

República de Cuba



UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS
CIENCIAS AGRARIAS

Universidad de Cienfuegos

Facultad Ciencias Agrarias

**Rendimiento de larva doméstica (*Musca domestica* L.) con diferentes
proporciones de salvado de trigo y cerdaza en varias cosechas**

Tesis en opción al Título de Ingeniero Agrónomo

Autor: Miguel Antonio Silveira Caminero

Tutor: Dr. C. Enrique Casanovas Cosío

Cienfuegos, 2021

RESUMEN

La demanda de alimentos a nivel mundial está sufriendo cambios nunca vistos con anterioridad por lo que es necesario buscar fuentes alternativas de proteína, de fácil obtención, a corto plazo y con un bajo costo de producción, los insectos pueden tener un fuerte impacto en la alimentación del futuro, ya que tienen múltiples beneficios, nutricionales y ambientales. Entre los insectos que podrían utilizarse como fuentes de nutrimentos en la alimentación animal se encuentra la mosca doméstica (*Musca domestica* L.), pues los insectos pueden ser un enlace interesante y prometedor en la cadena de alimentación animal para cubrir el aumento a nivel mundial, de la demanda de proteínas. Con el objetivo de comparar los niveles productivos de larvas de moscas en varias cosechas, se diseñó un experimento de bloques al azar con cinco réplicas, en magentas, para los siguientes tratamientos: I- salvado de trigo 100 %; II- 50% salvado de trigo y 50 % cerdaza; III- 100% cerdaza, en el mes de octubre de 2021. Se concluye que los rendimientos por cosechas fueron superiores en la combinación de 50% salvado de trigo y 50% Cerdaza y el salvado de trigo con la adición de heces fecales de cerdos en la etapa de engorde puede producir larvas de moscas con altas proporciones, por lo que el salvado de trigo, aun teniendo un bajo valor bilógico demuestra que contiene nutrientes proteicos y lipídicos suficientes para una buena nutrición de las larvas de moscas.

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

SUMMARY

The demand for food worldwide is undergoing changes never seen before, so it is necessary to look for alternative sources of protein, easily obtained, in the short term and with a low production cost, insects can have a strong impact on food. of the future, as they have multiple benefits, nutritional and environmental. Among the insects that could be used as a source of nutrients in animal feed is the house fly (*Musca domestica* L.), since insects can be an interesting and promising link in the animal feed chain to cover the increase worldwide, of protein demand. In order to compare the productive levels of fly larvae in various crops, a random block experiment was designed with five replications, in magenta, for the following treatments: I- 100% wheat bran; II- 50% wheat bran and 50% bristle; III- 100% cerdaza, in October 2021. It is concluded that the yields per harvest were higher in the combination of 50% wheat bran and 50% Cerdaza and wheat bran with the addition of faeces of pigs in the fattening stage can produce fly larvae with high proportions, so wheat bran, even having a low biological value, shows that it contains sufficient protein and lipid nutrients for a good nutrition of fly larvae.

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

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mi familia en especial, a mis padres y amigos, por el sacrificio, dedicación y cariño con que respaldaron siempre mi trayectoria.

INDICE

Introducción	1
Capítulo 1. Revisión bibliográfica	6
Los insectos como alternativa para la producción de piensos.	8
Composición bromatológica y nutricional de la larva de mosca doméstica	15
Afrecho o salvado de trigo	23
Capítulo 2. Materiales y métodos	28
2.1. Localización de la investigación	28
2.2 Características del larvario	28
2.4 Preparación y mantenimiento de los sustratos.	29
2.5. Mediciones	29
2.6. Análisis microbiológico	31
2.8. Análisis estadísticos.	31
Capítulo 3. Resultados y Discusión	32
3.1 Comparación de la temperatura de los diferentes sustratos en el período de formación de larvas.	32
3.2. Cuantificación de la producción de larvas en cada uno de los sustratos incluidos en la investigación.	35
3.3. Valoración de la inocuidad de los sustratos empleados y de las larvas de moscas producidas	40
Recomendaciones	43
Bibliografía consultada	44

Introducción

Los insectos son animales invertebrados del filo de los artrópodos. Comprenden el grupo de animales más diverso de la Tierra de los que se conocen aproximadamente un millón de especies diferentes, cada una de ellas con una cantidad de miembros muy abundante. Se caracterizan por tener dos antenas, seis patas y dos alas, a pesar de que en ocasiones no les sirven para volar. Tienen el cuerpo dividido en tres partes: cabeza, tórax y abdomen y en algún momento de su vida, por lo general cuando pasan a la etapa adulta, experimentan un cambio drástico llamado metamorfosis (Prósper, 2020).

La naturaleza siempre ha proporcionado insectos como fuente de alimento para animales salvajes, los cuales tienen características nutricionales excepcionales (Scholtz y Holm, 1985; Resh y Cardé, 2003). Esto genera la posibilidad de la investigación y uso de insectos disponibles en la naturaleza por la industria de alimentación animal, dado el carácter renovable y la rentabilidad económica asociadas a esta opción. El aprovechamiento de tal potencialidad comenzó a materializarse hace casi un siglo, cuando (Lindner, 1919), fue el primero en informar sobre el uso de insectos en la producción de una fuente proteica.

Los insectos han sido propuestos como fuente alternativa de proteínas, de alta calidad, eficiencia y sostenibilidad. Además de proporcionar una fuente de alimentación rica en proteínas, el uso de insectos en la producción de harinas alternativas para alimentación animal tiene la ventaja de que, en el caso de algunos insectos, el proceso es potencialmente utilizable como vía de gestión de desechos (Veldkamp, et al., 2012). En estos últimos años se ha observado un incremento del interés por el uso de insectos tanto en alimentación humana como para la alimentación animal, ya que suponen una fuente sostenible de proteínas y una alternativa a la proteína animal. Este interés ha causado que la industria de cría de insectos, tanto en Europa como en Estados Unidos, haya experimentado un gran crecimiento en los últimos años (Prósper, 2020).

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 (Rubio, 2015).

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 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).

Debido a la escasez y a la importancia que tiene las proteínas como nutrimento, estos compuestos se han convertido actualmente en el principal foco de atención de la mayoría de los tecnólogos de alimentos en el mundo, los alimentos ricos en estas macromoléculas como la carne, leche y huevo, son escasos en la mayoría de los países en vías de desarrollo y, además, por ser más costosos de producir, son más difíciles de adquirir (Prósper, 2020).

