de cohesión a suelos arenosos y disminuyendo en suelos arcillosos, también mejora la retención de humedad del suelo y la capacidad de retención de agua, la materia orgánica estimula el desarrollo de las plantas, mejora y regula la velocidad de infiltración del agua, disminuyendo la erosión producida por el escurrimiento superficial, su acción quelante contribuye a disminuir los riesgos carenciales y favorece la disponibilidad de algunos micronutrientes (Fe, Cu y Zn) para la planta, el humus aporta elementos minerales en bajas cantidades y es una importante fuente de carbono para los microorganismos del suelo.

Como se identifica la calidad del abono orgánico

La calidad de un fertilizante orgánico se puede medir de diferentes formas, la primera y más efectiva es el análisis de suelo en donde se puede determinar la cantidad de nutrientes disponibles en el sustrato, otro mecanismo para conocer la calidad del abono orgánico son los señalizadores de madurez en los que se encuentran la respiración y la correlación de carbono: nitrógeno, la humedad y la prueba de fitotoxicidad también son algunos de los mecanismos que permiten conocer la calidad del abono orgánico (Soto & Meléndez, 2004).

Importancia del estudio de sustratos orgánicos

Un sustrato es cualquier material sólido distinto al suelo, de síntesis orgánica o mineral, que al ser ubicado en un contenedor en forma pura o en mezcla permite el anclaje del sistema radicular de la planta. Así mismo, el sustrato puede intervenir o no en el proceso de la nutrición mineral de la planta.

Los estudios de sustratos orgánicos tienen la finalidad de conocer la cantidad de nutrientes disponibles en dichos materiales para de esta manera garantizar que al ser aplicados en las plantas puedan proporcionar parte de los macro-microelementos que requieren los cultivos, al igual que pueden ayudar a reestablecer algunos problemas físicos del suelo como la compactación o erosión (Montoya et al., 2021).

Las principales propiedades fisicoquímicas que se pueden encontrar en un sustrato orgánico son el color, la textura, la porosidad y permeabilidad. Por otra parte, las principales propiedades químicas que pueden estar presentes en un sustrato orgánico son el pH, la fertilidad la cual es conformada por los diferentes nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio, zinc, hierro, manganeso, cobre, molibdeno, entre otros y finalmente otra propiedad química es la cantidad de materia orgánica encontrada en dicho sustrato (Montoya et al., 2021).

Teniendo en cuenta que la pulpa de café es un subproducto que se genera en grandes proporciones, según Sadeghian, (2009) aproximadamente 4.500.000 toneladas al año, durante muchas décadas se han establecido estrategias de manejo para poder realizar la transformación de la pulpa en las que se encuentran el compostaje y el lombricultivo que tienen como objetivo principal la obtención de abono orgánico como producto final. Sin embargo, en los últimos años se ha implementado el uso de (*Hermetia illucens*) para realizar la bioconversión de este subproducto obteniendo resultados muy favorables de acuerdo con lo expuesto durante el desarrollo de este trabajo.

Debido a los pocos estudios realizados efectuando el manejo de larvas de MSN para la bioconversión de la pulpa de café no se tienen los suficientes resultados principalmente en lo que respecta a las propiedades nutricionales presentes en el sustrato que se obtiene como producto final. Sin embargo, durante el desarrollo de este trabajo se tuvo la oportunidad de realizar un pequeño ensayo práctico en donde se comprobó la eficiencia que presentan las larvas de la MSN para transformar la pulpa de café y en donde se pudo obtener el sustrato necesario para poder realizar el análisis de las propiedades nutricionales presentes en dicho material.

A continuación, se presentan los resultados expuestos por (Sadeghian, 2009), que corresponden a los datos obtenidos del análisis de la pulpa descompuesta y la lombrinaza, posteriormente se comparte los resultados obtenidos del análisis realizado al sustrato recolectado de la bioconversión de la pulpa de café por las larvas de MSN.

Figura 7

Propiedades nutricionales de la pulpa descompuesta y la lombrinaza

Abono orgánico	No. muestras analizadas	pH	N	P	K	Ca	Mg	Cenizas	Humedad
		 (%)						
Pulpa descompuesta	8	5,9	2,99	0,19	2,52	1,74	0,40	19	58
Lombrinaza	17	6,6	2,62	0,41	2,08	1,81	0,40	43	61

Fuente: (Sadeghian, 2009).

Nota: la lombrinaza y la pulpa descompuesta son el resultado de dos alternativas de transformación de la pulpa de café, el primero es por acción de la lombriz roja californiana y el segundo se debe a la acción de microorganismos presentes en el suelo.

