



**Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo**

**Producción de larvas de moscas (*Musca doméstica* L.) con diferentes dosis de cachaza y heces fecales porcinas**

**Autor: Dayani Quero Machado**

**Tutor: DrC Enrique Casanovas Cosío**

**Curso 2019 - 2020**

## RESUMEN

La investigación se realizó en patio sita en dirección Calle 89 número 1809 entre 18 y 20, en el barrio de Tulipán, en el período de 18 al 24 de enero del 2020. Para evaluar el rendimiento de diferentes proporciones de los sustratos de heces porcina y cachaza se construyó un moscario, donde en un diseño de bloques al azar con tres réplicas se evaluaron los siguientes tratamientos: Factor 1- cantidad de sustrato (cachaza y cerdaza, %), Factor 2- altura del sustrato en la magenta (tres y cinco, cm). Cada interacción se replicó tres veces. La dosis de cachaza y cerdaza se distribuyó desde 0, 25, 50, 75 y 100 %, siempre completando el 100 %. Cada sustrato fue humedecido con agua no clorada y removido durante el experimento. Se midieron las siguientes variables: temperatura (°C) dentro de cada sustrato en la mañana y la tarde, además se midieron los valores mínimos y máximos de la misma y de la humedad relativa en el moscario; Masa de los sustratos, Larvas de moscas, que se comenzaron a cosechar cuando apareció la primera pupa y rendimiento de larvas en área y por peso de sustratos. Se analizó la presencia de los patógenos Salmonella y Coliformes fecales. Los análisis estadísticos correspondiente (Anova) se realizaron para una P de 0.05, 0.01 y 0.001. No se encontró interacción entre el factor dosis de sustrato y altura de los mismos. Las temperaturas dentro de los sustratos siempre fueron superiores a la temperatura ambiente dentro del moscario. No se encontró interacción entre la altura de los sustratos y las proporciones de ellos para el rendimiento de larvas de moscas. La producción de larvas de moscas fue apta entre 12,20 °C y 33,50 °C. con valores siempre superiores dentro de los sustratos con respecto a la temperatura ambiente. Los valores de humedad relativa se encontraron como aceptables entre 42,00 % y 75,00 %, que permitieron con las temperaturas mencionadas anteriormente un desempeño de la reproducción de las larvas de moscas. No hubo diferencia entre los pesos de las larvas de moscas de acuerdo a las proporciones empleadas con el mayor rendimiento de las misma para las proporciones 75 % de heces fecales y 25 % de cachaza y 100 % de heces fecales. No se encontraron presencia de Salmonella spp. en los sustratos empleados a excepción de la cerdaza donde se encontró la presencia de coliformes fecales.

**Palabras claves:** *temperatura, peso, tratamiento, alimento*

## **ABSTRACT**

The research was carried out in a courtyard located at 89 street number 1809 between 18 and 20, in the Tulipán neighbourhood, in the period from 18 to 24 January 2020. To evaluate the performance of different proportions of porcine faeces substrates and filter cake a flycatcher was built, where in a randomized block design with three replicas the following treatments were evaluated: Factor 1- amount of substrate (filter cake and bristle, %), Factor 2- height of the substrate in magenta (three and five, cm). Each interaction was replicated three times. The dose of filter cake and bristle was distributed from 0, 25, 50, 75 and 100%, always completing 100%. Each substrate was moistened with non-chlorinated water and removed during the experiment. The following variables were measured: temperature (oC) within each substrate in the morning and afternoon, and its minimum and maximum values and relative humidity in the larval were also measured; Mass of the substrates, fly larvae, which began to be harvested when the first pupa appeared and larvae yield in area and by weight of substrates. The presence of the pathogens Salmonella and faecal coliforms were analysed. The corresponding statistical analyses (Anova) were performed for a P of 0.05, 0.01 and 0.001. No interaction was found between the substrate dose factor and their height. The temperatures inside the substrates were always higher than the ambient temperature inside the larval. No interaction was found between the height of the substrates and their proportions for the performance of fly larvae. The production of fly larvae was suitable between 12.20 oC and 33.50 oC. with always higher values within the substrates with respect to the ambient temperature. Relative humidity values were found to be acceptable between 42.00% and 75.00%, which allowed the reproduction performance of fly larvae with the aforementioned temperatures. There was no difference between the fly larvae weights according to the proportions used with the highest yield of flies for the proportions 75% of faeces and 25% of filter cake and 100% of faeces. No presence of Salmonella spp. in the substrates used except for the bristle where the presence of faecal coliforms was found.

**Keywords:** temperature, weight, treatment, food

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación a mi familia, en especial a mis padres por el sacrificio, apoyo incondicional y dedicación en todo momento para que se cumpliera uno de mis sueños.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, en principal a mis padres, a mi hermano, a mis tías por a ver jugado un papel importante en el trascurso de estos cinco años.

Al DrC. Enrique Casanovas Cosío, por su asesoría en el desarrollo de esta investigación, en la formulación de los resultados y por su apoyo incondicional para hacer realidad este sueño.

A todos mis compañeros de aula que contribuyeron de una forma u otra al desarrollo exitosa de esta investigación, en especial a Adrián Alejandro Rubier de la Rosa, Nelson Valladares Enriquez, Leonardo Mejías Seibanes que jugaron un papel importante para el logro de estos resultados.

A Miguel Antonio Silveira Caminero y familia por el apoyo brindado para la realización del experimento el cual fue satisfactorio.

Y a todas las personas que de una forma u otra me apoyaron y contribuyeron a mi formación como profesional y a ser mejor persona.

## **INDICE**

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	6
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y METODOS	18
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	23
<i>3.1 Comparación de la temperatura de los diferentes sustratos en el período de formación de larvas</i>	<i>23</i>
<i>3.2. Cuantificación de la producción de larvas en cada uno de los sustratos incluidos en la investigación.</i>	<i>34</i>
<i>3.3. Valoración de la inocuidad de los sustratos empleados y de las larvas de moscas producidas</i>	<i>37</i>
CONCLUSIONES.....	39
RECOMENDACIONES .....	40
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA .....	41
ANEXOS	52

## INTRODUCCIÓN

A medida que pasan los años se incrementan los problemas relacionados con las crisis alimentarias. Cada vez la raza humana va aumentando su número de población sobre la Tierra, mientras los recursos vegetales son más escasos. Si la tendencia continúa en las próximas décadas, la situación puede volverse insostenible (Viñeta Valdelvira, 2017).

El reto de alimentar a la población mundial sólo puede ser resuelto mediante un aumento de la producción mundial del 70 al 100% para el año 2050. Este aumento de la producción requiere la mejora de la eficiencia y rentabilidad de los sistemas de producción de alimentos con un efecto mínimo sobre el medio ambiente Berg, De Noblet-Ducoudré, Sultan, Lengaigne, & Guimberteau (2013). Por lo tanto, es necesario mejorar la utilización de recursos limitados, como la tierra y el agua, y se debe investigar extensamente sistemas de producción sostenibles para disponibilidad de alimentos a nivel global (Dar & Gowda, 2013).

La demanda de alimentos a nivel mundial está sufriendo cambios nunca vistos con anterioridad. Las tendencias en dichos cambios involucran dietas con elevado consumo de alimentos de origen animal, como carne y pescado, lo que conlleva a un enorme aumento de la demanda de materias primas necesarias para fabricación de piensos (Da Silva, Baker, Shepherd, & Da Cruz, 2013); (Rubio, 2015). El crecimiento constante de la población mundial está provocando una presión cada vez mayor sobre los sistemas ganaderos, comprometiendo su capacidad para asegurar la seguridad alimentaria a escala global (FAO, 2018). La sociedad busca innovación en los productos alimenticios ya presentes en el mercado, exige productos novedosos o fuera de lo común, y, sobre todo, busca productos que contribuyan a la mejora o mantenimiento de la salud. En este caso, los insectos pueden tener un fuerte impacto en la alimentación del futuro, puesto que se presentan con múltiples beneficios, tanto nutricionales como ambientales (Pino, 2018).

Cada día se hace más difícil la obtención de proteína tanto animal como vegetal, debido al deterioro ecológico provocado en gran medida por la actividad antrópica, por lo que es necesario buscar fuentes alternativas de proteína, de fácil obtención, a corto plazo y

con un bajo costo de producción. En tal sentido, existe una necesidad urgente de aumentar el suministro de proteínas sostenibles para su uso en la alimentación animal y el uso de proteínas de insectos proporcionará una alternativa potencial.

Las predicciones anteriores centran el foco en los insectos como una fuente potencial de proteínas para el consumo animal o humano. El uso de insectos comestibles como fuente sostenible de proteínas ha sido promovido recientemente por la FAO, ya que los insectos comestibles siempre han sido parte de la dieta humana que representa aproximadamente 2.000 especies comestibles (Van Huis et al., 2013).

Por su parte, Halloran, Roos, Eilenberg, Cerutti, & Bruun (2016) consideran, que los insectos son una fuente potencial para la producción convencional de proteínas, ya sea para consumo humano directo, o indirectamente en nuevos alimentos elaborados a partir de proteínas de insectos; y como una fuente de proteína en la mezcla de materias primas para piensos.

Estos presentan necesidades nutricionales semejantes a las de animales superiores, excepto que aquellos requieren esteroides. Muchas especies de insectos sobreviven con varios tipos de alimentos y en este caso pueden modificar su tasa de crecimiento en función de la calidad del mismo, en especial del contenido proteínico (Zanuncio, Saavedra, Zanuncio, & Santos, 1996).

El hombre ha estudiado a los insectos por ser los organismos más diversos de la tierra, con capacidad de sobrevivir a diferentes hábitats, adecuando sus sistemas biológicos y químicos a diversas fuentes de alimentos, permitiéndoles de esta manera producir gran cantidad de nutrientes que pueden ser consumidas por el hombre (Andrango, 2015).

Entre los insectos que podrían utilizarse como fuente de nutrimentos en la alimentación animal se encuentra la mosca doméstica (*Musca domestica* L.), cuya larva presenta varias características que la hacen adecuada a tales efectos. Dicha larva ha sido utilizada en algunos lugares del mundo desde hace más de dos décadas como alimento animal, fundamentalmente en forma de harina de larvas y pupas (Martínez & Sosa, 1993). Por otra parte, Teotia & Miller (1974) plantean que las harinas de larvas y pupas han sido consideradas por su alto valor nutricional como una fuente de proteína comparable con las harinas de carne y pescado.

Además, la larva se puede desarrollar en una variedad de sustratos como las excretas de los animales, donde ejerce transformaciones importantes, como una reducción considerable de la humedad y del olor desagradable característico de las excretas frescas (Teotia & Miller, 1973); (Teotia & Miller, 1974); (Miller, Teotia , & Thatcher, 1974).

La digestión biológica de los residuos animales por las larvas de las moscas común y la del soldado negro, es una forma económica de suministrar material de alto valor proteico a las aves de corral, que puede ayudar a su sostenibilidad (Velmurugu , 2013). Por otra parte, Casanovas & Rodríguez (2016) señalan resultados positivos de la inclusión de un 10 % de sustratos biotransformados por larvas de moscas en la dieta de pollos camperos.

Hasta el año 1999, no se ha reportado la presencia de Salmonella spp., coliformes fecales y mesófilos aerobios en las larvas de mosca común empleadas en la alimentación de gallinas, aunque el recuento de microorganismos mesófilos y clostridios es encontraba dentro de los rangos permitidos (ICA, 1999). En estudios efectuados con insectos, la cutícula que recubre su cuerpo posee sustancias antibacteriales y por ello las posibilidades de microorganismos patógenos reproducirse y sobrevivir son limitadas (Ramos J. , 2003).

Las larvas de mosca saprófagas pueden transformar una amplia gama de desechos orgánicos en productos valiosos. Esta tecnología puede ser la herramienta principal para enfrentar los principales desafíos de este siglo: el reciclaje de productos orgánicos y la producción de nuevas fuentes de proteínas. Sin embargo, aún se deben enfrentar algunos desafíos importantes relacionados con la cría artificial que se necesitan ser resueltos. Se deben estudiar la importancia de factores abióticos como: temperatura, humedad, naturaleza y estructura de los desechos, composición química y otros, fundamentalmente a escala de laboratorio, pero especialmente a escala semiindustrial (Pastor, Velasquez, Gobbi, & Rojo, 2015).

Varios desechos orgánicos han sido citados en la literatura como atractivos de moscas, presentando gran efectividad el estiércol animal principalmente de cerdo y pollo. En un sistema de ovoposición natural para la producción de larvas de mosca, el

rendimiento dependerá en gran medida de la calidad y atractivo del sustrato (Ossey, Koumi, Koffi, Atse, & Kouame, 2012). El estiércol de cerdo y el estiércol de pollo muestran potencial para la producción de larvas de mosca doméstica (Ganda, Zannou-Boukari, Kenis, C.A.A.M. , & G.A., 2019). Estos sustratos rara vez han sido comparados por su desempeño en sistemas de ovoposición natural y los pocos estudios disponibles han proporcionado resultados muy variables (Koné, Sylla, Nacambo, & Kenis, 2017).

Un sustrato no evaluado para la producción de larvas de insectos es la cachaza, que es un derivado del aprovechamiento industrial de la caña de azúcar (*Sacharum officinarum* L.). La cachaza, un material marrón oscuro, constituido por una mezcla de fibra de caña, sacarosa, coloides coagulado, incluyendo la cera, fosfato de calcio y partículas de suelo. Es un residuo de la industrialización de la caña de azúcar, compuesto por sacarosa, azúcares simples, coloides coagulados, cera, fibra de caña, partículas de suelo y una importante presencia de elementos minerales. Dentro de los macroelementos primarios predominan el fósforo y el nitrógeno (entre 2-3 % en base seca) con respecto al potasio (0,5% en base seca) (López R. , 1986); (Arzola, Herrera, & De Mello, 2013).