Debido al alto índice de crecimiento demográfico, varios países realizan investigaciones sobre el uso de proteínas no convencionales para el consumo humano con el fin de poder satisfacer las necesidades de este nutrimento en las poblaciones de pocos recursos (Badui, 1999).

Teotia y Miller (1974), anunciaron que las fuentes de proteína en el futuro serán los insectos, pero no todos, solo aquellos que tengan un corto ciclo biológico y un crecimiento exponencial.

Sin embargo, las potencialidades del empleo de los insectos en la alimentación animal constituyen un campo no completamente estudiado aún.

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.

Según Aquino (2005), esta mosca, en estado larvario, presenta un 38,53 % de proteína, comparable a fuentes como la soya y la harina de pescado.

Tinsley, et al., (1984), refieren la alta tasa de reproducción de este tipo de mosca, la cual, según señalan, en un lapso de cinco a seis días se puede transformar de huevo a adulto (dependiendo de la temperatura y humedad ambiental); siendo la hembra capaz de poner hasta 800 huevos.

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 y Miller, 1973, 1974; Miller, et al., 1974).

Los insectos no son la única solución para el problema alimentario del mundo, pero constituyen una alternativa muy viable y completa, la cual sin embargo, se enfrenta a varios retos, pues cazarlos o capturarlos no es suficiente, hay que cultivarlos y para ello se requiere más investigación interdisciplinaria sobre las mejores especies, sus valores nutricionales, su inocuidad, el diseño de granjas de gran tamaño, mecanización, automatización, utilización de una base alimentaria sobre la base de residuos orgánicos que no compita normalmente con el hombre y los otros animales, todo ello para lograr producirlos en gran cantidad, con viabilidad económica y competitividad (Teotia y Miller, 1974).

Experimentos realizados en aves de corral han indicado que la sustitución completa de la harina de pescado por harina de diferentes insectos en los piensos propicia los mismos resultados de crecimiento, observando, además en algunos casos, que el contenido en fibra y grasas de la harina de insectos hace que las aves consuman menos pienso y alcancen el mismo peso (Makkar, et al., 2014; Sánchez-Muros, et al., 2014; De Marco, et al., 2015; Józefiak y Engberg, 2015; Leiber, et al., 2015).

Por otra parte, Casanovas y Rodríguez (2016), señalan resultados positivos de la inclusión de un 10 % de sustrato de salvado de trigo biotransformado por larvas de moscas en la dieta de pollos camperos.

El salvado de trigo con muy bajo valor biológico, como subproducto de la molinería de la industria del trigo (Balandrán-Quintana, et al., 2018), constituye un excelente sustrato para la producción de larvas de moscas (Casanovas, et al., 2021).

La cerdaza generada por los sistemas intensivos de producción, lo constituyen una mezcla de heces, orina, alimento parcialmente descompuesto, desperdicios de alimento, agua, secreciones, microbios intestinales y metabolitos finales de la digestión, ricos en proteína cruda (15 al 30%), especialmente en nitrógeno no proteico en forma de urea (Avalos, 2014). Además, la cerdaza, es un alto contaminante por su composición y más cuando se evacua directamente al medio ambiente, por lo que se han propuesto formas para su utilización como la deshidratación y tratamiento químico (Ramírez, 2012), ensilaje (Campabadal, 1995), entre otros.

Resultados sobre la obtención de larvas de moscas con el empleo de salvado de trigo y cerdaza (Casanovas, et al., 2020, 2021), demuestran la viabilidad de este procedimiento, pero estos resultados han sido obtenidos siempre en la primera cosecha, o sea, cuando las larvas están en la última etapa antes de convertirse en pupa.

Los resultados encontrados en la literatura científica muestran las producciones de una cosecha, pero en los sustratos pueden quedar pequeñas larvas y huevos depositados del día anterior a esta cosecha y sería necesario conocer si con posteriores cosechas aumentan los rendimientos de larvas de moscas.

Atendiendo a lo antes analizado, se plantea como problema científico:

¿Cuál será la cosecha más eficiente para producción de larvas de moscas con diferentes proporciones de salvado de trigo y cerdaza?

La hipótesis sería la siguiente:

La primera cosecha será la más eficiente para la producción de larvas de moscas con diferentes proporciones de salvado de trigo y cerdaza

Objetivo General

Comparar las diferentes cosechas de larvas de moscas con disímiles proporciones de salvado de trigo y cerdaza

Objetivos específicos

1. Comparar la temperatura de las diferentes proporciones de sustratos en el período de formación de larvas en varias cosechas.
2. Evaluar la producción de larvas de moscas en varias cosechas en cada una de las proporciones incluidas en la investigación.
3. Valorar la presencia de patógenos en los sustratos empleados y larvas cosechadas.

Capítulo 1. Revisión bibliográfica

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 (Prósper, 2020).

Demanda de proteína a nivel mundial

La producción de alimentos de origen animal se ha tornado cada vez más costosa en términos económicos y medioambientales. Esta situación se debe principalmente al aumento de la demanda, debido al crecimiento poblacional, lo que genera un incremento en la demanda e ingesta de productos derivados de animales.

Se cree que la demanda de productos cárnicos aumentará considerablemente en un 58% entre 2020 y 2050. Por lo tanto, la producción mundial de concentrados para animales aumentará alrededor de mil millones de toneladas por año, incluidos 600 millones de toneladas de concentrado compuesto (Velásquez, et al., 2021).

La demanda por ingredientes destinados para nutrición animal ha aumentado y se espera que la población humana, los recursos naturales y el ecosistema generen una presión significativa para producir proteína animal. Son necesarios cambios e innovaciones en los sistemas de producción avícola, porcino y ganaderos con el objetivo de satisfacer las demandas actuales y futuras de productos de origen animal. En este contexto, la investigación y la implementación comercial de nuevos alimentos (especialmente los ricos en proteínas) son necesarios para una nutrición animal más sostenible (Veldkamp, et al., 2012).

Los insectos como fuente de proteína

Los insectos deben ser considerados una prioridad en la búsqueda de alimentos alternativos en la nutrición animal, ya que la composición química y el valor nutricional de algunas especies de insectos han sido investigadas en varios países del mundo, demostrando que pueden aportar cantidades significativas de proteína, lípidos, minerales, entre otros nutrientes (Velásquez, et al., 2021), los cuales varían en función de la especie de insecto y la etapa del ciclo de vida en la que son utilizados, por lo tanto, puede mejorar el rendimiento y los índices zootécnicos de animales destinados a la producción, además de ser una alternativa menos demandante en cuanto a recursos naturales y menos generadores de residuos y gases de efecto invernadero (Verbeke, et al., 2015). En este sentido, los insectos son una excelente alternativa en la alimentación de algunas especies de interés zootécnico como: aves, peces, cerdos, entre otros (Velasquez, et al., 2021).