Figura 8

Propiedades nutricionales del sustrato generado por las larvas de la mosca soldado negro



Fuente: Autor

Nota: para realizar el análisis de fertilidad se envió una muestra de 2 kilos al laboratorio de suelos con la finalidad de obtener los datos precisos de cada nutriente presente en el sustrato.

De acuerdo a los resultados expuestos en las imágenes anteriores se puede concluir que se presentan diferencias significativas en algunos valores como por ejemplo: el pH del compost y la lombrinaza está un rango medianamente ácido, mientras que el pH del sustrato generado por las larvas está en un rango medianamente alcalino, otros elementos como el P, K y Mg presentan unos valores mayores en la muestra de la segunda imagen en comparación con los métodos de transformación de la pulpa descritos en la primera imagen.

Con esta información se ratifica que el manejo de larvas de (*Hermetia illucens*) es una nueva alternativa para realizar la transformación de uno de los subproductos más generados en la

industria cafetera como lo es la pulpa de café y que además de reducir los altos volúmenes de este material en las fincas se puede obtener un abono orgánico que contiene un alto aporte nutricional y el cual puede ser muy competitivo con respecto a los sustratos que se obtienen del proceso de compost y del lombricultivo.

Marco Legal

Teniendo en cuenta los diferentes problemas que aquejan al mundo como lo son: la pobreza, el daño ambiental causado, la violencia, etc., la Organización de Naciones Unidas (ONU) ha desarrollado un plan maestro llamado objetivos de desarrollo sostenible el cual consta de 17 criterios con los que se busca conseguir un futuro sostenible para todos, estos objetivos se correlacionan entre si e incluyen los problemas a los que nos enfrentamos cotidianamente, como lo es la desigualdad, la contaminación ambiental, la paz y la justicia.

Teniendo en cuenta el problema que se plantea en este proyecto el cual corresponde al mal aprovechamiento de la pulpa de café y a los problemas ambientales que se generan cuando son arrojados estos residuos a las fuentes hídricas sería de suma importancia aplicar el ODS número 12, el cual se titula “Producción y consumo responsables”. Algunas de las metas de este objetivo son:

Lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales.

Reducir la mitad de desperdicio de alimentos per cápita mundial en la venta al por menor y a nivel de los consumidores para reducir las pérdidas de alimentos en las cadenas de producción y suministro, incluidas las pérdidas posteriores a la cosecha.

Minimizar considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.

Promover prácticas de adquisición pública que sean sostenibles, de conformidad con las políticas y prioridades nacionales.

Buscar que las personas de todo el mundo tengan la información y los conocimientos pertinentes para el desarrollo sostenible y los estilos de vida en armonía con la naturaleza. (ONU, 2022).

De igual manera se referencia la diferente normatividad en materia de la conservación al ambiente y el manejo de los residuos sólidos.

Decreto 2667 de 2012: en este decreto se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, específicamente el Art. 6 del presente decreto expresa que están obligados al pago de la tasa retributiva todos los usuarios que realicen vertimientos puntuales directa o indirectamente al recurso hídrico (Función pública, 2012).

Decreto 2811 de 1974: Art 3 de acuerdo con los objetivos enunciados, el presente código regula:

El manejo de los recursos renovables.

La defensa del ambiente y de los recursos naturales contra la acción nociva de fenómenos naturales.

Los demás elementos y factores que conforman el ambiente o influyan en él denominados en este código (Minambiente, 2011).

Política para la Gestión Integral de Residuos 1998: este edicto propone objetivos, estrategias y principios específicos con la finalidad de minimizar los peligros que para el entorno y las personas generan los residuos sólidos, es por esto por lo que solicitan iniciar el aprovechamiento eficiente de un gran porcentaje de residuos orgánicos como inorgánicos que son depositados en rellenos sanitarios sin realizar la respectiva clasificación y de igual manera sin poder ser recuperados para comenzar de nuevo con un ciclo productivo (Minambiente, 1998).

Política Nacional de Producción más Limpia 1997: este documento fue diseñado por el Ministerio de Medio Ambiente y se enfoca en la mitigación y disminución de los impactos que se pueden producir a las personas y al ambiente, algunos de los objetivos de esta política son:

Mejorar la disminución en el gasto de los recursos no renovables y las materias primas

Incrementar la eficiencia energética

Prevenir y mermar la generación de cargas contaminantes

Minimizar y aprovechar los residuos (Minambiente, 1997).

Por otra parte, se referencia lo normatividad correspondiente al control de bioinsumos de uso agrícola.