Teniendo en cuenta el valor biológico de las heces fecales de los cerdos que, en combinación con la cachaza con muy bajo valor biológico y precio muy barato, pero en proporciones adecuadas puede constituir un sustrato para la producción de larvas de moscas. Además, no se conoce la altura adecuada del sustrato para la producción de larvas de moscas.

**Por lo que se propone el siguiente problema científico:**

¿Cuál será la proporción de cachaza y heces fecales de cerdo con la altura más eficiente para la producción de larvas de moscas?

**La hipótesis sería la siguiente:**

La mayor proporción de heces fecales porcina con la mayor altura del sustrato ofrecerá el mayor rendimiento de larvas de moscas.

**Objetivo General**

Comparar la eficiencia de diferentes proporciones de heces fecales porcina y cachaza a diferentes alturas para la producción de larvas de moscas.

**Objetivos específicos**

1. Comparar la temperatura de los diferentes sustratos en el período de formación de larvas.
2. Evaluar la producción de larvas de moscas en cada uno de las proporciones con diferentes alturas del sustrato incluidos en la investigación.
3. Evaluar la presencia de patógenos en los sustratos empleados.

## **CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **1.1 Situación de producción de alimentos a nivel mundial**

Las tendencias predicen un aumento constante de la población para llegar a nueve mil millones de personas en 2050 obligando a un incremento en la producción de alimentos y piensos que pueden afectar a los ecosistemas agrícolas lo que resulta en una presión aún mayor sobre el medio ambiente que la actual. Esto está creando una demanda cada vez mayor de alimentos y colocando así una presión sustancial sobre la industria alimentaria para proveer a la población humana. La consecuencia será la escasez de tierra para el cultivo, el agua, los bosques, la pesca, los recursos de la biodiversidad, así como los nutrientes y las energías no renovables (Van Huis et al., 2013).

El reto de alimentar a la población mundial sólo puede ser resuelto mediante un aumento de la producción agrícola mundial del 70 al 100% para el año 2050. Este aumento de la producción requiere la mejora de la eficiencia y rentabilidad de los sistemas de producción de alimentos con un efecto mínimo sobre el medio ambiente. Por lo tanto, es necesario mejorar la utilización de recursos limitados, como la tierra y el agua, y se debe investigar extensamente sistemas de producción sostenibles para contrarrestar los efectos adversos del cambio climático para proporcionar y sostener la disponibilidad de alimentos a nivel global (Dar & Gowda, 2013).

Las predicciones anteriores centran el foco en los insectos como una fuente potencial de proteínas para el consumo animal o humano. El uso de insectos comestibles como fuente sostenible de proteínas ha sido promovido recientemente por la FAO, ya que los insectos comestibles siempre han sido parte de la dieta humana que representa aproximadamente 2.000 especies comestibles. Los insectos tienen altas eficiencias de conversión alimenticia y actúan como biotransformadores, convirtiendo los residuos orgánicos en larvas, prepupas y pupas de alto valor nutricional. (Diener, Zurbrugg, & Tockner, 2009)

### **1.2 Los insectos como fuente de alimentos**

Diversos estudios han demostrado que los insectos están compuestos de los mismos componentes encontrados en las carnes de vertebrados de amplio consumo como bovinos, cerdos, aves y pescado. Una de las principales diferencias es el valor nutritivo. De hecho, los insectos contienen alta cantidad de proteínas, lípidos, minerales y vitaminas. Una gran variedad de insectos estudiados son clasificados como concentrados proteicos, pues presentan valores de 9.45% hasta 81%, el porcentaje de proteína dependerá del insecto y estado de desarrollo en que se encuentre. La digestibilidad tanto in vitro como in vivo, está por encima del 60%, oscilando del 64 al 87%. Es evidente que el exoesqueleto quitinoso no es digerible, pero éste constituye apenas una pequeña parte de la biomasa total y no afecta sensiblemente el valor nutritivo (Icú, 2017).

### **1.3 Los insectos como alternativa para la producción de piensos**

Según la Federación Internacional de Industrias de Piensos, la producción de piensos animales a escala mundial alcanzó un total de 1070 millones de toneladas métricas en el 2017, con un crecimiento de la industria de alimentación del 13 % en los últimos 5 años (Alltech, 2018).

Los insectos pueden complementar las fuentes tradicionales de piensos como la soja, el maíz, los cereales y la harina de pescado. Los insectos que poseen el máximo potencial inmediato para la producción de piensos a gran escala son las larvas de la mosca soldado negro, de la mosca doméstica y del gusano de la harina, pero se están investigando otras especies de insectos con este fin. Productores en China, Sudáfrica, España y los Estados Unidos ya están criando grandes cantidades de moscas para la acuicultura y produciendo piensos para aves de corral, a partir de la bioconversión de residuos orgánicos (FAO, 2013).

La ONU, a través de la FAO (Food and Agriculture Organization), un organismo especializado dentro de la propia ONU, presenta los insectos como la alternativa de futuro más viable en lo que respecta a alimentación para combatir el azote de la sobrepoblación. Se prevé que en el año 2050, el planeta Tierra estará habitado por aproximadamente 10 mil millones de personas, por lo que, si la situación no cambia, los recursos de los que se dispondrán no darán para alimentar a tal cantidad de seres

humanos. Los argumentos elaborados por la FAO para la introducción de los insectos en la alimentación pueden resultar extremadamente convincentes. A continuación se citan los más importantes:

1. Los insectos presentan una gran eficiencia en lo que se refiere a la conversión de alimento a peso vivo. Esto se debe a que los insectos son animales de sangre fría. De media, los insectos son capaces de convertir 2 kg de alimento en 1 kg de peso vivo, es decir, un rendimiento del 50%. Por el contrario, con los métodos de ganadería intensiva, los animales como el ganado vacuno necesitan de medio 8 kg de alimento para aumentar 1 kg su peso vivo.

2. Los insectos producen muchos menos gases de efecto invernadero que el ganado convencional. Si tomamos el ejemplo de los cerdos, éstos producen entre 10 y 100 veces más emisiones por kilogramo de peso vivo que lo que puede generar un insecto.

3. Otra de las grandes ventajas es que los insectos son capaces de alimentarse de restos biológicos como residuos alimentarios tanto de origen animal como humano. Pueden transformar productos como el abono o el estiércol en proteína de alta calidad, que posteriormente puede utilizarse como piensos.

4. Los insectos tienen unas necesidades de agua muy inferiores a las del ganado tradicional. Algunas especies como el gusano de la harina son más resistentes a la sequía que el ganado.

5. La cría de insectos depende en menor medida de la tierra que los animales de la ganadería tradicional.

6. Los insectos aportan proteínas y nutrientes de mayor calidad que las de la carne y el pescado. Son importantes para combatir la malnutrición, especialmente en niños, gracias a su elevado contenido en ácidos grasos. Además, también son ricos en fibra y micronutrientes como el cobre, hierro, magnesio, fósforo, manganeso, selenio y cinc.

7. Suponen un riesgo reducido de transmisión de enfermedades zoonóticas (enfermedades transmitidas de animales a humanos), como son la gripe aviar o la

enfermedad de las vacas locas. Sin embargo, sí que hay que tener en cuenta el riesgo de alergias, como las que sufren algunas personas a los crustáceos.

8. Otros beneficios sociales, como es la generación de puestos de trabajo y oportunidades empresariales, o la facilidad de los insectos para ser consumidos de muy diferentes formas (enteros, harinas de insectos, pastas...) (Viñeta, 2017).

#### **1.4 Las moscas en el mundo**

Expone Villavicencio (2017) que en todo el mundo el crecimiento urbano es cada vez más acelerado y en la mayoría de casos es desordenado, con consecuencias graves en la salud pública por la proliferación de insectos vectores, plagas, roedores y otros reservorios de enfermedades, por falta de infraestructura básica y por la costumbre rural de criar animales en las casas, pero con reducido espacio y falta de aseo adecuado. Los múscidos sinántropos son considerados una plaga importante por ser vectores de muchas enfermedades para el ser humano e incluso animales, siendo directamente proporcional el número de moscas presentes con las enfermedades diarreicas, con consecuencias económicas graves (Villavicencio, 2017).

#### **1.5 Clasificación taxonómica de la mosca doméstica**

**Reino:** Animal

**Phylum:** Artrópoda

**Clase:** Insecta

**Subclase:** Pterigota

**Orden:** Díptera

**Suborden:** Cyclorrhapha

**Familia:** Muscidae

**Género:** Musca

**Especie:** Doméstica (Villegas , 2017).

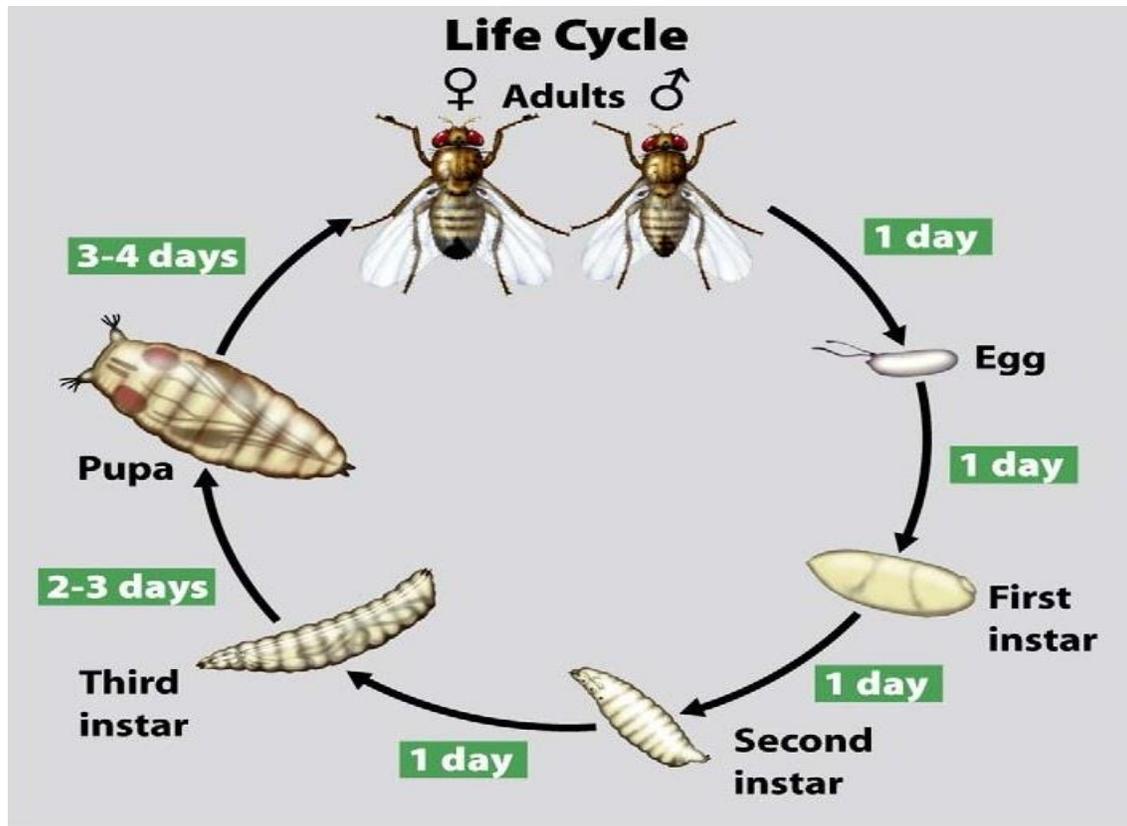
#### **1.6 Hábitats**

La mosca casera es el díptero más asociado con el ser humano, es uno de los insectos presentes en todas partes del mundo hay registros fósiles de 250 millones de años, exceptuando el Ártico, el Antártico y sitios de extrema altitud, las moscas domésticas, fácilmente se adapta a las condiciones de vida del ser humano, provocando a su vez que se convierta en una amenaza más que cualquier otra especie por la facilidad de transmitir enfermedades (Fernández, 1999).

Según (Schlapbach, 2016) en el mundo hay alrededor de 90 000 especies de dípteros entre moscas y mosquitos, los mismos que tienen dos características principales que los hacen diferenciar de los demás insectos, a.- solo tienen un par de alas y b.- tienen un par de balancines atrás de las alas. La descripción breve de la anatomía de las moscas adultas es:

- Cabeza, presentan grandes ojos compuestos y un par de antenas, el aparato bucal puede ser para remojarse, raspar o chupar.
- Tórax, el mesotórax es más grande que el protórax y el metatórax, ya que ahí están los balancines y las alas con sus poderosos músculos.
- Abdomen, tiene de cuatro a nueve segmentos usualmente y están sus órganos genitales.

### **1.7 Ciclo de vida**



**Figura 1.** Ciclo de vida de la mosca doméstica (Anónimo, 2019).

La metamorfosis de las moscas es completa: huevos, larvas, pupas y adultos, la alimentación de las larvas y los adultos es diferente al ocupar diferentes medios de vida, las pupas son inactivas pues permanecen en una fuerte envoltura llamada pupal o pupario. El ciclo de vida completo depende de los tipos de especies y sobre todo de la temperatura ambiental y otras condiciones ambientales, acelerando o retardando su ciclo según los tipos de hábitat disponibles que la madre haya elegido para ovipositar. En verano el ciclo de vida de las moscas domésticas es de ocho a veinte días, las hembras comienzan a ovar de cuatro a veinte días de llegadas a la adultez, poniendo de cinco a seis veces en su tiempo de vida promedio. Eclosionan de doce a veinte y cuatro horas de la postura en sitios oscuros, desarrollándose una larva que se alimenta vorazmente de la materia alimenticia, pasando por tres etapas larvales que dura de tres a veinte y cuatro días, pero en temporadas cálidas es de cuatro a siete días para convertirse en pupas, estas demoran de tres a cinco días en eclosionar si la temperatura es cálida y varias semanas en caso de bajas temperaturas, los adultos

eclosionados demoran hasta quince horas para su total actividad y de inmediato pueden (Villavicencio, 2017).