Como resultado del aumento de los ingresos, la urbanización, la evidente necesidad de proteger el medio ambiente, las preocupaciones nutricionales y otras presiones antropogénicas, el sistema alimentario mundial está experimentando un cambio profundo. Se ha producido un cambio importante en las dietas con un mayor consumo de productos animales, y es probable que este cambio continúe en las próximas décadas. Se espera que la demanda de carne y leche sea 58 % y 70 % más alta en 2050 que sus niveles en 2010 y una gran parte de este aumento se originará en los países en desarrollo (FAO, 2011).

El empleo con fines alimenticios de artrópodos adultos o inmaduros es común en diversas partes del mundo. Especialmente de la clase *Insecta*, en el orden *Díptera* se han registrado experimentos en donde este orden adquiere importancia económica. Varias especies están asociadas con la alimentación de animales domésticos, se multiplican en excretas animales, acumulaciones de basuras o desperdicios vegetales (Arango, Vergara y Mejía, 2004).

Los insectos pueden ser un enlace interesante y prometedor en la cadena de alimentación animal para cubrir el aumento a nivel mundial, de la demanda de proteínas.

Pueden ser criados como biorresiduos de bajo grado y convertirse en biorresiduos con alto contenido de proteínas de calidad (Fernández, 2014).

La cría de insectos podría ser una de las formas de mejorar la seguridad alimentaria y de los piensos (Van Huis, 2013). Crecen y se reproducen fácilmente, tienen una alta eficiencia de conversión alimenticia (ya que son de sangre fría) y pueden criarse en corrientes de biorresiduos. Se puede producir un kilogramo de biomasa de insectos con un promedio de dos kilogramos de biomasa de alimento (Collavo, et al., 2005). Los insectos pueden alimentarse de biomasa residual y pueden transformar esto en un alimento de alto valor que constituye por tanto un recurso alimenticio. Un estudio de escritorio ha demostrado que es técnicamente factible producir insectos a gran escala y utilizarlos como un ingrediente rico en proteínas, alternativo y sostenible, en las dietas porcinas y avícolas, particularmente si se crían sobre sustratos de biorresiduos y corrientes orgánicas secundarias (Veldkamp et al., 2012).

A raíz de esta problemática y como fuente alternativa para la producción de proteína animal surge el proyecto PROteINSECT el cual está financiado por la Unión Europea y basa su estudio en el uso de insectos como fuente de proteínas para la alimentación animal. Dicho proyecto ha estudiado la larva de mosca como una fuente de proteína de alta digestibilidad. El estudio se pretende centrar en cinco áreas, con el fin de evaluar los insectos como una posible nueva fuente de proteína para la alimentación animal garantizando métodos sostenibles y económicamente viables. Se asegura que los beneficios serían constatables, ya que los insectos hacen uso de menos recursos para su crianza, necesitan menos espacio y producen menos residuos y emisiones contaminantes, siendo necesario además un menor gasto económico. Dentro de este mismo proyecto se inserta la empresa sudafricana *Agriprotein*, la cual es pionera en la cría y procesamiento de moscas a gran escala para proporcionar alimento a animales monogástricos (PROteINSECT, 2016).

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*) (2013), 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 1kg 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...).

Uso de harina de larvas de mosca doméstica en la nutrición animal

Los requerimientos nutricionales de animales monogástricos incluyen mayor calidad y cantidad de proteína en la dieta desde el punto de vista nutricional, por lo tanto, las fuentes proteicas deben tener un alto contenido de este nutriente, un adecuado perfil de aminoácidos, alta digestibilidad, buena palatabilidad y sin factores antinutricionales.

Actualmente, las principales fuentes de proteína para la alimentación y nutrición de aves son la harina de pescado y la harina de soja, productos vinculados a problemas ambientales en relación con el uso de agroquímicos para su producción que promueven la degradación ambiental, así como, el aumento de los precios de estos productos debido

a la alta demanda y la inestabilidad productiva cada año por diversos factores (Velasquez, et al., 2021).

La búsqueda de proteínas alternativas y sostenibles es un tema de gran importancia y necesita soluciones a corto plazo, lo que convierte a los insectos en una opción de alimentación cada vez más atractiva para las aves. Dado que en el comportamiento natural de las aves silvestres y domésticas está presente el consumo de insectos, especialmente en las primeras etapas de la vida (Makinde, 2015).

La alta exigencia nutricional de pollos de engorde, gallinas de postura y demás especies de aves y el bajo margen de ganancias que obtiene el productor, son factores que promueven la búsqueda por ingredientes de alto valor nutricional. Como una de esas alternativas, algunos estudios en el área avícola demuestran que las larvas de la mosca doméstica común (*Musca domestica*) son una alternativa muy utilizada como alimento para pollos de engorde. Una opción alimentaria que tuvo un impacto positivo en países como: Nigeria, Rusia, Corea del Sur, India, China, Camerún, entre otros (Hwangbo, et al., 2009).

La larva de mosca doméstica (*Musca domestica* L.) se ha empleado como fuente de proteína en la alimentación animal por su alto valor nutricional. Esta 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 (Casanovas, et. al., 2020).

En la mayoría de los estudios documentados, el uso de harina de larvas se comparó con otras fuentes de proteínas para el uso en nutrición animal, donde se evaluó el efecto de la harina de larvas y pupas, como reemplazo de otras fuentes de proteína comúnmente usadas en la alimentación animal (Newton, et al., 1977; Awoniyi, et al., 2003; Ogunji, et al., 2006; Adeniji, 2007; Agunbiade, et al., 2007). Los mismos concluyeron en sus estudios que la harina de larvas de moscas domésticas tiene una composición nutricional adecuada y puede servir como reemplazo de la harina de pescado, así como de otras fuentes de proteínas normalmente utilizadas en la nutrición animal.

Analizando el valor nutritivo de los gusanos y el efecto de la harina de gusanos en los rendimientos de producción de pollos de engorde (Tégua, et al., 2002), concluyeron que,

desde el punto de vista técnico y económico, la harina de gusanos podría reemplazar a la harina de pescado.