Resolución ICA 00375 de 2004: por medio de esta resolución se dan a conocer las disposiciones sobre el Registro y Control de los Bioinsumos y Extractos Vegetales de usos agrícola en Colombia, con el objetivo de fortalecer y mejorar las condiciones de su producción, importación, exportación, comercialización y utilización, para elevar los niveles de calidad, eficacia y seguridad alimentaria en beneficio de la salud humana, la sanidad agropecuaria y el ambiente (ICA, 2004).

Conclusiones

Con la revisión bibliográfica se pudo analizar las experiencias y estrategias empleadas en la obtención de abono orgánico a través del manejo de la mosca soldado negro principalmente en la bioconversión de la pulpa de café, obteniendo información meritoria que es de gran ayuda para mejorar el problema ambiental generado en las empresas cafeteras. El manejo de la mosca soldado negro es una alternativa viable para los pequeños, medianos y grandes caficultores ya que es una especie adaptable a todos los materiales con los que se puedan elaborar los contenedores en donde se realiza el proceso de crianza de las larvas y en donde transforman la pulpa de café.

(Hermetia illucens) es una especie muy tolerante con respecto a la temperatura presente en el lugar de crianza de esta. Sin embargo, tienen un rango de temperatura ideal el cual es de 26-28°C y en el cual su ciclo de vida se completa en un lapso de 45-47 días, de igual manera al desarrollarse en la temperatura ideal las larvas pueden realizar una excelente bioconversión de la pulpa de café.

El porcentaje y la tasa de reducción son dos métodos de suma importancia para determinar cuál es la eficiencia de bioconversión obtenida y en la que se puede determinar si realmente el producto o alternativa a evaluar es eficiente. Las larvas de MSN de acuerdo con la revisión bibliográfica presentan una eficiencia de bioconversión del 32% aproximadamente y con un ciclo de transformación por parte de las larvas de 18-20 días, lo que la convierte en una excelente alternativa para la degradación de la pulpa de café.

Aunque las propiedades nutricionales del sustrato obtenido en el proceso de bioconversión de la cereza del café por medio de las larvas de MSN ha sido poco explorado, con los resultados que se pudieron obtener durante el desarrollo de este trabajo se pudo evidenciar

que algunos de los elementos analizados (P, K, Mg) presentan un porcentaje mayor en comparación con los resultados del análisis realizado a la pulpa descompuesta y la lombrinaza, lo que convierte a la mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) en una buena opción para la obtención de abono orgánico de excelente calidad.

Recomendaciones

En Colombia se deben aumentar las investigaciones en torno a las propiedades fisicoquímicas que pueden estar presentes en el sustrato obtenido de la bioconversión de la pulpa de café a través de las larvas de mosca soldado negro con la finalidad de conocer todos los elementos presentes en el material estudiado y que de esta manera pueda ser aplicado a los diferentes cultivos de la zona cafetera con la certeza de que es un abono orgánico de excelente calidad que pueda mejorar las propiedades físicas del suelo como la textura, estructura, porosidad, aumentar la materia orgánica y contribuir a suplir los requerimientos nutricionales de los diferentes cultivos.

Durante el desarrollo de futuras investigaciones se pueden establecer diferentes diseños experimentales que permitan conocer el aporte nutricional que tiene la pulpa de café en diferentes tiempos de descomposición después de haber realizado el proceso de despulpado en comparación con la cereza de café fresca y la eficiencia de bioconversión de estos tratamientos al emplear las larvas de MSN.

Las entidades del gremio cafetero (FNC, Cenicafe), pueden difundir a todas las familias caficultoras las ventajas que representa el manejo de la MSN en la bioconversión de la pulpa de café, ya que durante un estudio realizado por cenicafe en el año 2019 pudieron determinar que las larvas de la MSN transforman correctamente este subproducto, además para los caficultores el uso de este díptero podría ser una alternativa muy interesante ya que aparte de reducir la cantidad y el volumen de pulpa de café generada en la fase de beneficio, se obtiene un abono orgánico de buena calidad y además las larvas se pueden utilizar para alimentación animal ya que contienen un alto porcentaje de proteínas y grasas, por estas razones las larvas de la mosca

soldado negro puede ser un gran atrayente por parte de los caficultores para el manejo de la pulpa de café.

Bibliografía

Aguilar, C., Alvarado, I., Martínez, F., Galdámez, J., Gutiérrez, A., y Morales, J. (2016).

Evaluación de tres tipos de abonos orgánicos en el cultivo de café (*Coffea arabica L.*) en etapa de vivero. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Central del Ecuador*, 3 (1), 011-020.