### **Huevo:**

Es de color blanco, elíptico, de aproximadamente 1 mm de longitud por 0,26 mm de anchura, con ambos extremos arromados, y la parte anterior ligeramente ahusada. La eclosión de la larva se produce a través de una fisura en el lado dorsal del huevo (Novartis, 2006).

### **Larva**

Una vez emergida, la larva penetrará rápidamente en el material de cría sobre el que fue depositado el huevo. Para ello utiliza los 2 grandes ganchos de su boca, con los que se rasga y afloja las materias alimenticias. Casi cualquier clase de materia orgánica, húmeda y cálida, puede suministrar alimento adecuado a las larvas. Carece de ojos y apéndices, aunque se observan algunas crestas espinosas ventrales que facilitan la locomoción. Las larvas presentan 13 segmentos, aun que los 2 primeros aparecen parcialmente fusionados, de modo que solo se ven 12. A través de la cutícula es posible ver algunos de los órganos internos. Cuentan con 2 espiráculos en la parte anterior que son aberturas que permiten la entrada de aire en el sistema respiratorio de la larva. Los espiráculos posteriores presentan una forma característica. Presentan 2 ganchos que funcionan como mandíbulas para su alimentación (Faz & Menses, 2007).

### **Pupa**

En el proceso de pupación se presenta una concentración general de la larva dentro de su propio tegumento, de modo que se convierte en un pupario cilíndrico de aproximadamente 6,3 mm de longitud. El pupario va oscureciéndose gradualmente hasta adquirir un intenso color marrón oscuro. Este consta de tres etapas larva 1, larva 2, larva 3, necesitando una humedad del sustrato entre 80% y 90% (Novartis, 2006).

### **Adulto**

La mosca adulta mide de 6-9 mm de longitud tienen el cuerpo dividido en 3 (cabeza, tórax y abdomen). En la cabeza, gran parte está ocupada por los ojos. Las hembras tienen los ojos más separados (dicoptia) que el macho (holoptia). El tórax, es color gris,

con 4 rayas, en la parte dorsal, presentan 3 pares de patas y un par de alas completamente desarrolladas. Las hembras son más grandes y pueden extender la punta del abdomen para formar un ovopositor para poner los huevos (Schlapach, 2007).

### 1.8 Alimentación de las moscas

Las moscas se desarrollan perfectamente en la biocenosis artificial humana, donde la basura, desechos orgánicos, heces, drenajes, etc. sirven para que los estados inmaduros se desarrollen y los adultos se alimenten, unido a esto que las moscas tienen un comportamiento endofílico (alternancia de estar en las heces y la comida), con su gran capacidad de vuelo y más las tres formas de transmitir patógenos, son los vectores perfectos de las enfermedades (Villavicencio, 2017).

A las moscas les atrae mucho las heces y las materias en descomposición, así como los alimentos de los humanos, buscando una amplia variedad de alimentos, equilibrando su dieta, el alimento debe ser líquido o fácilmente diluible por su saliva, debe tener azúcar y almidones, siendo indispensable el agua para su supervivencia, así como proteína para la producción de huevos, comen dos o tres veces al día y según la calidad de esta es su longevidad (Fernandez, 1999).

### 1.9 Aportes nutricionales de la larva de mosca

Tal y como aparece en la Tabla 1, las larvas de moscas caseras son muy ricas en proteína bruta y en aminoácidos esenciales por lo cual se pueden utilizar como sustituyentes de la harina de pescado en las dietas (30 a 45 % de PB). Los lípidos son otros nutrientes que aportan las larvas de moscas en cantidades elevadas (9 a 26 %) lo que les permite suministrar cantidades importantes de energía metabolizable (EM) y ácidos grasos esenciales unidos a un balance apropiado de minerales y vitaminas (Rivera, Díaz, & Díaz, 2018).

**Tabla 1. Composición nutricional de larva de mosca domestica**

<b>ANÁLISIS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>% B.S</b>
Materia seca	% fresco	100
Proteína bruta	% MS	48.2

Fibra cruda	% MS	8.3
Cenizas	% MS	5.5
Calcio	g/kg MS	4.7
Fosforo	g/kg MS	16

Fuente: (Rivera, Díaz, & Díaz , 2018).

### 1.10 Riesgo del uso de la mosca doméstica

La *Musca domestica* L., es un vector mecánico eficiente de agentes etiológicos en el hombre y los animales en condiciones naturales, en producciones animales puede llegar a ser un problema en el manejo de la unidad causando deterioro en la eficiencia del hato e incluso transmitir agentes patógenos como bacterias (*Escherichia coli*) y virus (PRRS) en animales y son responsables de las principales enfermedades que afectan en las explotaciones (Martínez-Alba, Arriola-Mosqueda, & Angel Sahagún, 2015).

Los citados autores plantean como medidas de reducción de plagas de este insecto en las unidades de producción animal, la utilización de productos químicos, como piretroides, organofosforados entre otros; estos hoy en día, se ha encontrado que son efectivos pero a su vez, generarán desventajas como: intoxicaciones e incluso generar resistencia de los insectos. Por lo anterior la comunidad científica busca métodos alternativos de control de plagas y el uso del control biológico tiene relevancia, en dicho tipo de control se puede utilizar: parásitos, depredadores que suelen ser insectos o ácaros y entomopatógenos que pueden ser bacterias, virus, protozoos y hongos.

### 1.11 La caña de azúcar y la cachaza

La planta de caña está constituida por una fracción soluble de azúcares y otra insoluble de compuestos estructurales como son la celulosa, hemicelulosa y lignina. Posee muy bajo contenido de proteína. Debido a su grado de lignificación y rigidez, requiere de cierto grado de elaboración o molienda por medio de un trapiche, para separar la parte soluble de la insoluble y darle un uso más eficiente. El primer producto de la molienda de la caña es el jugo o guarapo. Puede ser extraído mediante un solo paso del tallo en un trapiche artesanal o a través de la molienda industrial cuando al ser pasada por cuatro o cinco molinos y adicionándose agua de imbibición, se logra aumentar el grado

de extracción de los azúcares hasta una proporción de 0.97. El jugo tiene de 16 a 20% de materia seca y está constituido principalmente por sacarosa y azúcares reductores como la glucosa y fructuosa. Su contenido de proteína es despreciable (Sarria, Solano , & Preston, 1990)

Según refieren Contreras, López, & Romero (2006), millones de toneladas de residuos sólidos son producidos en la actualidad y solo una pequeña parte se utiliza para la producción de energía; el resto contamina el medio ambiente. Es por ello que se impone la necesidad de estudiar estos residuos y aplicar métodos alternativos que contribuyan a mejorar la eficiencia del proceso de estabilización de los mismos (Contreras, López, & Romero, 2006).

La cachaza o torta de filtro es el principal residuo de la industria del azúcar de caña, produciéndose de 30 a 50 Kg. por tonelada de materia prima procesada, lo cual representa entre 3 y 5 % de la caña molida. Este porcentaje y su composición varían con las características agroecológicas de la zona, con el cultivar cosechado, eficiencia de fábrica, método de clarificación empleado, entre otros factores. Esta por su alto contenido de materia orgánica insoluble 85 % (Ríos Obregón, et al., 2018).

Los autores citados anteriormente expresan que a pesar de los múltiples usos que tiene la cachaza, permanecen grandes cantidades de este residuo sin ser utilizadas lo cual trae como consecuencia serios problemas de contaminación en las zonas destinadas a su deposición y solo una pequeña parte recibe algún tipo de tratamiento. Un método efectivo y práctico que se aplica es someter este residual a deshidratación por calor, obteniendo como resultado un material más estable y de fácil manejo llamado melote

### **1.12 Proceso de clarificación**

El proceso de clarificación tiene como objeto principal, la purificación del jugo que sale de los molinos, como una mezcla compleja de los componentes de la planta de la caña. El método más antiguo de clarificación es el que se realiza, con cal y calor, el cual es conocido como proceso de defecación simple y se efectúa antes del concentrado del jugo por evaporación. En la clarificación se elimina la cantidad máxima de impurezas del jugo, añadiéndole la cal suficiente para neutralizar los ácidos orgánicos que contiene y evitar así la inversión de la sacarosa; además de provocar la precipitación de

las impurezas. El tratamiento a base de cal y calor hace que se efectúe, en el jugo, una separación en 3 capas; las sustancias menos densas, las cuales flotan; las más densas, que se asientan en el fondo en forma de precipitado, y la porción central del jugo, que queda más o menos clara.

### **1.13 Tratamiento de la cachaza**

El guarapo claro, que comprende 80 ó 90 del jugo original, casi siempre va a los evaporadores, sin más tratamientos, mientras que la cachaza se filtra, se diluye, se deja que sedimente y se decanta. Con el fin de ayudar a la filtración, la cachaza es mezclada con bagacillo, en proporciones no exactas, sino a consideración del técnico, esto constituye una de las razones de la variabilidad en la composición de la cachaza. El bagacillo para esta mezcla se obtiene por tamizado o separación por aire. La sedimentación se propicia alcalinizando la cachaza a un pH entre 8,0 y 8,5; aunque hay quien prefiere no alcalinizar para evitar las reacciones colaterales que se producen. Los filtros rotatorios al vacío (tipo Oliver-Cambell), han sustituido los filtros prensas existentes, desde principios de siglo, y son los encargados de recuperar, mediante un proceso continuo, la mayor cantidad de azúcar de la cachaza. Consisten en un tambor cubierto por láminas de metal perforadas, que gira y se le aplica succión, lo que hace que se forme una torta sobre la superficie. Esta torta se lava y se desprende, adecuadamente, bien raspándola o descargándola por la tela filtrante, según sea el método que se emplee. Las ventajas fundamentales del empleo de los filtros rotatorios es que, además de propiciar la filtración mediante un proceso continuo, son más eficientes y permiten simplificar la estructura administrativa de la empresa, con el consiguiente ahorro de trabajo (López , 1986).

En cuanto a las características físico-químicas de la cachaza, en la Tabla 2 se muestran las mismas.

**Tabla 2. Características físico-químicas de la cachaza**

<b>Características</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cachaza</b>
pH	--	7.01

CE	dS m <sup>-1</sup>	1.45
Materia Orgánica	%	58.45
N	%	0.29
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0.52
K <sub>2</sub> O	%	0.39
CaO	%	3.72
MgO	%	1.06
Humedad	%	65.74
Na	%	0.06

**Fuente:** (Quintanilla, 2019).

La cachaza tiene altos contenidos de carbono orgánico, fósforo, calcio y en menores cantidades nitrógeno, de tal manera que es un material utilizado en la fertilización y mejoramiento de los suelos agrícolas, pero también puede tener otros usos como la producción de larvas (Pérez, 2003).

#### **1.14 La cerdaza como fuente de cría para la mosca doméstica**

Los residuales porcinos se componen fundamentalmente de excretas, orina y en menor cuantía de desechos de alimentos, pelos y restos de metabolismo. La excreta del cerdo (cerdaza o porquinaza) es obtenida mediante el siguiente proceso: excretas, orina, agua y residuos alimenticios son canalizados en una fosa común, posteriormente, se separan los líquidos y el residuo sólido en el separador de sólidos y los líquidos sobrantes son vertidos a una laguna de oxidación (Soto, 2012).

Existen diferencias en la composición de la cerdaza según la etapa productiva y el método de recolección y procesamiento. La cerdaza proveniente de animales de pesos inferiores (inicio, desarrollo y engorde) presentan un mayor contenido de proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), carbohidratos no estructurales (CNE) y energía y un menor contenido de cenizas, calcio, fósforo, que la porquinaza de los animales reproductores (gestantes y lactantes) como consecuencia de diferencias en la composición de la dietas y a una menor utilización de los nutrimentos de la dieta por parte de los cerdos jóvenes. Los mayores valores de FND y FAD observados en la porquinaza de gestación

son debidas principalmente a un incremento en el nivel de fibra en la dieta de estos animales. En cuanto a contenido de aminoácidos hay estudios que indican que el estiércol es rico en lisina y otros aminoácidos esenciales, que se muestra en la siguiente tabla (Alvaro, 2016).

**Tabla 3. Composición nutricional de la cerdaza**

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>
Humedad	7,99%
Materia Seca	92.01%
Cenizas	18.25%
Extracto Etéreo	6.95%
Proteína cruda	23.26%
Fibra cruda	13.72%
Extracto libre de Nitrógeno	29.83%

**Fuente:** (Alvaro, 2016).

La cachaza en combinación con las heces fecales de cerdos puede construir un sustrato eficiente y de bajo costo para la producción de larvas ya que estos son dos productos que se dan en grandes cantidades y la mayoría de las veces no son utilizadas.

## CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización de la investigación

La investigación se realizó en patio sita en dirección Calle 89 número 1809 entre 18 y 20, en el barrio de Tulipán, en el período de 18 al 24 de enero del 2020.

### Características del moscario

Se construyó una nave con techo de zinc de 3.80 m de largo por 2.72 m de ancho y 2.05 m de altura. A la altura de 1.20 m se localizaron ventanas rodeadas con malla antiáfido (3 mm), que permitieran el acceso de los insectos.

La meseta de 1.0 m x 1.20 m a una altura de 1.0 m. dentro del moscario, que tenía una capacidad para 60 magentas de propileno, cada una de 95 cm<sup>2</sup> de área y una altura de 5 cm.

### Diseño experimental

Se estableció un diseño bifactorial completamente aleatorizado con los siguientes factores: Factor 1- cantidad de sustrato (cachaza y cerdaza, %), Factor 2- altura del sustrato en la magenta (tres y cinco, cm). Cada interacción se replicó tres veces. La dosis de cachaza y cerdaza se distribuyó desde 0, 25, 50 ,75 y 100 %, siempre completando el 100 %.