Hwangbo et al., (2009) investigaron en Corea del Sur el efecto de la suplementación de gusanos en la calidad de la carne y el rendimiento de crecimiento de los pollos de engorde. Los resultados indicaron que las dietas de alimentación que contienen 10 a 15 % de gusanos en la camada biodegradada pueden mejorar la calidad de la carcasa y el rendimiento de crecimiento de los pollos de engorde. También demostraron que los pollos alimentados con este ingrediente mejoran las características de calidad de la carne y aumenta el peso vivo en 10 a 15%.

Awoniyi y Adetuyi (2004), encontraron que el reemplazo del 25 % de harina de pescado con harina de gusanos fue el más eficiente en términos de ganancia de peso semanal promedio y tasa de eficiencia proteica. Los pesos vivos, así como la longitud, anchura y pesos relativos de los músculos pectorales de los pollos, que a las 9 semanas no se vieron significativamente influenciadas por las dietas. Se concluyó que la harina de gusanos es un sustituto económico para la harina de pescado en la alimentación de pollos de engorde. La producción de gusanos podría al mismo tiempo aliviar el problema ambiental de la acumulación de estiércol.

La utilización de harina de larvas de mosca doméstica en un sistema de alimentación trifásico que incrementó significativamente el promedio del peso vivo de pollos de engorde, la ingestión total y acumulada de alimento, y la ganancia diaria promedio en comparación con maíz comercial - dieta de harina de aceite de soya (Hwangbo, et al., 2009).

En la comparación directa de los niveles de inclusión de larvas con harina de pescado en dieta isonitrogenada e isoenergética, no se observaron diferencias significativas entre un 10 % de larvas de mosca doméstica y una dieta de harina de pescado del 10 % con respecto a la característica de rendimiento. La dieta de harina de larvas de mosca doméstica al 25 % rindió significativamente mejor peso promedio de pollos de engorde en el sacrificio, ingestión total de alimento e ingestión acumulada (desde la segunda semana hasta el sacrificio), así como ganancia diaria promedio en comparación con la dieta de harina de pescado al 25 % en las fases de crecimiento. Se compararon las

características de la canal del 10 % de larvas, el 10 % de harina de pescado y las dietas comerciales. Los polluelos que recibieron el 10 % de harina de larvas de mosca doméstica o el 10% de suplementación de harina de pescado produjeron canales y porciones de músculo de la pechuga significativamente más pesadas que los polluelos que recibió el maíz comercial: harina de torta de aceite de soja. No se encontraron diferencias de tratamiento con respecto al color o el pH del músculo de la pechuga y el muslo (Pretorius, 2011).

También, se han encontrado resultados de la inclusión en sustratos poco digeribles por los cerdos como el salvado de trigo biotransformado por larvas de moscas (Macías, et al., 1998; Ly y Macías, 1998), el cual no presentó aportes significativos a la digestibilidad de los nutrientes.

Si bien la harina de larvas de *Musca doméstica* se considera una buena fuente de proteína para especies animales monogástricas (Calvert, et al., 1970; Teotia y Miller, 1974; Ocio y Vinaras, 1979; Villasana, 1981; García, et al., 1985) no existe mucha información sobre el valor nutritivo del sustrato en el que se desarrollan los insectos. La utilización de larvas de mosca y el sustrato o fuente de cría en su conjunto también ha sido objeto de estudios cubanos en aves (Campos y Reines, 1985; Casanovas y Rodríguez, 2016) y en ganado porcino (Macías, et al., 1998).

Una comparación entre la harina de pescado, la harina de soya con toda grasa y la harina de aceite de soya se muestra en la Tabla 1. De esta tabla se deduce que la harina de larvas es superior a algunas de las otras fuentes tradicionales de proteínas utilizadas en la nutrición animal, pero también, en algunos casos, inferior (De Koning, 2005; Aniebo y Owen, 2008).

En la referida tabla se observa que la harina de larvas de mosca doméstica tiene un alto contenido de proteína cruda que se compara con la harina de torta de aceite de soja y es más alta que la harina de torta de aceite de girasol y más baja que la harina de pescado. Además, que la harina de larvas de mosca doméstica tiene un mayor contenido de grasa cruda que cualquier otra fuente de proteína listada en la tabla. La harina de larvas de mosca doméstica tiene una composición de aminoácidos superior a la harina de torta de aceite de soja y girasol y se compara bien con la harina de pescado. Sin embargo, las

larvas de mosca doméstica tienen concentraciones más altas de histidina y metionina que la harina de pescado.

Tabla 1. Comparación entre la composición nutricional de la harina de larva de mosca y las fuentes de proteínas más comunes.

Composición proximal (% Base de materia seca)	Harina de larvas de mosca doméstica (Aniebo et al. 2008)	Harina de pescado (sardina) (De Koning, 2005)	Tortas de harina de Aceite de soja. (NRC, 1994)	Torta de harina de Aceite de girasol.I (NRC, 1994)
Proteína cruda	50,86	68,84	49,44	35,56
Extracto etéreo	27,32	5,66	0,45	1,22
Fibra Bruta	8,10	1,07	7,87	26,67
Ceniza	6,75	20,38	7,64	Nd
Aminoácidos				
Lisina	6,52	8,86	3,02	1,11
Histidina	3,34	2,88	1,31	0,61
Treonina	2,19	5,34	1,93	1,17
Arginina	6,26	7,04	3,53	2,56
Valine	3,90	6,83	2,33	1,78
Metionina	2,46	2,35	0,70	0,56
Isoleucina	3,30	5,55	2,20	1,11
Leucina	6,86	8,00	3,81	1,78
Fenilalanina	4,28	4,91	2,43	1,28
Triptófano	Nd	1,07	0,83	0,50
Cistina	0,56	4,48	0,74	0,56
Tirosina	3,14	4,70	2,15	Nd

Fuente: Elaborado por el autor; **Nd-** no se presentan datos

La Tabla 1 brinda una clara indicación de cómo estas fuentes de proteínas difieren en cuanto a su valor nutritivo y cómo pudieran usarse juntas para complementarse entre sí

en la industria de alimentos para animales. La harina de larvas de mosca doméstica probablemente debería utilizarse en combinación con otras fuentes de proteínas y la inclusión de posibles aminoácidos cristalinos con el fin de presentar un perfil de aminoácidos equilibrado a los animales.