Cabrera, D., y López, A. (2021). *Evaluación de la larva de mosca soldado-negra (Hermetia illucens) como alternativa para la degradación de residuos sólidos urbanos*. [Tesis de pregrado. Fundación Universidad de América, Facultad de ingenierías]. Repositorio U. América.

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8329/1/6152687-2021-1-IQ.pdf>

Cerquera, O. Pérez, V. y Sierra, J. (2020). Análisis de la competitividad de las exportaciones del café del Huila. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Universidad de Nariño*, 2 (21) ,19-44.

Cheng J., Chiu S., y Lo I. (2017). Effects of moisture content of food waste on residue separation, larval growth, and larval survival in black soldier fly bioconversion. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28587803/>

Dortmans B., Egger J., Diener S., y Zurbrügg C. (2021). *Black soldier Fly biowaste processing: A step-by- step guide, second edition*. https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/schwerpunkte/swm/Practical_knowhow_on_BSF/BSF_Biowaste_Processing_2nd_Edition_LR.pdf

Docampo, R. (s.f). La importancia de la materia orgánica del suelo y su manejo en la producción frutícola. *Revista INIA las brujas*.

<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/1199/1/128221131113111309.pdf>

Félix, J., Sañudo, R., Rojo, G., Martínez, R., y Olalde, V. (2008). *Importancia de los abonos orgánicos*. Revista. Ximhai vol. 4. No 1, pp. 57-67.

https://www.researchgate.net/publication/28211184_Importancia_de_los_abonos_organicos

Garzón, M. (2022). Estrategias técnicas para el cultivo de café en Colombia dirigidas a pequeños productores. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD].

Repositorio institucional UNAD.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/50044/magarzonl.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Giraldo J., Rodríguez V., y Benavides M. *uso potencial de Hermetia illucens (Linnaeus)*

(Díptera: Stratiomidae) para transformación de pulpa de café: Aspectos biológicos.

Revista Cenicafé 70(2):81-90.2019

Guoa H., Jiangb C., Zhangb Z., y Lu W. (2021). Material flow analysis and life cycle assessment of food waste bioconversion by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.).

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720351858>

Hernandez R., y Mendoza C. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw Hill Education, Año de edición: 2018, ISBN: 978-1-4562-6096-5, 714 p.

ICA (2004). Resolución 00375 de 2004 por medio de la cual se dictan las disposiciones sobre Registro y Control de los Bioinsumos y Extractos vegetales de uso agrícola en Colombia.

Bogotá D.C.: Instituto Colombiano Agropecuario ICA.

<https://www.ica.gov.co/normatividad/normas-ica/resoluciones-oficinas->

nacionales/resoluciones-derogadas/resolucion-375-de-2004.aspx

Jaramillo G., y Zapata, L. (2008). Aprovechamiento de los residuos orgánicos en Colombia.

[Tesis de especialización. Universidad de Antioquia, Facultad de ingeniería]. Biblioteca digital udea.

<https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>

Mejía, S. (2018). *Manejo de aguas residuales provenientes del beneficio húmedo del café en la zona cafetera central de Colombia*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD]. Repositorio institucional UNAD.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/21180/42683065.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). Decreto 2667 de 2012 por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales.

https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=51042

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2011). Decreto 2811 de 1974 por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente. Bogotá D.C.: Ministerio del Medio Ambiente.

<https://justiciaambientalcolombia.org/wp-content/uploads/2014/04/decreto-ley-2811-de-1974.pdf>

Ministerio del Medio Ambiente (1997). Política Nacional de Producción más Limpia orientada hacia la prevención y minimización de los impactos y riesgos a los seres humanos y al medio ambiente. Bogotá D.C: Ministerio del Medio Ambiente.

<https://justiciaambientalcolombia.org/wp-content/uploads/2012/09/polc3adtica-nacional-de-produccic3b3n-mc3a1s-limpia2.pdf>

Ministerio del Medio Ambiente (1998). Política para la Gestión Integral de Residuos en la que se propone objetivos, estrategias y principios específicos con el objetivo de minimizar los riesgos que para el medio ambiente y las personas generan los residuos sólidos, es por esto por lo que solicitan iniciar el aprovechamiento eficiente de un gran porcentaje de residuos orgánicos como inorgánicos. Bogotá D.C.: Ministerio del Medio Ambiente.

https://archivo.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Polit%C3%ACcas_de_la_Direcci%C3%B3n/Pol%C3%ADtica_para_la_gesti%C3%B3n_integral_de__1.pdf