Tratamiento	Sustrato (cerdaza + cachaza). %	Altura. cm
A	0+100	3
B	25+75	3
C	50+50	3
D	75+25	3
E	100+0	3
F	0+100	5
G	25+75	5
H	50+50	5
I	75+25	5
J	100+0	5

La distribución en la meseta se muestra en la siguiente figura 2:

A	B	C	D	E
B	C	D	E	A
D	E	A	B	C
F	G	H	I	J
G	H	I	J	F
H	I	J	F	G

Figura 2. Distribución aleatoria de los magentas en la meseta

### **Preparación y mantenimiento de los sustratos**

La cerdaza empleada en cada sustrato, se tomó directamente de los corrales de cerdos, en la fase de ceba (engorde), de animales que estarán clínicamente sanos y alimentados con concentrados porcinos conformados por maíz y soya. Aquí es donde va como se obtiene la cerdaza

La cachaza se obtuvo del central Caracas, del municipio de Lajas, de un plato exterior, de la zafra del año 2019.

Previamente cada sustrato fue secado al sol en un área de secado cubierta con una malla metálica para evitar la contaminación por insectos. Se estableció como lista para el experimento cuando los sustratos, estaban secos, al tacto con la mano.

Cada sustrato fue humedecido con agua potable no clorada, hasta formar una mezcla homogénea semisólida. La adición del agua se hizo todos los días en el horario de la mañana (08:00 a 09:00 H) y de la tarde (17:00 a 18:00 H). Además, se removieron diariamente todos los sustratos después de humedecidos los mismos. Se midió la cantidad de agua para cada sustrato a emplear el primer día, medida en ml.

## **Mediciones realizadas**

Para cada réplica de cada tratamiento se tomaron las siguientes mediciones en horario de la mañana (08:00 a 09:00 H) y de la tarde (17:00 a 18:00 H):

## **Comparación de la temperatura de los diferentes sustratos en el período de formación de larvas**

- Temperatura: se midió la temperatura presente en cada sustrato, por un termómetro marca Skalenwert 0,5 K PGW 002.
- Con un termo higrómetro digital se midió la temperatura ambiente dentro del moscario, y las temperaturas mínimas y máximas 12 horas anteriores a la toma de muestra y las respectivas humedades relativas.

## **Evaluación de la producción de larvas de moscas en cada uno de las proporciones con diferentes alturas del sustrato incluidos en la investigación**

- Masa de los sustratos. Cada sustrato se pesó (g), en una balanza digital con un margen de error de cinco gramos, antes de montar el experimento.
- Larvas de moscas. Las larvas se comenzaron a cosechar cuando apareció la primera pupa. Luego de cosechadas se procedió al conteo de las mismas para cada sustrato. De cada conteo se tomaron 20 larvas al azar, mayores de 5 mm, replicadas tres veces para conocer el peso de una larva, en una balanza analítica marca Acculab Sartoni Group. Las larvas se trasladaron en un pote individual con un mínimo de sustrato hasta el laboratorio, para evitar la deshidratación de las mismas.
- El rendimiento de cada sustrato se estimó de acuerdo:

Rendimiento (medio)  $\text{g m}^{-2}$ : (Peso total de las larvas por magenta / Área de magenta).

Rendimiento (medio)  $\text{g kg}^{-1}$ : (Peso total de las larvas por magenta / Peso del sustrato utilizado)

## **Valoración de la presencia de patógenos en los sustratos empleados**

**Análisis microbiológico:** para ello, de cada réplica se tomó una muestra de 25 g, más una muestra de cerdaza inicial y una de larva de mosca, las cuales se enviaron al laboratorio del Centro Provincial de Higiene y Epidemiología (CPHEM) para realizar el análisis correspondiente a la presencia de:

- Salmonella (NC-ISO 7251, 2008).
- Coliformes fecales (NC-ISO 7251, 2010).

## **Análisis estadísticos**

Las variables creadas se asentaron en el programa estadístico IBM.SPSS v23 (2016). Se realizó un análisis descriptivo de cada una de ellas.

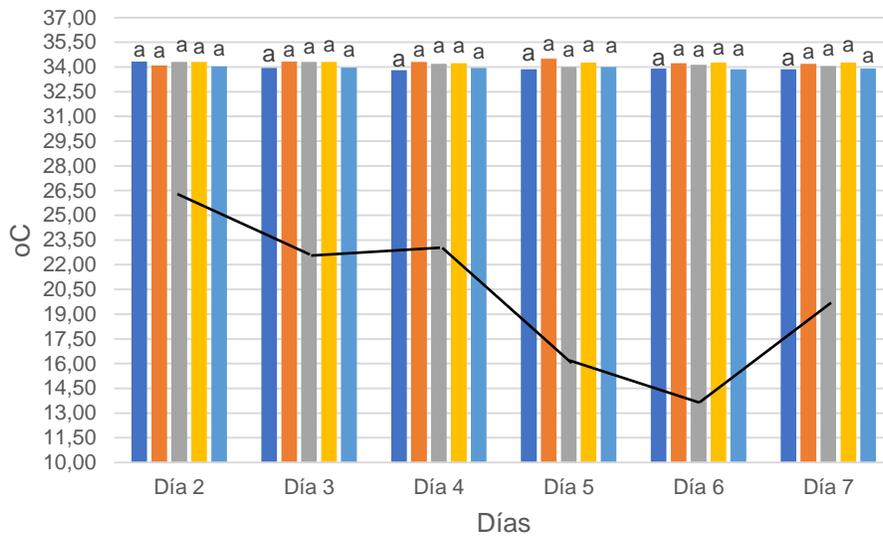
Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) bifactorial para las variables anteriormente mencionadas. Previamente fueron corroborados los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas por la prueba de Levene. Las pruebas de *post hoc* para identificar diferencias entre los tratamientos se realizaron mediante el test de Tukey. Además, la prueba para una media se realizó entre el valor de las temperaturas de los sustratos y la temperatura ambiente dentro del moscario. Los valores de P establecidos fueron de 0,05, 0,01 y 0,001.

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Comparación de la temperatura de los diferentes sustratos en el período de formación de larvas

Los resultados obtenidos, después de los respectivos análisis estadísticos, demostraron que no se encontró interacción entre el factor dosis de sustrato y altura de los mismos. Por ello, los resultados se mostrarán para cada factor.

Las temperaturas en cada sustrato por la mañana a una altura de tres centímetros no mostraron diferencias entre ellos, con valores desde 33,80 °C a 34,50 °C. No obstante, siempre fueron superiores a la temperatura dentro del moscario en la mañana (Figura 3).



**Figura 3.** Comparación de la temperatura entre sustratos a tres cm y temperatura dentro del moscario por la mañana

*Leyenda: Valores entre las columnas por días no difieren para  $P < 0.05$  (Tukey)  $ES \pm 0.54$*

— Temperatura dentro del moscario; ■ - A, ■ - B, ■ - C, ■ -D, ■ -E

Las temperaturas en las seis observaciones dentro del moscario estuvieron desde 25,90 °C el segundo día hasta 19,40 °C el último día. Esto estuvo influenciado por un frente frío que permaneció sobre la ciudad en el período evaluado.

Siempre las temperaturas dentro de los sustratos fueron mayores ( $P < 0.001$ ) que la temperatura interna en el moscario en la mañana (Tabla 4).

Tabla 4. Comparación de las temperaturas en los sustratos a tres cm contra la temperatura dentro del moscario por la mañana

Tratamientos	Temperaturas					
	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
A	34,33	34,33	33,93	33,80	33,86	33,90
t	14,81***	22,00***	21,85***	34,68***	40,78***	28,25***
B	34,10	34,10	34,33	34,30	34,50	34,23
t	32,58***	48,87***	41,75***	72,71***	41,57***	55,62***
C	34,30	34,30	34,30	34,20	34,00	34,13
t	17,02***	25,34***	55,50***	87,43***	85,43***	83,53***
D	34,30	34,30	34,30	34,23	34,26	34,26
t	84,00***	125,00***	111,00***	206,74***	326,50***	446,00***
E	34,03	34,03	33,96	33,93	34,00	33,86
t	20,05***	30,16***	20,67***	36,52***	41,37***	31,00***
Temperatura dentro del moscario	25,90	21,80	23,20	16,00	12,50	19,40

*Leyenda:* Valores en las columnas para cada sustrato difieren con temperatura dentro del moscario para  $P < 0,001$  (Valor de t)

La temperatura de cada sustrato en el horario de la mañana a cinco centímetros no mostró diferencia entre ellos ( $P < 0,05$ ), con los 33,50 °C a 34,50 °C. Estas siempre fueron superiores a las temperaturas dentro del moscario en el horario de la mañana (Figura 4).

Las temperaturas en las seis observaciones dentro del moscario dictaron desde 25,90 °C el segundo día hasta 19,40 °C el último día, lo cual podría deberse al frente frío que estuvo estacionado sobre la ciudad en el período evaluado.

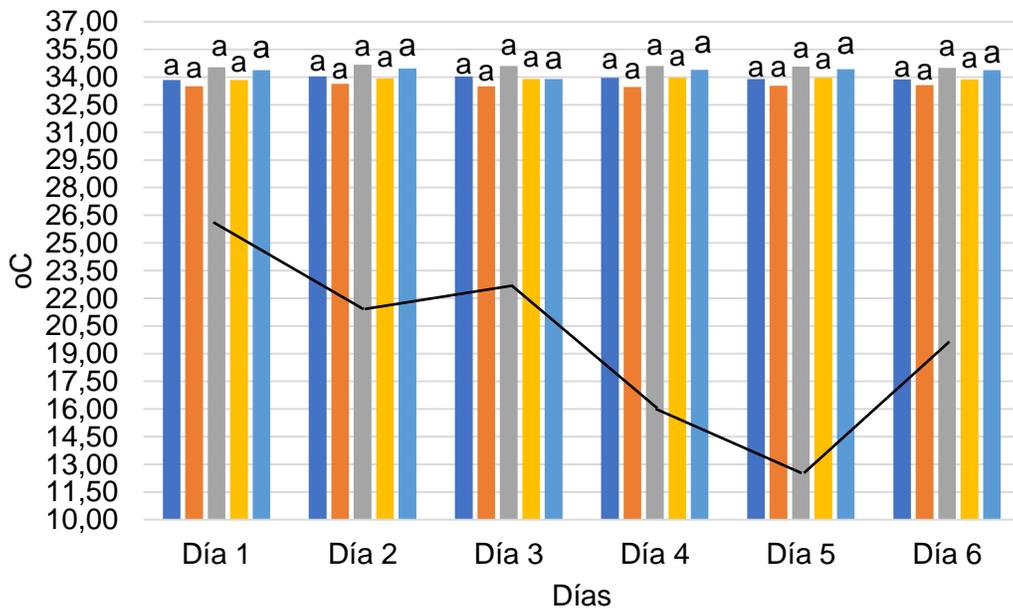


Figura 4. Comparación de la temperatura entre sustratos a 5 cm y temperatura dentro del moscario por la mañana

*Leyenda:* Valores entre las columnas por días no difieren para  $P < 0,05$  (Tukey)  $ES \pm 0,51$

— Temperatura dentro del moscario; ■ - A, ■ - B, ■ - C, ■ - D, ■ - E

En la tabla 5 se muestran las temperaturas en las seis observaciones dentro del moscario, las cuales se manifestaron desde 25,90 °C el segundo día hasta 19,40 °C el último día. La explicación probable de este es que radica un frente frío influyó sobre la ciudad en el período evaluado.

Las temperaturas dentro de cada sustrato a cinco centímetros fueron mayores ( $P < 0.001$ ) que la temperatura interna dentro del moscario en el horario de la mañana (Tabla 5).

Tabla 5. Comparación de las temperaturas en los sustratos a cinco centímetros contra la temperatura dentro del moscario por la mañana,  $\bar{X}$

Tratamientos	Temperaturas,					
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6
A	33,83	33,83	34,03	34,03	33,96	33,90
t	29,75***	45,12***	40,62***	67,62***	75,37***	48,33***
B	33,50	33,50	33,63	33,50	33,46	33,53
t	131,63***	202,65***	313,00***	295,06***	629,00***	424,00***
C	34,53	34,53	34,66	34,60	34,60	34,56
t	97,89***	144,38***	344,00***	322,16***	395,60***	455,00***
D	33,83	33,83	33,93	33,90	33,96	33,96
t	27,85***	42,25***	121,70***	179,00***	128,80***	82,58***
E	34,36	34,36	34,46	34,40	34,40	34,43
t	96,03***	142,49***	84,50***	120,45***	143,36***	170,46***
Temperatura dentro del	25,90	21,80	23,20	16,00	12,50	19,40

moscario

*Leyenda:* Valores en las columnas para cada sustrato difieren con temperatura dentro del moscario para  $P < 0,001$  (Valor de t)

En el gráfico 5 se puede apreciar el comportamiento de las temperaturas de cada tratamiento a una altura de cinco centímetros por la tarde, con valores desde  $34,87\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $35,10\text{ }^{\circ}\text{C}$  a, en el cual se puede observar que la temperatura de los sustratos siempre estuvo por encima de la temperatura ambiente dentro del moscario (Figura 5).