Composición bromatológica y nutricional de la larva de mosca doméstica

El análisis bromatológico de la larva de *Musca domestica* contiene un alto porcentaje de proteína bruta y otros nutrientes esenciales que avalan su utilización en la elaboración de dietas para las aves, que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2. Análisis bromatológico de la larva de *Musca domestica*

Constituyente	Base seca % (Aguirre y Fuente, 1995)	Base seca % (Lazo, Zavala y Baires, 2010)	Base húmeda % (Lazo, Zavala y Baires, 2010)
PB (Proteína Bruta)	60,93	43,09	8,75
GB (Grasa Bruta)	10,80	14,56	2,40
FB (Fibra Bruta)	13,66	7,19	1,18
MS (Materia Seca)	57,49	13,40	Nd
Ceniza	11,34	18,95	2,21
ELN (Extracto Libre de Nitrógeno)	3,27	Nd	Nd
CHO (Carbohidratos)	16,93	18,95	3,12
Calcio (Ca)	Nd	1,39	0,23
Fósforo (P)	Nd	2,00	0,33
Humedad	Nd	Nd	83,52

Fuente: Aguirre y Fuente, (1995); Lazo, et al., (2010)

Nd- no se presentan datos.

El valor nutritivo de la larva de moscas y sus pupas, está influenciado por la composición de la proteína en estos estadíos, que ha sido caracterizado por (Marín y Pérez, 1998), y su comparación con otras fuentes convencionales de proteínas empleadas en la alimentación animal.

Estos autores, cuyos resultados se reflejan en la siguiente tabla analizaron seis aminoácidos, que se pueden considerar limitantes para una adecuada producción de pollos de engorde ya que contiene un alto contenido proteico (18,17 %).

Tabla 3. Contenido de aminoácidos limitantes en larvas y pupas de la mosca doméstica, así como su comparación con otros suplementos proteicos.

Material	Aminoácidos					
	Arginina	Lisina	Metionina	Cistina	Triptófano	Treonina
Larvas	2,22	3,60	1,40	0,58	Nd	2,09
Pupas	4,20	5,20	2,60	0,40	Nd	3,40
Pasta de soya	3,67	3,10	0,66	0,70	0,75	1,74
Harina de pescado	1,91	4,12	1,63	1,63	0,61	1,36

Fuente: Marín y Pérez, (1998); **Nd-** no se presentan datos.

Según Portillo, et al., (2013), el contenido de proteína y la composición de aminoácidos de la larva de mosca son similares a los de las harinas de carne y pescado.

Las larvas de moscas son una fuente rica en proteína, grasas y minerales, con un contenido alto de aminoácidos esenciales, similar a las harinas de carne o de pescado y superior a la de la torta de soya. La producción de larvas de moscas no representa un problema para el ambiente en la medida en que estas sean consumidas por las aves, ya que el ciclo de vida será interrumpido al quinto día de las larvas y con esto se reduce el problema de las moscas adultas. En este sentido, la producción de larva puede funcionar como un método de control biológico de la mosca (Guerrero y Amaya, 2008).

Reyes (1980), señala que la pasta de soya puede reemplazarse por harina de larva de mosca, sin detrimento de la ganancia de peso; sin embargo, indica que la conversión alimenticia empeora, cuando se sustituye el 75 y 100% de la pasta de soya por harina de larva. Esto tal vez puede explicarse por qué la harina de larva de mosca no fue separada totalmente de los residuos de estiércol, lo que provoca disminución del contenido de energía de las dietas.

El estado larvario de la mosca doméstica es una etapa de su metamorfosis previa al estado de pupa, el cual se caracteriza por la acumulación de cantidades importantes de triacilglicerol que utiliza como fuente de energía para su migración y para su transformación a adulto. Esto hace suponer que las larvas de mosca poseen un valor de energía metabolizable superior al de la pupa.

Se observa variación en la composición química informada por varios autores (Calvert, et al., 1969; Inaoka, et al., 1999; Newton, et al., 2004; Aniebo, et al., 2008; Fasakin, et al., 2003; Newton, et al., 1977) cuya causa radica en la edad de cosecha (larvas versus pupas) (Calvert, et al., 1969; Inaoka, et al., 1999; Newton, et al., 1977; Aniebo, et al., 2008), el método de secado (Fasakin, et al. 2003) y el sustrato de alimentación larval empleado (Newton et al. 1977).

El estudio publicado por Aniebo y Owen (2010), muestra que el valor nutricional de la harina de larvas de mosca doméstica está significativamente influenciado por la edad a la que se cosecha la larva y el método de secado. Los resultados de este estudio revelaron que el contenido de proteína significativamente ($P < 0.05$) disminuyó con la edad. Los autores observaron una disminución en los valores de proteína de 59.6, 54.2 a 50.8 % de MSD respectivamente, y un aumento en el contenido de grasa que se encontró que era de 22.4, 23.9 a 27.3 % de materia seca, respectivamente, cuando las larvas entraban al horno para secarse a los dos, tres y cuatro días de edad. Este fenómeno podría estar relacionado con el hecho de que, cuando los insectos / larvas se acercan a la fase de pupa en metamorfosis, comienzan a almacenar más energía en forma de lípidos (Pearincott, 1960) y utilizan las proteínas en reacciones enzimáticas para la formación de la capa de quitina (Kramer y Koga, 1986). Aniebo y Owen (2010), también informaron que el secado al sol de las larvas producía larvas con valores de proteína más bajos y mayores contenidos de grasa que el secado al horno.

Técnicas de producción de larvas de mosca doméstica

En la literatura se han descrito varios métodos para producir y cosechar las larvas de mosca. Los primeros experimentos investigaron pupas en lugar de larvas, porque se creía que la recolección de pupas era más fácil (Calvert, et al., 1969), pero desde entonces se han resuelto los aspectos técnicos relacionados con la recolección de las larvas.

El abono de aves de corral es el sustrato más común citado en la literatura para la cría de la mosca doméstica (Akpodiete, et al., 1997), a veces se ha utilizado un atrayente de moscas, como lo es la carne animal o podrida (Odesanya, et al., 2011). Otros sustratos mencionados en la literatura incluyen: estiércol de cerdo (Zhu, et al., 2012), sangre de ganado y salvado de trigo (Aniebo, et al., 2008), tripas de pescado (Ossey, et al., 2012) y una mezcla de contenido de huevo, desechos de criadero y salvado de trigo (Ebenso y Udo, 2003). La técnica principal consiste en llenar tanques o cajas con estiércol, espolvoreado con agua regularmente para mantenerlo húmedo y atraer a las moscas. Un rango de humedad del 60 – 75 % es adecuado para el desarrollo larval. Las temperaturas deberían estar en el rango de 25 a 30 °C ya que los gusanos están inactivos y se desarrollan deficientemente por debajo de los 20 °C (Miller, et al., 1974).