Montoya, V., Ordaz, V., Benedicto, G., Ruiz, A., y Arreola, J. (2021). Caracterización química y física de sustratos enriquecidos con minerales y composta. *Terra Latinoamericana*, 39, 1-10. e601. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57366066046>

Moreno, N., y Romero, A. (2016). Evaluación de diferentes métodos para la transformación de la pulpa de café en abono orgánico en fincas cafeteras. [Tesis de posgrado. Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas]. Repositorio U. Manizales.

https://ridum.umanizales.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12746/2620/1/Moreno_Nidia_2016.pdf

Muñoz, V. (2019). Rol de la materia orgánica en la calidad del suelo. [Tesis de pregrado. Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de ciencias agropecuarias]. Repositorio UTB. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6908/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000062.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Muñoz, L., y Parada, M. (2022). *Definición de las condiciones de operación para a producción de larva de mosca soldado-negra (Hermetia illucens)*. [Tesis de pregrado. Fundación Universidad de América, Facultad de ingenierías]. Repositorio U. América.

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8833/1/6162018-2022-1-IQ.pdf>

Novita, E. *Biodegradability Simulation of Coffee Wastewater Using Instant Coffee*. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2016; 9:217-29.

ONU. (2022). Objetivos de desarrollo sostenible.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Ospina, K., y Carrejo, N. (2021). Efficiency of Bioconversion of Coffee Pulpusing *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) Larvae. *Revista J. Trop. Agricola ciencia* 44 (1): 237-254.

[http://www.pertanika.upm.edu.my/resources/files/Pertanika%20PAPERS/JTAS%20Vol.%2044%20\(1\)%20Feb.%202021/14%20JTAS-2112-2020.pdf](http://www.pertanika.upm.edu.my/resources/files/Pertanika%20PAPERS/JTAS%20Vol.%2044%20(1)%20Feb.%202021/14%20JTAS-2112-2020.pdf)

Park, H. "Black Soldier Fly Larvae Manual" (2016). Student Showcase.14.

https://scholarworks.umass.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1015&context=sustainableumass_studentshows

Pinilla, J., Gutiérrez, L., Jaramillo, L., y Pérez, L. Propuesta para el aprovechamiento de los subproductos del café, por medio de la evaluación y selección de las alternativas existentes, ajustadas a las condiciones actuales de los 25 pequeños años caficultores líderes en 5 veredas del municipio de Isnos, Huila. [Informe técnico. Universidad Escuela de Administración de Negocios EAN, Especialización en Gerencia de Proyectos

Seminario de Investigación]. Repositorio U. EAN.

<https://repository.universidadean.edu.co/bitstream/handle/10882/10798/PinillaJaime2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ramos F. (2022). Compostaje pulpa de café, una alternativa de transición de los fertilizantes tradicionales a una agroecología. *Revista Agrícola Hábitat*.

https://www.researchgate.net/publication/361894839_compostaje_pulpa_de_cafe_una_alternativa_de_transicion_de_los_fertilizantes_tradicionales_a_una_agroecologia_coffee_pulp_composting_an_alternative_for_the_transition_from_traditional_fertilizers_to_an

Sadeghian, S. (2009). La materia orgánica en ecosistemas cafeteros de Colombia. En sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo & Centro Nacional de Investigaciones de café (Eds.), *Materia orgánica, biología del suelo y productividad agrícola. Segundo seminario regional comité regional eje cafetero (72-99)*. Cenicafé.

<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4204/1/cap4.pdf>

Serna, J., Torres, L., Martínez., K. y Hernández, M. (2018). Aprovechamiento de la pulpa de café como alternativa de valorización de subproductos. *Revista. ion.31* (1), 37-42.

Sheppard D., Tomberlin J., Joyce J., Kiser B., y Sumner S. (2002). Rearing Methods for the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Medical Entomology*, Volume 39, Issue 4, Pages 695–698.

<https://doi.org/10.1603/0022-2585-39.4.695>

Tomberlin J., y Sheppard D. (2002). Factors Influencing Mating and Oviposition of Black Soldier Flies (Diptera: Stratiomyidae) in a Colony. *Journal of Entomological Science*, 37, 345-352.<https://doi.org/10.18474/0749-8004-37.4.345>

Tomberlin J., Adler P., y Myers H. (2009). Development of the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) in Relation to Temperature. *Environ. Entomol.* 38(3): 930-934
<http://entomology.tamu.edu/forensicentomology/wp-content/uploads/sites/2/2016/11/Tomberlin-et-al-temperature-2009.pdf>