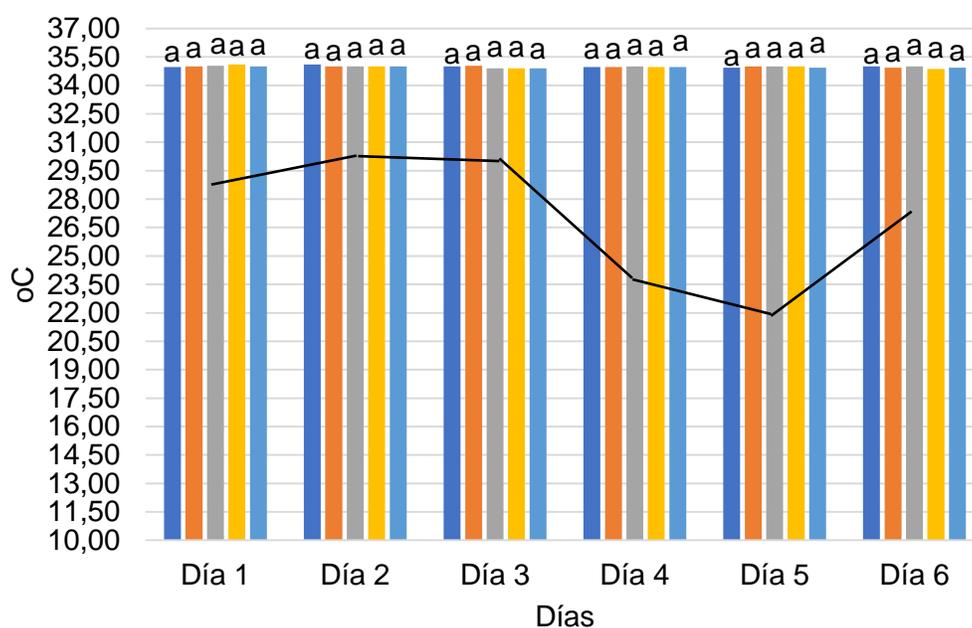


Figura 5. Comparación de la temperatura entre sustratos a tres cm y temperatura dentro del moscario por la tarde,  $\bar{X}$

*Leyenda:* Valores entre las columnas por días no difieren para  $P < 0,05$  (Tukey)  $ES \pm 0,53$

— Temperatura dentro del moscario; ■ - A, ■ - B, ■ - C, ■ -D, ■ -E

Las temperaturas en las seis observaciones dentro del moscario permanecieron desde  $28,80\text{ }^{\circ}\text{C}$  en el primer día hasta  $27,20\text{ }^{\circ}\text{C}$  el último día. Esto fue influenciado por un frente frío que estuvo sobre la ciudad en el período evaluado.

Las temperaturas dentro de cada sustrato a tres centímetros fueron mayores ( $P < 0.001$ ) que la temperatura interna dentro del moscario en el horario de la mañana (Tabla 6).

Tabla 6. Comparación de las temperaturas en los sustratos a tres cm contra la temperatura dentro del moscario por la tarde,  $\bar{X}$

Tratamientos	Temperaturas					
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día
A	34,96	35,10	35,00	34,96	34,93	35,00
t	185,00***	192,06***	79,67***	377,00***	209,00***	258,90***
B	35,00	35,00	35,03	34,96	35,00	34,93
t	265,52***	301,25***	52,53 ***	377,00***	258,31***	116,00***
C	35,03	35,00	34,90	35,00	35,00	35,00
t	93,50***	89,25***	84,36***	128,54***	85,36***	128,64***
D	35,10	35,00	34,90	34,96	35,00	34,86
t	63,00***	68,97***	258,22***	377,00***	135,87***	115,00***
E	35,00	35,00	34,90	34,96	34,93	34,93
t	256,31***	54,98***	128,23***	377,00***	209,00***	116,00***
Temperatura dentro del moscario	28,80	30,60	30,40	22,40	22,00	27,20

*Leyenda:* Valores en las columnas para cada sustrato difieren con temperatura dentro del moscario para  $P < 0,001$  (Valor de t)

Las temperaturas en cada sustrato por la tarde a una altura de cinco centímetros no mostraron diferencias entre ellos, con valores desde 34,90 °C a 38,50 °C. No obstante, siempre fueron superiores a la temperatura dentro del moscario en la tarde. (Figura 6)

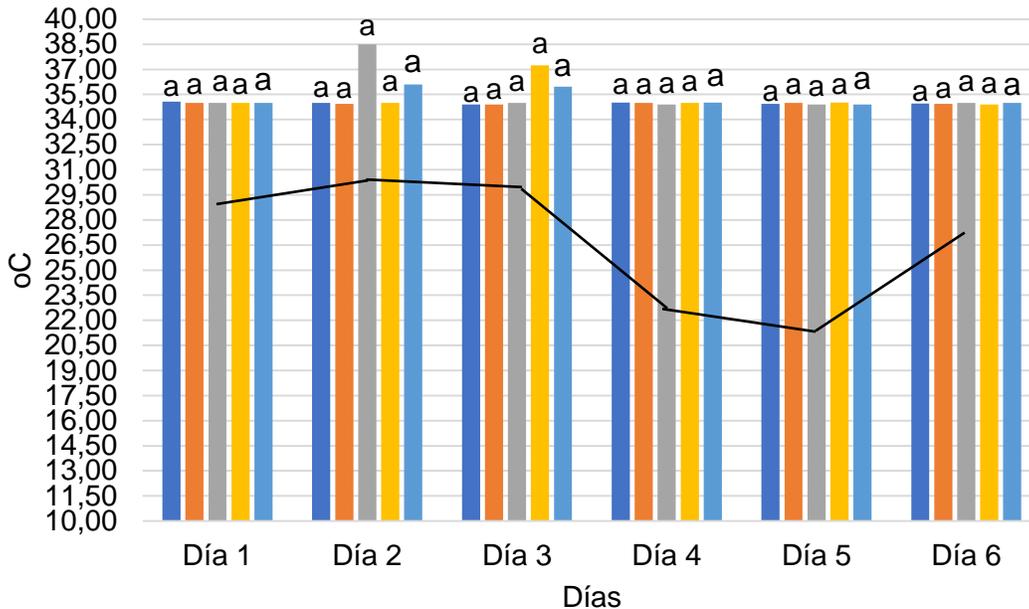


Figura 6. Comparación de la temperatura entre sustratos a cinco centímetros y temperatura dentro del moscario por la tarde,  $\bar{X}$

Leyenda: Valores entre las columnas por días no difieren para  $P < 0.05$  (Tukey)  $ES \pm 0.56$

— Temperatura dentro del moscario; ■ - A, ■ - B, ■ - C, ■ -D, ■ -E

Las temperaturas en las seis observaciones dentro del moscario presentaron valores entre desde 28,80°C en el primer día hasta 27,20 °C el último día. Esto fue causado por un frente frío que estacionado sobre la ciudad en el período evaluado.

Las temperaturas dentro de cada sustrato a cinco centímetros fueron mayores ( $P < 0.001$ ) que la temperatura interna dentro del moscario en el horario de la mañana (Tabla 7).

Tabla 7. Comparación de las temperaturas en los sustratos a cinco centímetros contra la temperatura dentro del moscario por la tarde,  $\bar{X}$

Tratamientos	Temperaturas					
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día
A	35,06	35,00	34,90	35,00	34,93	34,96
t	94,00***	68,65***	65,35***	58,89***	209,00***	233,00***
B	35,00	34,93	34,90	35,00	35,00	34,93
t	65,32***	65,00***	75,81***	98,75***	122,25***	116,00***
C	35,00	38,50	35,00	35,00	35,00	35,00
t	69,87***	58,87***	68,97***	125,81***	209,05***	154,26***
D	35,00	35,00	37,23	35,00	35,00	35,00
t	56,87***	68,97***	51,25***	69,87***	121,45***	145,68***
E	35,00	36,10	35,96	35,00	35,00	35,00
t	12,85***	29,87***	55,21***	65,87***	121,00***	98,87***
Temperatura dentro del moscario	28,80	30,60	30,40	22,40	22,00	27,20

*Leyenda:* Valores en las columnas para cada sustrato difieren con temperatura dentro del moscario para  $P < 0,001$  (Valor de t)

Las temperaturas dentro del moscario en el transcurso del experimento se expresaron por una tendencia decreciente, que para las temperaturas durante el día fueron de forma lineal ( $R^2 = 0.87$ ) y ya por la noche se notó una mayor variabilidad que se expresa por una ecuación de segundo grado ( $R^2 = 0.69$ ). Para la temperatura mínima en el sexto día se alcanzó una temperatura de  $12,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Figura 6).

Las larvas de moscas se desarrollaron entre temperaturas mínimas de  $12,20\text{ }^{\circ}\text{C}$  por la noche y por el día  $12,50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; con máximas de  $33,50\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $32,50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. O sea, que para este experimento la producción de larvas de moscas fue apta entre  $12,20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $33,50\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Las temperaturas para un buen desarrollo de las larvas de moscas en la literatura no siempre coinciden. La mayor temperatura alcanzada al tercer día en el salvado está en los límites para el desarrollo de las larvas según lo reportado por (Miller, Teotia, & Thatcher, 1974) Miller, Teotia, & Thatcher (1974) y superior a lo mencionado para las larvas por (Cicková et al., 2012); (Pastor, Martínez, & Rojo, 2014). Estos valores son similares a los expuestos por Miranda & Tombrlin (2018), donde emplearon para la cría de larvas de mosca doméstica el salvado de trigo, que utilizó la proporción de 1:1 de agua y salvado de trigo.

Por otra parte Cruz, Chim, Leobmann, Reis, & Garcia dos Santo (2002) mencionan la mejor temperatura para el desarrollo de las larvas de moscas en el sustrato de salvado de trigo a los  $20$ ,  $23$  y  $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; además señalan que superior a  $29\text{ }^{\circ}\text{C}$  las producciones de larvas de moscas en bandejas en estufas controladas fue menor que las temperaturas mencionadas anteriormente.

Por su parte, Gallego (2006) menciona que las larvas de la mosca doméstica eclosionan a las 24 horas de la ovoposición y el rango de temperatura óptima es de  $23$  a  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Sin embargo, Estolástico, Cabildo, & Claramunt (2013) señalan que la especie de *Musca doméstica* es capaz de soportar temperaturas desde  $5$  a  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

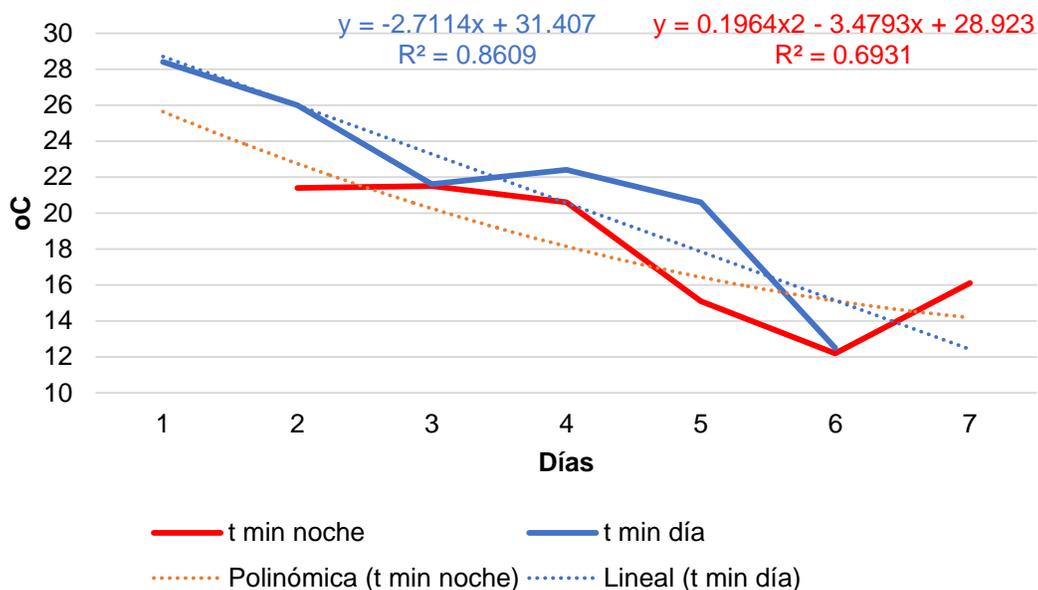


Figura 7. Tendencias de las temperaturas mínimas en la noche y el día en el moscario.

Sin embargo, las temperaturas máximas en los dos períodos evaluados, tuvieron una gran variabilidad, que se expresó en ecuaciones polinómicas de tercer grado y segundo grado para las temperaturas máximas por el día y por la noche (Figura 7).

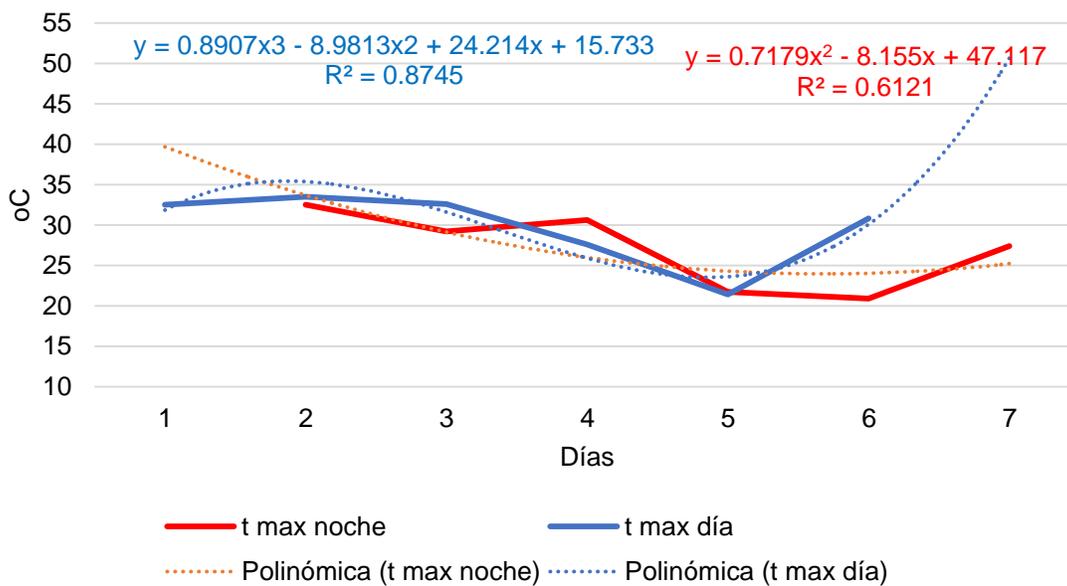


Figura 8. Tendencias de las temperaturas máximas en la noche y el día en le moscario

La humedad relativa en el período evaluado por el día estuvo en valores desde 50,0 % en el quinto día, hasta 75,0 % en el séptimo día y por la tarde desde 42,0 % hasta 55,0 %, en los días sexto al cuarto respectivamente (Figura 8). Se denota mayor variabilidad de la humedad relativa por el día (25, 0 %).