Biología de la mosca doméstica

La mosca doméstica es el insecto más cosmopolita de la actualidad, siendo uno de los insectos contaminantes más comunes en los asentamientos humanos (Villegas, 2017). Como plaga universal, se encuentra en todos los espacios de la zona urbana y rural, incluyendo las viviendas y ambientes de explotaciones pecuarias y avícolas (Roncal, 2019).

Clasificación taxonómica de *Musca domestica*

Tabla 4. Clasificación taxonómica de mosca doméstica.

Reino	<i>Animalia</i>
Phyllum	<i>Arthropoda</i>
Clase	<i>Insecta (Hexapoda)</i>
Sub clase	<i>Pterygota</i>
Orden	<i>Diptera</i>
Sub orden	<i>Cyclorrhapha</i>
Súper familia	<i>Muscoidea</i>
Familia	<i>Muscidae</i>
Sub familia	<i>Muscinae</i>
Género	<i>Musca</i>

Especie	<i>Musca doméstica</i> , L 1758
---------	---------------------------------

Fuente: Roncal, (1998); **Nd-** no se presentan datos.

Ciclo de vida

La mosca doméstica es atraída por desperdicios, secreciones y excretas (Roncal, 2019), por lo que se reproducen en materia vegetal podrida o heces de animales (Villegas, 2017). Pertenecen al orden *Diptera*, que significa "con dos alas"; las mismas que presentan metamorfosis completa (Cahua, 2019), es decir, que su ciclo biológico consiste en los estadios siguientes: huevo, larva (las llamadas crías o gusanos), pupa y adulto (Roncal, 2019), (Figura 1). La larva muda 2 veces, de modo que hay una primera, una segunda y una tercera fase larvaria, siendo cada una de ellas de mayor tamaño que la precedente (Villegas, 2017). La larva que sale del huevo es muy pequeña y transparente, y completa su crecimiento dentro de los siguientes 4 o 5 días; este período puede prolongarse debido a baja temperatura, sequía o escasez de alimento. La vida larvaria dura, en término medio 5 a 6 días. Al final de su periodo, en los 2 últimos días, la larva deja de alimentarse, su tegumento se contrae y endurece formando un pupario, en cuyo estado pasan 3 días (Cahua, 2019).

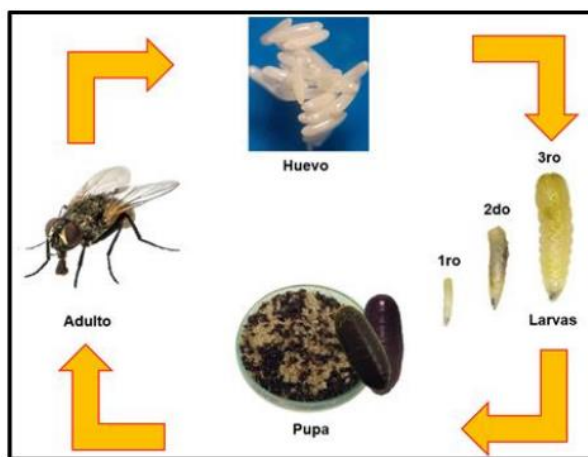


Figura 1. Ciclo de vida de la mosca doméstica

Fuente: Roncal, (2019)

Bajo temperaturas de calor moderadas durante el verano, la etapa de huevecillo requiere de 8 a 12 horas para eclosionar; el estado larval dura un aproximado de 10 días y de huevecillo a insecto adulto, 10 días. Esto permite de 10 a 12 generaciones en un verano.

La temperatura influye, tanto en la supervivencia de las larvas como en el tiempo requerido para el desarrollo de huevecillo a adulto. Los siguientes datos sobre la duración de este período pueden ser considerados como representativos: a 16°C, 45 días; a 18°C, 27 días; a 20°C, 20 días; a 25°C, 16 días; a 30°C, 10 días (Portillo, et al., 2013). Por lo regular los huevos eclosionan en menos de 24 horas y bajo condiciones favorables de temperatura y humedad relativa a las 8 horas de puestos (Cahua, 2019).

Reproducción de la mosca doméstica

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



Figura 2. Huevos agrupados de mosca doméstica (*Musca domestica* L.)

Fuente: Cahua, (2019)

LARVAS: Una vez emergida, la larva, (Figura 3), 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. Cuentan con 2 espiráculos en la parte anterior que son aberturas que permiten la entrada de aire en el sistema respiratorio de la larva.



Figura 3. Larvas vermiformes de mosca doméstica

Fuente: Elaborado por el autor

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, (Figura 4). El pupario va oscureciéndose gradualmente hasta adquirir un intenso color marrón oscuro.



Figura 4. Pupas de mosca doméstica

Fuente: Elaborado por el autor

ADULTO: La mosca adulta, (Figura 5), 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 (Villegas, 2017).



Figura 5. Adulto de mosca doméstica

Fuente: Villegas, (2017)

Actividad de *Musca domestica*

Las moscas son inactivas durante la noche, durante ese tiempo se posan en el cielo raso o en las vigas más altas de las casas, alambres y cordeles, árboles, arbustos, o alambres que están fuera de la casa o también sobre la hierba. Durante el día se las encuentra cerca de las fuentes de alimento y de los lugares de reproducción. En zonas tropicales prácticamente hay moscas todo el año, en estaciones marcadas, pasan el invierno en estado de larva y pupa, dentro de pilas de estiércol o de otro material que les brinde protección. Los veranos ($t\ 24 - 25^{\circ}\text{C}$) son generalmente las condiciones óptimas para su desarrollo, lo cual permite completar su ciclo de vida en un periodo tan corto como 7-10 días y pueden tener de 10 a 12 generaciones en la misma estación (Roncal, 2019).

Las poblaciones de mosca doméstica se pueden dispersar rápidamente hacia nuevas áreas, individualmente vuelan hasta 32 Km de distancia, cuando se dispersan en grupos

hasta 5 o 6 Km. en cantidades considerables. La velocidad promedio es de 7 kilómetros por hora (Capinera, 2010).