Los valores máximos de humedad relativa el tercer y cuarto días fueron muy similares, no observados en los restantes días. A su vez, los valores mínimos de la humedad relativa fueron similares en el cuarto y quinto días, los cuales no se manifestaron así en los restantes días.

Los valores de humedad relativa se encontraron como aceptables entre 42,0 % y 75,00 %, que permitieron con las temperaturas mencionadas anteriormente un desempeño de la reproducción de las larvas de moscas. Se observó una menor humedad relativa en el horario nocturno con respecto a las horas del día.

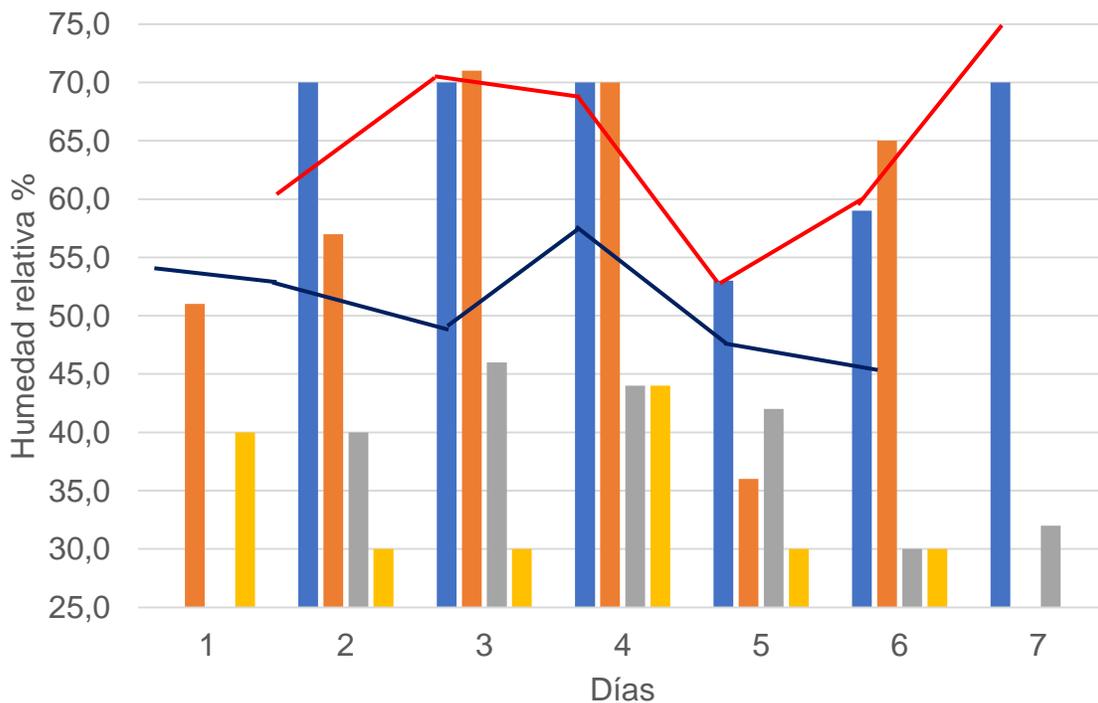


Figura 9. Valores de la humedad relativa máxima, mínima por el día y por la noche y la humedad relativa en la mañana y en la tarde, %

Leyenda: ■ HRMN- Humedad relativa máxima por la noche; ■ HRMD- Humedad relativa máxima por el día; ■ HRMIN - Humedad relativa mínima de la noche; ■ HRMID - Humedad relativa mínima del día.

— Humedad relativa del día      — Humedad relativa de la noche

Para una primera cosecha de larvas de moscas con estos sustratos es permisible con temperaturas entre 12,20 °C y 33,50 °C con valores de humedad relativa desde 42,0 % hasta 75,0%.

### **3.2. Cuantificación de la producción de larvas en cada uno de los sustratos incluidos en la investigación.**

La cantidad de agua empleada para humedecer los sustratos inicialmente fue de A-145 ml, B-133 ml, C-122 ml, D-111 ml, E-100 ml para los sustratos a 3 cm de altura respectivamente y para 5 cm se usaron A-240 ml, B-220 ml, C-200 ml, D-180 ml, E-160 ml de agua respectivamente. Dando como resultado una proporción de 1:1 de agua y cachaza y de 1:1 de agua y cerdaza.

La aparición de la primera pupa fue en todos los sustratos al séptimo día de comenzado el experimento; que coincide con lo planteado por Marquéz (2003) al referirse a que las larvas se desarrollan completamente entre tres y ocho días para luego pasar al estadio de pupa y difiere de lo planteado por otros autores en cuanto a la variación del desarrollo larvario (una a dos semanas) ya que indican que en este período las larvas se alimentan de bacterias (Floate, Lysyk , & Gibson, 2013).

No se encontraron diferencias entre el peso de las larvas a las diferentes alturas con las diferentes proporciones de sustratos, con valores para los tres cm desde 0.01022 g (75 HF) a 0.01155 g (50 HF) y para cinco cm desde 0.01000 g (100 HF) a 0.01033 g (0 HF). Se tiene en cuenta que, aunque las larvas se tomaron al azar, siempre se tuvo en cuenta que fueran mayores de 3 mm (Tabla 8).

Tabla 8. Comparación del peso y número de las larvas por dosis de heces fecales, g

Tratamientos	Peso, g		Número de larvas, u	
	Altura, cm		Altura, cm	
	3	5	3	5
0 HF	0,01100 a	0,01033 a	5,33 a	5,00 a
25 HF	0,01033 a	0,01011 a	42,67 a	47,33 a
50 HF	0,01155 a	0,01011 a	210,67 a	428,33 ab
75 HF	0,01022 a	0,01022 a	720,67 b	758,67 bc
100 HF	0,01044 a	0,01000 a	707,33 b	991,33 c
ES±	0,0003 NS	0,0003 NS	87,62 ***	113,07 ***

*Leyenda: Valores con superíndices diferentes en las columnas difieren para \*\*\* $P < 0.001$ , NS-No significativo (Tukey)*

Para el número de larvas se encontraron diferencias significativas entre las proporciones de los sustratos. La mayor cantidad de larvas se encontró para la altura de tres centímetros en las proporciones de 75 % de heces fecales porcinas y 25 % de cachaza (720,67) y 100 % de heces fecales porcinas (707,33).

A cinco centímetros de altura la mayor cantidad de larvas de moscas se obtuvo con 100 % de heces fecales porcinas (991,33) y 75 % de heces fecales porcinas y 25 % de cachaza (758,67). O sea, que las mayores proporciones de heces fecales logran obtener la mayor cantidad de larvas de moscas.

El peso promedio de las larvas obtenidas durante la investigación, mostró valores similares a los que reporta García Nava (1988) con 0,012 a 0,021 g en un medio de cultivo compuesto por levadura de cerveza (50 g), germen de trigo (100 g), bagazo de caña (100 g), azúcar (70 g) y agua (1000 ml), en los cuatro sustratos.

El estudio de Koné, Stylla, Nacambo, & Kenis (2017) en sustratos compuestos por heces de pollos, cerdos y vacas lecheras, mostró los mayores valores de 0,0174 a

0,0191 g por larvas para el sustrato compuesto por las heces de vacas lecheras, que coinciden con los obtenidos en este experimento. Por lo que se puede sugerir que la composición de los sustratos no influye en el peso de las larvas.

Los rendimientos promedios de las larvas de moscas por área y por kilogramo de sustratos muestran que la mayor cantidad se obtiene a tres centímetros para las proporciones de 75 % de heces fecales y 100 % de heces fecales a tres centímetros y a cinco centímetros (Tabla 9).

Tabla 9. Rendimientos de larvas de moscas por área y por kilogramos de sustratos

Tratamientos	Peso total de larvas		Rendimientos medios		Rendimientos	
			g m <sup>2</sup> -1		g kg <sup>-1</sup>	
	Altura, cm		Altura, cm		Altura, cm	
	3	5	3	5	3	5
0 HF	0,056 <sup>a</sup>	0,050 <sup>a</sup>	5,857 <sup>a</sup>	5,263 <sup>a</sup>	0,371 <sup>a</sup>	0,333 <sup>a</sup>
25 HF	0,436 <sup>a</sup>	0,484 <sup>a</sup>	54,904 <sup>a</sup>	50,917 <sup>a</sup>	2,907 <sup>a</sup>	3,225 <sup>a</sup>
50 HF	2,433 <sup>a</sup>	4,330 <sup>ab</sup>	256,130 <sup>a</sup>	455,833 <sup>ab</sup>	16,222 <sup>a</sup>	28,869 <sup>ab</sup>
75 HF	7,445 <sup>b</sup>	7,670 <sup>bc</sup>	783,634 <sup>b</sup>	807,385 <sup>bc</sup>	49,630 <sup>b</sup>	51,134 <sup>bc</sup>
100 HF	7,781 <sup>b</sup>	10,240 <sup>c</sup>	819,014 <sup>b</sup>	1077,941 <sup>c</sup>	51,871 <sup>b</sup>	68,270 <sup>c</sup>
ES±	0,197	0,182	17,31 <sup>**</sup>	25,814 <sup>***</sup>	17,56 <sup>***</sup>	17,71 <sup>***</sup>

*Leyenda: Valores con superíndices diferentes en las columnas difieren para \*\*\*P<0.001 (Tukey)*

O sea, que la cachaza con la adición de heces fecales porcinas puede producir larvas de moscas con altas proporciones. Por las características de la cachaza, esta no contiene nutrientes proteicos ni lipídicos suficientes para una buena nutrición de las larvas de moscas (Quintanilla, 2019).

### 3.3. Valoración de la inocuidad de los sustratos empleados y de las larvas de moscas producidas

Los resultados de laboratorio de las muestras enviadas no mostraron presencia de *Salmonella* spp, lo cual podría atribuirse a la inexistencia de dicho germen patógeno en las heces porcinas empleadas para enriquecer los sustratos (Tabla 10).

Tampoco se encontraron coliformes fecales, según los resultados del laboratorio en los sustratos empleados, aunque si existen en la cerdaza, cuestión obvia. Aunque no se encontraron coliformes fecales en los sustratos biotransformados, se puede atribuir a las temperaturas alcanzadas en la fermentación de los mismos. Se destaca como positivo, a pesar del corto alcance del diagnóstico para la inocuidad, que las moscas obtenidas de la misma finca, donde existen otras especies de animales, no transmitieron estos patógenos.

Tabla 10. Presencia de microorganismos patógenos en los sustratos biotransformados y la cerdaza.

Sustratos	<i>Salmonella</i> spp	Coliformes fecales
Cachaza	Ausencia	Ausencia
Cerdaza	Ausencia	Presencia
Sustrato biotransformado	Ausencia	Ausencia

Por su parte Martínez, Arriola, & Sahagún (2015) consideran que es una preocupación mundial, la transmisión de enfermedades que provoca la mosca doméstica y está regulado en muchos países su control en las granjas pecuarias. No obstante, la EFSA (European Food Safety Authority) manifiesta el posible uso de los insectos y los sustratos para la obtención de alimentos (PROteINSECT, 2016).

Para esta investigación la inocuidad indagada fue mínima, pues solo se diagnosticó la presencia de estos microorganismos patógenos, por lo que se debería en futuras investigaciones ampliar el análisis.

## CONCLUSIONES

1. No se encontró interacción entre la altura de los sustratos y las proporciones de ellos para el rendimiento de larvas de moscas.
2. Los valores de humedad relativa se encontraron como aceptables entre 42,00 % y 75,00 %, que permitieron con las temperaturas mencionadas anteriormente un desempeño de la reproducción de las larvas de moscas.
3. La producción de larvas de moscas fue apta entre 12,20 °C y 33,50 °C. con valores siempre superiores dentro de los sustratos con respecto a la temperatura ambiente.
4. No hubo diferencia entre los pesos de las larvas de moscas de acuerdo a las proporciones empleadas con el mayor rendimiento de las mismas para las proporciones 75 % de heces fecales y 25 % de cachaza y 100 % de heces fecales.
5. No se halló presencia de *Salmonella* spp. en los sustratos empleados a excepción de la cerdaza donde se encontró la presencia de coliformes fecales.

## RECOMENDACIONES

1. Evaluar el sustrato biotransformado por las larvas de moscas en las mejores proporciones como fertilizante para las plantas.
2. Evaluar otros patógenos en los sustratos biotransformados.

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Adeniji, A. A. (2007). Effect of replacing groundnut cake with maggot meal in the diet of broilers. *International Journal of Poultry Science*, 6(11), 822-825.
- Aguilar-Rivera, N., Rodríguez Lagunes, D., & Castillo Morán, A. (2010). Azúcar, co-productos y sub-productos en la diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar. *VirtualPro*(106).
- Aguirre, H., & Fuente, D. (1995). Evaluación de seis tipos de estiércol para la producción de larva de mosca. *Informe técnico*, 25.
- Agunbiade, J., Adeyemi, O., Ashiru, O., Awojobi, H., Taiwo, A., Oke, D., & Adekunmisi, A. (2007). Replacement of fish meal with maggot meal in cassava-based layers diets. *The Journal of Poultry Science*, 44(3), 278-282.
- Akpodiete, O., Ologhobo, A., & Oluyemi, J. (1997). Production and nutritive value of housefly maggot meal on three substrates of poultry faeces. *J. Appl. Anim. Res*(12), 101–106.
- Alberto, M. (2014). *Sugarcane. Procesamiento de la caña de azúcar*. Recuperado de <http://www.w3.org/1999/xhtml>
- Alltech. (2018). *7th annual Alltech global feed survey*. Recuperado de <https://go.alltech.com/alltech-feed-survey>
- Alvaro, T. (2016). Evaluación del incremento de peso bovino mestizos con pollinaza y cerdaza como suplemento alimenticia en el cantón mercabeli. (Tesis de pregrado) , Universidad Técnica de Machala, Machala.
- Andrango Granda , J. (2015). *Determinación del comportamiento productivo de larvas de *Rhynchophorus palmarum* L. en la cría con tres dietas enriquecidas proteicamente*. . Ecuador.
- Aniebo, A., Erondú, E., & Owen, O. (2008). *Proximate composition of housefly larvae (*Musca domestica*) meal generated from mixture of cattle blood and wheat bran*. University of Port Harcourt, Department of Animal Science and Fisheries, Nigeria.
- Aniebo, A., & Owen, O. (2010). Effects of age and method of drying on the proximate composition of housefly larvae (*Musca domestica* linnaeus) meal (HFLM). *Pakistan Journal of Nutrition*, 9(5), 485-487.
- Anónimo. (2019). *Ciclo de vida de la mosca doméstica*. Recuperado de [https://www.google.com/search?q=ciclo+de+la+mosca+domestica&client=ms-android-att-us&prmd=ivn&srf=ALeKKo3Rp\\_VdTOjntXHabrjQ:1592478256763&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjh87nmm4vqAHXvKnIEHcuZDs4Q\\_AUoAXECBMQ AQ](https://www.google.com/search?q=ciclo+de+la+mosca+domestica&client=ms-android-att-us&prmd=ivn&srf=ALeKKo3Rp_VdTOjntXHabrjQ:1592478256763&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjh87nmm4vqAHXvKnIEHcuZDs4Q_AUoAXECBMQ AQ)

- AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis. 18 th edn.* Horwitz, W. Recuperado de: <http://www.eoma.aoac.org/>
- Aquino, V. (2005). *Manual de capacitación Curso control Integrado de la mosca de los establos.* Oaxaca.
- Arango Gutiérrez, G., Vergara Ruiz, R., & Mejía Vélez, H. (2004). *Análisis composicional, microbiológico y digestibilidad de la proteína de la harina de larvas de Hermetia illuscens L (Diptera: Stratiomyidae) en Angelópolis-Antioquía, Colombia.* Medellín. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/26618/1/24234-84872-1-PB.pdf>.
- Arronis, V. (2001). *Utilización de cerdaza en sistemas intensivos de producción de novillos de engorde.* Instituto Nacional de Investigación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, Costa Rica. Recuperado de <http://www.infoagro.go.cr/ProgrNacionales/Porcinos/Cerdaza.htm>
- Arzola, N., Herrera, O., & De Mello, R. (2013). *Manejo del suelo para una agricultura sostenible.*
- Awoniyi, T. A., Aletor, V. A., & Aina, J.M., J. M. (2003). Performance of broiler-chickens fed on maggot meal in place of fish meal. *International Journal of Poultry Science*, 2, 271-274.
- Awoniyi, T. A., & Adetuyi, F. (2004). Microbiological investigation of maggot meal, stored for use as livestock feed component. *Journal of Food, Agriculture & Environment* , 2(3&4), 104-106.
- Badui, D. (1999). *Química de los alimentos* (4ta ed.). México: Editorial Pearson.
- Berg, A., De Noblet-Ducoudré, N., Sultan, B., Lengaigne, M., & Guimberteau, M. (2013). Projections of climate change impacts on potential C4 crop productivity over tropical regions. *Agricultural and Forest Meteorology*, 170(13), 89-102.
- Bienvenido, J. (1985). *Rice: Chemistry and Technology.* Minnesota, USA: The American Association of Cereal Chemist.
- Bruzon, I. (1994). *Evolución de las propiedades físicas y químicas de mezcla de cachaza y carbonilla.* (Tesis de pregrado), Universidad Nacional de Colombia. Colombia
- Bukkens, S. (1997). The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food and Nutrition*, 36, 287-319.
- Calvert, C., Martin, R., & Morgan, N. (1969). Housefly pupae as food for poultry. *Journal of Economical Entomology*, 62, 938-939.
- Calvert, C., Morgan, N., & Martin, R. (1970). House fly larvae: biodegradation of hen excreta to useful products. *Poultry Science*(44), 588-589.

- Campabadal, C. (1994). Utilización de la ceraza en la alimentación del ganado de carne. Una alternativa para evitar la contaminación ambiental. *Nutrición Animal Tropical*, 1(1), 73-93.
- Campos, D., & Reines, M. (1985). Utilización de vermiharina como fuente proteica animal en pollos de engorde. *Memorias de la Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal*(20), 64.
- Casanovas, E., & Rodríguez, L. (2016). Efecto en los parámetros productivos de pollos camperos con la inclusión en la dieta de sustrato biotransformado por larva de mosca (*Musca domestica* L.). *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 17(2), 1-12. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa>
- Castrillón Quintana, O., Jiménez Pérez, R., & Bedoya, O. (2004). Porquinaza en la alimentación animal. *Lasallista de Investigación*, 1(1), 72-76.
- Cicková, H., Pastor, B., Kozánek, M., Martínez-Sánchez, A., Rojas, S., & Takác, P. (2012). *Bioderadation of pin manure by the housefly, Musca domestica: a viable ecological strategy for pig management*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032798>.
- Collavo, A., Glew, R., Huang, Y., Chuang, L., Bosse, R., & Paoletti, M. (2005). *House cricket small-scale farming*. (M. Paoletti, Ed.) New Hampshire: Science Publishers.
- Contreras, L. M., López, L., & Romero, O. (2006). Producción de biogás con fines energéticos. De lo histórico a lo estratégico. *Revista futuros*, 16(4), 1-8.
- Cruz Weigert, S., Chim Figueiredo, M., Leobmann, D., Reis Nunes, J., & Garcia dos Santo, A. (2002). *Influencia da Temperatura e do Tipo de Substrato na Producao de Larvas de Musca Domestica Linnaeus, 1758 (Diptera, Mucidae)*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000800003>
- Cruz Weigert, S., Chim Figueiredo, M., Loebmann, D., Reis Nunes, J., & Garcia dos Santos, A. (2002). Influência da Temperatura e do Tipo de Substrato na Produção de Larvas de *Musca domestica* Linnaeus, 1758 (Diptera, Muscidae). *R. Brasileira de Zootecnia*, 31(5), 1889.
- Cuca, G., Bravo, M., Bixler, C., Pérez, H., & Becerril, P. (1999). *Estimación de la energía metabolizable y utilización de la larva de mosca (Musca domestica L.) en la alimentación de pollos de engorda*. Universidad Autónoma de Chapingo, México. Recuperado de: [http://www.alpa.org.ve/PDF/1999\\_7\\_1/7\(1\)39\\_51.pdf](http://www.alpa.org.ve/PDF/1999_7_1/7(1)39_51.pdf).
- Da Silva, C., Baker, D., Shepherd, A., & da Cruz, S. (2013). *Agroindustrias para el desarrollo*. FAO.
- Dar, W., & Gowda, L. (2013). Declining agricultural productivity and global food security. *Journal of Crop Improvement*, 27(2), 242-254.

- De Koning, A. (2005). Properties of South African fish meal: A review. *South African Journal of Science* 101.
- De Marco, M., Martínez, S., Hernandez, F., Madrid, J., Gai, F., Rotolo, L., & Kovitvadhi, A. (2015). Nutritional value of two insect larval meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*) for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent ideal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy. *Animal Feed Science and Technology*, 209, 211-218.
- Diener, S., Zurbrugg, C., & Tockner, K. (2009). Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. . *Waste Management & Research*, 27(6), 603-610.
- Ebenso, I., & Udo, M. (2003). Effect of live maggot on growth of the Nile perch, *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) in South Eastern Nigeria. *Global J. Agric. Sci(2)*, 72–73.
- Escolástico, C., Cabildo, M., Claramunt, R., & Claramunt, T. (2013). Organismos y poblaciones. En *Ecología I*. Madrid, España: UNED. Recuperado de [www.books.google.com](http://www.books.google.com).
- Estrada Pareja, M. M. (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza . *Lasallista de investigación*, 3-5.
- FAO. (2011). World Livestock 2011. *Livestock in Food Security*.
- FAO. (2013). *La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente*. Roma.
- FAO. (2018). *the future of food and agriculture. Alternative pathways to 2050. Food and Agriculture Organization of the Unitions*. Roma (Italia).
- Faz, L. M., & Menses, P. M. (2007). *Monitoreo de la mosca doméstica, Musca doméstica en Zootecnia y evaluación del control de roedores en la unidad de aves en Zamorano, Honduras. Ciencia y Producción Agropecuaria* . Honduras.
- Fasakin, E., Balogun, A., & Ajayi, O. (2003). Evaluation of full-fat and defatted maggot meals in the feeding of clariid catfish, *Clarias gariepinus*, fingerlings. *Aquaculture*, 34(9), 733-738.
- Fernández, A. (2014). *Nutrición*. Uso de insectos como fuente proteica en la alimentación animal.
- Fernandez, F. (1999). *Artrópodos y salud humana* . España.
- Finke, M. (2002). Complete nutrient composition of commercial raised invertebrates used as food fos insectivores. *Zoo Biology*, 21, 269-285.
- Finke, M. (2007). Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biology*, 26, 105\*115.

- Floate, K., Lysyk , T., & Gibson, G. (2013). *Haematobia irritans* L., Horn fly, *Musca domestica* L., House fly, and *Stomoxys calcitrans* (L.), stable fly (Diptera: Muscidae). En P. Mason, & D. Gillespie, *Biological Control Programmes in Canada 2001 – 2012* (pág. 182). Cánada: CABI.
- Fondevila, M. (2018). *3tres3*. Recuperado de: [https://www.3tres3.com/articulos/insectos-como-materia-prima-alternativa-en-la-alimentacion-de-porcino\\_38324/](https://www.3tres3.com/articulos/insectos-como-materia-prima-alternativa-en-la-alimentacion-de-porcino_38324/)
- Gállego, J. (2006). *Manual de parasitología: morfología y biología de los parásitos de interés sanitario*. Universidad de Barcelona, España.
- Ganda, H., Zannou-Boukari, E., Kenis, M., C.A.A.M. , C., & G.A., M. (2019). Potentials of animal, crop and agri-food wastes for the production of fly larvae. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2(5), 59-67.
- García Nava, J. (1988). *Actividad Entomopatógica de Bacillus thuringiensis sobre las diversa fases de la larva de Mosca Doméstica (Musca domestica. L)*. (Tesis de maestría), Universidad de Colima, Colombia.
- García, R., Morones, R., & Barrón, M. (1985). Reciclaje de heces de porcino en dietas para cerdos en iniciación. *Memorias de la Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal*(20), 60.
- Goenaga, A. (2008). *Moscas*. Recuperado de: <http://www.osasun.cl/paginas/moscas.htm>.
- González Cruz, J., & Aramburo de la Cruz, K. (2011). *Extracción de aceite de germen de maíz (Zea Mays L.) usando CO2 supercrítico*. (Tesis de pregrado), Universidad del Valle, Santiago de Cali.
- Guerrero, V., & Amaya , L. (2008). *Uso de larvas de mosca alimentadas con carne de res cultivadas en abono equino en diferentes dosis y un alimento comercial utilizado en Gallus gallus*. Universidad Autónoma Metropolitana. M'xico: Unidad Xochimilco.
- Gutiérrez, G. P. (2005). Los insectos: una materia prima alimenticia promisorio contra la hambruna. *Lasallista de Investigación*, 2(1), 33-37.
- Halloran, A., Roos, N., Eilenberg, J., Cerutti, A., & Bruun, S. (2016). Life cycle assessment of edible insects for food protein: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36-57.
- Harthon, D., & Nolan, M. (1985). Identificación y biología de la mosca. *Avicultura Profesional*, 3(4), 32.
- Hwangbo, J., Hong, E., Jang, A., Kang , H., Oh, J., Kim, B., & Park, B. (2009). Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. *Journal of Environmental Biology*, 30(4), 609-614.
- ICA, I. (1999). Alimentos para animales: Parámetros microbiológicos. 1-3. Bogoá.

- Icú Cutzall , H. (2017). Utilización de grillo (*Acheta domestica*) como fuente de proteína para codornices. Guatemala.
- Inaoka, T., Okubo, G., Yokota, M., & Takemasa, M. (1999). Nutritive value of house fly larvae and pupae fed on chicken faeces as food source for poultry. *Journal of Poultry Science*, 36(3), 174-180.
- Józefiak , D., & Engberg, R. (2015). *Insects as Poultry Feed*. Prague: 20th European Symposium on Poultry Nutrition.
- Koné, N., Stylla, M., Nacambo, S., & Kenis, M. (2017). Production of house fly larvae for animal feed through natural oviposition. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(3), 177-186. doi:DOI 10.3920/JIFF2018.S1
- Kramer, K., & Koga, D. (1986). Insect chitin: Physical state, synthesis, degradation and metabolic regulation. *Insect Biochemistry*, 16(6), 851-877.
- Laraut, P. (2007). *Insectos de España y Europa*. Barcelona: ES. Lynx editions.
- Lazo Funes, G., Zavala Cubas, M., & Baires Minero, R. (2010). *Uso de larva de mosca doméstica (Musca domestica L.) en diferentes porcentajes, como suplemento en la alimentación de codorniz (Coturnix coturnix japónica) en fase de engorde*. San Vicente: UES. Recuperado de: <http://ri.ues.edu.sv/3736/1/tesis%20codorniz.pdf>.
- Leiber, F., Gelencsér, T., Stamer, A., Amsler, A., Wohlfahrt, J., Früh, B., & Maurer, V. (2015). Insect and legume-based protein sources to replace soybean cake in an organic broiler diet: Effects on growth performance and physical meat quality. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 1-7.
- Lindner, P. (1919). Extraction of fat from small animals. *Zoological Technology and Biology*, 7(213).
- López, R. (1986). La cachaza como materia prima. En L. Gálvez Taupler, *La industria de los derivados de la caña de azúcar* (págs. 17-180). La Habana: Editorial Científico-Técnico La Habana .
- López, R. (1986). *La cachaza como materia prima en la industria de los derivados de la caña de Azúcas*. (ECIDCA, Ed.) La Habana.
- Ly , J., & Macías , M. (1998). Salvado de trigo biotransformado con larvas de moscas ( *Musca domestica* L. ) para cerdos. Digestión de la pared celular e índices fermentativos fecales. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 5(2).
- Macías, M., Martínez, D., Mederos, C., & Ly, J. (1998). Rasgos de comportamiento e índices digestivos de cerdos alimentados con salvado de trigo biotransformado con larvas de moscas ( *Musca domestica* L.). *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 5(2).