Afrecho o salvado de trigo

El afrecho o salvado de trigo es un subproducto del procesamiento del trigo, para la obtención de harina, el cual se destina en su mayor parte a la alimentación animal (Heuzé, et al., 2013) y tradicionalmente ha recibido menor atención en lo que respecta a sus propiedades nutrimentales, fitoquímicas y funcionales, por lo que su utilización para consumo humano se ha basado en aplicaciones específicas, apreciándose principalmente por su alto contenido de fibra insoluble (Balandrán-Quintana, et al., 2018). Normalmente se presenta en polvo, pero últimamente se le comercializa peleteado. Su calidad por concentración tanto proteica como energética es muy variable, estando ambas muy equilibradas (Heuzé, et al., 2013).

En la actualidad, se encuentran documentadas una serie de propiedades del salvado que son benéficas para la salud humana, gracias a sus componentes, entre los que se incluyen la fibra dietaria, proteínas, minerales, vitaminas del complejo B, vitamina E, compuestos fenólicos, luteína, antocianinas, tocotrienoles y ácido fítico (Nogata y Nagamine, 2009; Shewry, 2009; Fardet, 2010; Brew er, et al., 2014; de-Mora, 2015; Onipe, et al., 2015). Estos compuestos nutricionales y bioactivos son importantes en la prevención de enfermedades degenerativas (Javed, et al., 2012; Rosa-Sibakov, et al., 2015), por lo que el consumo del salvado ha tendido a incrementarse en los últimos años.

La composición química del salvado de trigo es compleja. En la Tabla 4 se presentan los componentes más representativos, entre los que destacan la fibra dietaria total, principalmente fibra insoluble lignificada (Rosenfelder, et al., 2013), las proteínas y, en menor proporción, lípidos y cenizas. Así mismo, se observa un nivel relativamente alto de ácido fítico, que constituye la reserva de fósforo del grano y el cual es considerado un factor antinutricional, ya que puede interferir con la absorción de minerales como Fe, Mg, Zn y Ca (Stevenson, et al., 2012; Prückler, et al., 2014; Reisinger, et al., 2014). Entre los compuestos fenólicos, el ácido ferúlico es importante y se encuentra esterificando algunos residuos de arabinosa de los arabinoxilanos, los cuales son polisacáridos que

representan mayormente a la fibra dietaria en el salvado de trigo (Balandrán-Quintana, et al., 2018).

Tabla 4. Composición química del afrecho o salvado de trigo.

Análisis proximal	% (p/p)
Proteína	9,9 a 18,6
Humedad	11,6 a 12
Lípidos	5 a 6,3
Cenizas	5,7 a 6,5
Fibra dietaria total	36 a 63
Almidón	21,1 a 38,9
Minerales	(mg/100g)
Fe	2,5 a 19,0
Mg	390 a 640
Zn	2,5 a 14,1
Mn	4 a 14
P	900 a 1500
Ca	24 a 150
Na	2 a 41
K	1182 a 1900
Compuesto bioactivo	(g/100g)
Fibra total	35,7 a 53,4
Celulosa	6,5 a 9,9
Hemicelulosa	20,8 a 33,0
Lignina	2,2 a 9,0
Arabinosilanos	5,0 a 26,9
B-glucano	1,1 a 2,6
Ácido fítico	2,3 a 6,0
Ácidos fenólicos totales	0,761 a 1,384

Fuente: Balandrán-Quintana, et al., (2018); **Nd-** no se presentan datos.

La Cerdaza

La cerdaza generada por los sistemas intensivos de producción, lo constituyen una mezcla de heces, orina, alimento parcialmente descompuesto, desperdicios de alimento, agua, secreciones, microbios intestinales y metabolitos finales de la digestión, ricos en proteína cruda (15 al 30%), especialmente en nitrógeno no proteico en forma de urea (Avalos, 2014).

El uso de las excretas sin tratamiento y sin evaluación de las condiciones microbiológicas de éstas, puede resultar en el riesgo de transmisión de enfermedades. Los sólidos que se usan como abono de terrenos agrícolas y los efluentes de las granjas provocan la contaminación de ríos, mantos freáticos, etc.

Otros Usos de las excretas de los cerdos:

- Producción de biogás: Se da por fermentación anaeróbica a partir de materiales orgánicos y el producto final es una mezcla de metano, dióxido de carbono, sulfuro de hidrogeno y vapor de agua. También se produce un residuo llamado bioabono, el cuales rico en nitrógeno (Campabadal, 1995).
- Abono orgánico: Las excretas de los cerdos contienen la mayoría de los nutrientes que necesita la planta para su crecimiento y desarrollo, puede emplearse como un insumo que sustituye a fertilizantes convencionales de alto costo. Se estima que las excretas diarias son de 65 kg por cada 100 kg de peso vivo. Los cerdos en crecimiento solo usan el 30 y 35% de nitrógeno y fosforo ingerido (Guzmán, 2013).
- Alimento animal: Según Guzmán (2013), la composición química y valor nutricional de la cerdaza demuestra que es un material con proporciones similares a subproductos de cereales con alto contenido de nitrógeno. Al integrarlo en el alimento animal se reduce la contaminación producida por la acumulación de desechos en las granjas porcinas.

Según Monge (2005), el contenido nutricional de la cerdaza es determinado principalmente por dos factores, que son: las raciones de los cerdos y el sistema de almacenamiento, así mismo todas las prácticas de manejo de limpieza, como la cantidad de agua o desperdicio de la misma. La composición de la cerdaza en materia seca, se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 5. Composición Porcentual de la Cerdaza (Base seca)

NUTRIENTES	MEDIA, %
Humedad	22,93
Materia Seca	77,05
Cenizas	10,40
Extracto etéreo	3,47
Fibra cruda	11,70
Extracto libre de Nitrógeno	31,48

Fuente: Monge, (2005)

La cerdaza son ricas en lisina, leucina, treonina y otros aminoácidos esenciales, que están determinados por el tipo de dieta de los cerdos y el tratamiento al que se somete (Avalos, 2014).

Tabla 6: Composición de Aminoácidos de la Cerdaza

AMINOÁCIDOS	EXCRETA SECA%
Fenilalanina	0,87

Lisina	1,11
Arginina	0,67
Treonina	0,8
Metionina	0,58
Isoleucina	1,03
Leucina	1,57

Fuente: Campabadal, (1995)

Capítulo 2. Materiales y métodos

2.1. Localización de la investigación

La investigación se realizó en una nave de techo de zinc (3,80 m de largo por 2,72 m de ancho y 2,05 m de altura), rodeada de malla metálica con orificios de 1 cm en el mes de octubre de 2022.