- Makkar, H., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1-33.
- Marín Romero, M., & Pérez Campos, J. (1998). *Uso de larva de mosca doméstica (Musca domestica L.) en diferentes porcentajes, como suplemento en la alimentación de pollos de engorde*. (Tesis de pregrado), San Salvador: UES.
- Marquéz, D. (2003). Nuevas tendencias para el control de los parásitos de bovinos en Colombia. Una estrategia sostenible para el siglo XXI. *CORPOICA*, 167.
- Martínez , D., & Sosa, R. (1993). *Producción de harina de larvas de mosca para ser utilizada como alimento animal*. La Habana: Fondo Nacional de Manuscritos Científico-Técnicos.
- Martínez , D., Macías, M., Mederos, C., & Ly, J. (2000). Digestibilidad y balance de N en cerdos alimentados con dietas de mieles de caña de azúcar y larvas de moscas. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 7(2).
- Martínez-Alba , A., Arriola-Mosqueda , L. A., & Angel Sahagún, C. A. (2015). Inhibición de la formación de pupas de *Musca domestica* L. por *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin nativa del estado de Guanajuato. *Jovenes en la Ciencia*, 1(2), 29-32.
- Miller, F., Teotia , J., & Thatcher, T. (1974). *Digestion of poultry manure by Musca Domestica*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1080/00071667408416100>.
- Miranda, C., & Tombrlin, J. (2018). Life-history traits of the housefly, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae), reared on three manure types. En Anon, *The 2nd International Conference 'Insects to Feed the World' (IFW 2018)* (pág. 34). Wuhan: Wageningen Academic Publisher. doi:DOI 10.3920/JIFF2018.S1
- NC-ISO 7251. (2008). *Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs-Horizontal — Method for the Detection of Salmonella spp — Reference Method (ISO 6579:2002, IDT)*.
- NC-ISO 7251. (2010). *Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs-Horizontal — Horizontal Method for the enumeration of coliforms — Colony Count technique (ISO 4832:2006, IDT)*.
- Newton, G., Booram, C., Barker, R., & Hale, O. (1977). Dried *Hermetica illucens* larvae meal as a supplement for swine. *J. Anim. Sci.*, 44, 395-400.
- Newton, L., Sheppard, C., Watson, D., Burtle, G., & Dove, R. (2004). *Using the black soldier fly, Hermetia illucens, as a value-added tool for the management of swine manure*. University of Georgia, Department of Animal & Dairy Science . Georgia: College of Agriculture & Environmental Science.

- Novartis. (2006). *Control de moscas y producciones ganaderas y aviar, Programa contra las moscas; Control de moscas en el siglo XXI*. Recuperado de: [www.flycontrol.novartis.com](http://www.flycontrol.novartis.com)
- NRC. (1994). *Nutrient requirements of poultry*. Washington, DC.: National Academy Press.
- Ocio, E., & Vinaras, R. (1979). House fly larvae meal grown on municipal organic waste as a source of protein in poultry diets. *Animal Feed Science and Technology*, 4, 227-231.
- Odesanya, B., Ajayi, S., Agbaogun, B. K., & Okuneye, B. (2011). Comparative evaluation of nutritive value of maggots. *Int. J. Sci. Eng. Res*(2).
- Ogunji, J. O., Schulz, C., Kloas, W., & Wirth, M. (2006). *Housefly maggot meal (magmaeal): An emerging substitute of fishmeal in tilapia diets*. Deutscher Trapentag.
- OMS. (1974). La mosca doméstica. *Bilología y control*. 82.
- Ossey, Y., Koumi, A., Koffi, K., Atse, B., & Kouame, L. (2012). Use of soybean, bovine brain and maggot as sources of dietary protein in larval *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes, 1840). *Journal of Animal and Plant Sciences*( 15), 2099-2108.
- Pastor , B., Martínez-Sánchez, A., & Rojo, S. (2014). Parameters affecting larval development in the mass rearing of *Musca domestica* (Diptera:Muscidae). *En Abstract book of the International Conference Insects to Feed the World*.
- Pastor, B., Velasquez, Y., Gobbi, P., & Rojo, S. (2015). Conversion of organic wastes into fly larval biomass: bottlenecks and challenges. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(3), 179-193.
- Pearincott, J. (1960). Changes in the lipid content during growth and metamorphosis of the house fly, *Musca domestica* linnaeus. *Journal of Cellular and Comparative Physiology*., 55(2), 167-174.
- Pérez, O. (2003). Uso y manejo agronómico de cachaza en Guatemala. *Revista de la Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala*, 6-11.
- Philbrick, H. (1980). *El libro de los insectos. Control inofensivo de los insectos*. Mexico.
- Pino, M. (2018). Por qué todavía no comemos insectos: marco legal en la Unión Europea. *Revista de Bioética y Derecho*, 42, 311-341. Recuperado de [www.bioeticayderecho.ub.edu](http://www.bioeticayderecho.ub.edu) - ISSN 1886-5887
- Portillo Barrera, C., Villalta Hernández, T., & González López, J. (2013). *Producción de larva de mosca doméstica (Musca domestica L.) en granjas porcinas como alternativa en el manejo de estiércol, aprovechando su fuente proteica natural en la alimentación de gallinas ponedoras (Gallus gallus)*. San Vicente: UES. Recuperado de

[http://ri.ues.edu.sv/3521/1/PRODUCCION%20DE%20LARVA%20DE%20MOSCA%20DOMESTICA%20\(Musca%20domestica%20L.\).pdf](http://ri.ues.edu.sv/3521/1/PRODUCCION%20DE%20LARVA%20DE%20MOSCA%20DOMESTICA%20(Musca%20domestica%20L.).pdf)

- Pretorius, Q. (2011). *The evaluation of larvae of Musca domestica (common house fly) as protein source for broiler production*. Stellenbosch University, Stellenbosch.
- PROteINSECT. (2016). *Insect Protein-Feed for the Future*. Recuperado de: [www.proteinsect.eu](http://www.proteinsect.eu)
- Quintanilla, J. (2019). "Aplicación de residuos de la industria azucarera para la remediación de un suelo salino-sólido de costa central. Perú.
- Ramos, J. (2003). Insectos como fuente de proteína y sus aplicaciones. *Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Memorias del XXX Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología*, 38. Cali, Colombia.
- Ramos-Elorduy , J., & Gonzalez, E. (2002). "Use of Tenebrio molitor (Coleoptera : Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *Journal of Economic Entomology*, 95(1), 214-220.
- Ramos-Elorduy, J. (1987). *Los insectos como fuente de proteínas en el futuro*. México: Limusa.
- Renault, D., Bouchereau, A., Delettre, Y., Hervant, F., & Vernon, P. (2006). Changes in free amino acids in *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) during thermal and food stress. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A* 143, 279-285.
- Resh, V., & Cardé, R. (2003). *Encyclopedia of insects*. San Diego, CA.: Academic Press.
- Reyes , M. (1980). *Estudio preliminar de la larva de mosca doméstica (Musca domestica L.) como fuente de proteína en dietas para pollos*. (Tesis pregrado), Universidad Autónoma Chapingo, Zootecnia, México.
- Ríos Obregón, J. M., Bernal Gutiérrez, R. M., López González, L., Jiménez Hernández, J., García Pérez de Villamil, Y., & Morell Perez, L. (2018). Análisis cinético de la biodegradabilidad anaerobia de la cachaza con pretratamiento termoalcalino en la producción de metano. *Revista Amazónica y Ciencia y Tecnología*, 7(1), 1-13.
- Rivera Marroquín , B., Díaz Sánchez , C., & Díaz Sánchez , J. (2018). Adición de harina de larva de mosca (*Musca domestica*) como alternativa de alimentación en pollos criollos (*Gallus gallus*) en fase de crecimiento. (Tesis pregrado), Salvador.
- Rubio, B. (2015). Crisis de hegemonía y transición capitalista en el ámbito agroalimentario mundial. *Espacio abierto*, 24.

- Sánchez-Muros, M., Barroso FG, F., & Manzano-Agugliaro, F. (2014). Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *Journal of Cleaner Production*(65), 16-27.
- Sarria, P., Solano , A., & Preston, T. R. (1990). Utilización de jugo de caña y cachaza panelera en la alimentación de cerdos. *Livestock Research for Rural Development*, 2(2).
- Schlapach, A. F. (2007). *Control Integrado de Moscas. Sitio Argentino de producción animal*. Argentina.
- Schlapbach, M. (2016). *Control Integrado de Moscas*. Recuperado de: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_porcina/00produccion\\_porcina\\_general/73-control\\_moscas.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00produccion_porcina_general/73-control_moscas.pdf)
- Scholtz, C., & Holm, E. (1985). *Insects of Southern Africa. Butterworths*.
- Soto, Y. (2012). *Análisis Proximal de la Cerdaza*. Recuperado de <http://cerdazayacaciadecurrens.blogspot.com/2012/08/cerdaza-oporquinaza-laporquinaza-esta.html>.
- Soulsby, E. (1987). *Parasitología y enfermedades parasitarias en los animales domésticos*. Mexico.
- Taupier, L. O. (1986). *La industria de los derivados de la caña de azúcar*. Habana: Científico-técnica.
- Téguia, A., Mpoame, M., & Mba, J. A. (2002). The production performance of broiler birds as affected by the replacement of fish meal by maggot meal in the starter and finisher diets. *Tropicultura*, 20(4), 187-192.
- Tejada de Hernández. (1992). *Control de calidad y análisis de alimentos para animales*. México, D.F: Sistema de Educación Continua en Producción Animal,.
- Teotia , J., & Miller, B. (1973). Fly pupae as a dietary ingredient for starting chicks. *Poult. Sci*, 52, 1830.
- Teotia, J., & Miller, B. (1974). Nutritive content of house fly pupae and manure residue. *Br. Poult Sci.*, 15, 177.
- Tinsley, M., Soifer, N., Kern, J., & Weber, C. (1984). Housefly meal as a protein source for controlled environment aquaculture shrimp. *Nutr. Rep. Int.*, 29(2), 405.
- Valdivié, M. (12 de Febrero de 2016). Los insectos como fuentes de proteína y otros nutrientes. *Engormix*.
- Van Huis, A. (2013). Insectos comestibles.Future prospects for food and feed security food and agriculture organization of the united nations. *Forestry paper*, pág. 171.

- Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (s.f.). *Edible insects: future prospects for food and feed security*. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf>
- Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). *Edible insects: future prospects for food and feed security*. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf>
- Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). *Edible insects: future prospects for food and feed security*. FAO FORESTRY PARTE 171. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf>
- Vargas González, A. (2000). Composición de los subproductos de trigo utilizados en la alimentación animal en Costa Rica. *Nutrición Animal Tropical*, 6(1), 30-33.
- Veldkamp, T., van Duinkerken, G., van Huis, A., Jakemond, C., Ottevanger, E., Bosch, G., & van Boekel, M. (2012). *Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets a feasibility study*. Wageningen: Wageningen UR Livestock Research.
- Velmurugu, R. (2013). Disponibilidad de piensos y nutrición de aves de corral en países en desarrollo. *Monogastric Research Centre*, 68.
- Villasana, J. (1981). *Producción de larvas de mosca común (Musca domestica L.) y su evaluación biológica como fuente de proteína y energía en raciones para aves*. Tesis Profesional, Univ. Autónoma Chapingo, Zootecnia, México.
- Villavicencio Machado, C. (2017). "Control Físico – Etológico de moscas domésticas, usando tres tipos de atrayentes en tres prototipos de trampas." (Tesis pregrado), Universidad de Ecuador, Ecuador.
- Villee, C. (2009). *Biología* (4ta ed.). España: Mc Graw Hill.
- Villegas, H. (2017). Mosca Domestica Biología y Control. *Artrópodos y Salud*, 8(3), 11-14.
- Viñeta Valdelvira, J. (2017). *Diseño y acondicionamiento de una nave para la producción de insectos como piensos alimentarios*.
- Watson, S., & Ramstad, P. (1987). *Structure and composition*. (S. Watson, & P. Ramstad, Edits.) St Paul, EE.UU: Am. Assoc. Cereal Chem.
- Zanuncio, J., Saavedra, J., Zanuncio, T., & Santos, G. (1996). Incremento en el peso de ninfas y adultos *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidea) alimentos con dos tipos de larvas. *Biología Tropical*, 44(3), 241-245.
- Zhenghui, G., Wanqiang, W., Xiaoheng, L., Fen, Z., Wen, L., Xiaoping, W., & Chaoliang, L. (8 de Mayo de 2019). Bioconversion performance and life table of

black soldier fly(*Hermetia illucens*) on fermented maize straw. *Journal of Cleaner Production*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/332954532>

Zhu, F., Wang, W., Hong, C., Feng, M., Xue, Z., Chen, X., Yu, M. (2012). Rapid production of maggots as feed supplement and organic fertilizer by the two-stage composting of pig manure. *Bioresour. Technol*(116), 485–491.

I. Anexos Anexo 1