2.2 Características del larvario

Dentro de la mencionada nave en una mesa de 1 m de largo, 60 cm de ancho, 85 cm de alto, donde se situaron las magentas para la producción de las larvas en los diferentes sustratos. Las magentas de propileno de un área de 95 cm² de área y una altura de 9 cm, con un volumen total de 285 cm³.

2.3 Diseño experimental

Se aplicó un diseño experimental de bloques al azar con cinco réplicas, (Figura 6), (cada magenta se consideró una unidad experimental), para los siguientes tratamientos, compuestos por diferentes proporciones de salvado de trigo y cerdaza a tres centímetros de altura.

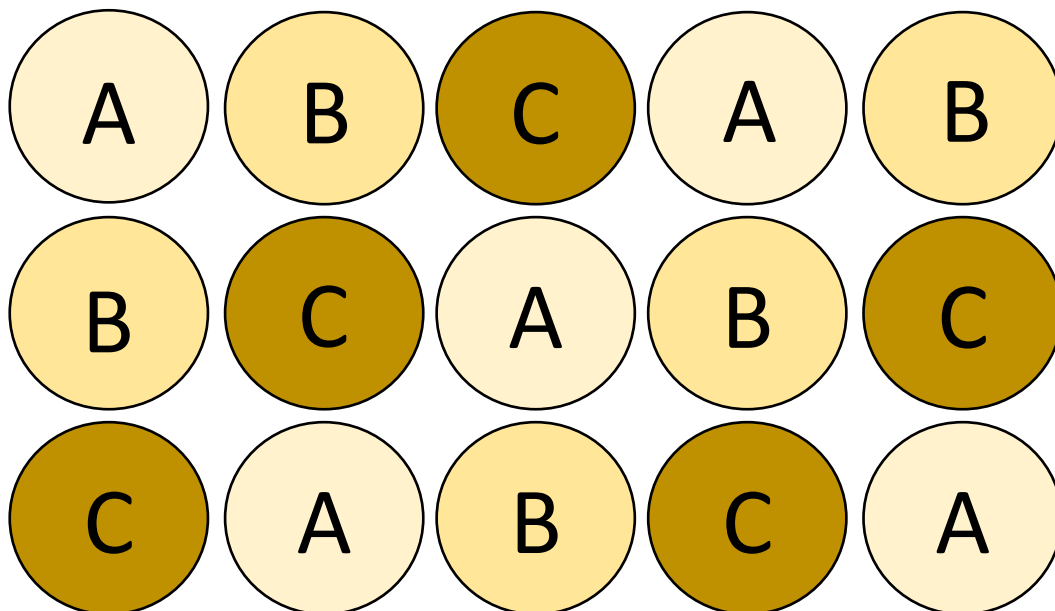


Figura 6. Distribución de los tratamientos en el moscario

Leyenda: A- salvado de trigo 100 %; B- 50% salvado de trigo y 50 % Cerdaza; C- 100% Cerdaza.

2.4 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.

La cerdaza se expuso al sol en una bandeja protegida por malla antiáfido, para evitar la contaminación por insectos, hasta obtener un contenido de materia seca de 85 %.

El salvado de trigo, se obtuvo del que se ofrece a los criadores porcinos con un contenido de materia seca de 85 %.

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). Además, se removieron diariamente todos los sustratos después de humedecidos los mismos. Se midió la cantidad de agua para cada sustrato, en mililitros.

2.5. Mediciones

Las larvas cosechadas tenían una talla mayor de 8 mm, medidas a través de una regla. La 1ª cosecha de larvas se efectuó el 6º día de comenzado el experimento, a continuación, con un intervalo de un día se realizaron las siguientes cosechas, que teniendo en cuenta la puesta y formación de las larvas con un intervalo de 6 días, se agruparon los conteos como cosechas para este intervalo.

Por lo tanto, se realizaron las siguientes mediciones diariamente, para cada réplica de cada tratamiento:

- *Temperatura de los sustratos:* la temperatura presente en cada réplica de los sustratos se tomó en el horario de la mañana (08:00 a 09:00 H) con termómetros marca *Skalenwert 0,5 K PGW 002*, en grados centígrados (°C).

- *Temperatura ambiente dentro del moscario*: se tomó en el horario de la mañana (08:00 a 09:00 H) y los valores mínimos y máximos 24 horas anterior a este horario, con un higrómetro digital.
- *Humedad relativa dentro del moscario*: se tomó en el horario de la mañana (08:00 a 09:00 H) y los valores mínimos, máximos 24 horas anterior, con un higrómetro digital.
- *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.
- *Agua*: El agua utilizada se midió al inicio del experimento con una probeta graduada en ml. Los días que se removieron los sustratos se humedecieron y se tomó la cantidad de agua en ml, desde una jeringuilla graduada.
- *1ª cosecha de larvas de moscas*. Las larvas se comenzaron a cosechar cuando estas se encontraban en su tercer estadio (mayor de 8 mm). Posteriormente las magentas se cubrieron con su tapa horadadas con 10 orificios de 1mm, para estimar el error de larvas no contadas al visualizar las nuevas moscas.
- *2ª a 5ª cosechas de larvas de moscas*. Se procedió a cosechar en días alternos cuando las larvas cumplían con la condición anterior. Por lo que se consideró la primera cosecha a los 6 días, la 2ª cosecha al 8º día, la 3ª cosecha el 10º día, la 4ª cosecha el 12º día y la 5ª cosecha el 14º día, de comenzado el experimento. Se terminaron las cosechas cuando visualmente no se observaron larvas en las magentas.

En cada cosecha se procedió al conteo de las mismas para cada sustrato. De cada conteo se tomaron 20 larvas al azar replicadas tres veces para conocer el peso de una larva, empleando 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 para cada cosecha y el total se estimó de acuerdo:

- Rendimiento larvas (medio) g m⁻²: [(Peso total de las larvas por magentas * Cantidad de larvas por magentas) * (10000)] / (Área de magenta)

- Rendimiento larvas (medio) g kg⁻¹: [(Peso total de las larvas por magentas* Cantidad de larvas por magentas) *(1000)] / (Peso del sustrato utilizado)
Además, se calculó el gasto total de agua para el período según:
- Consumo de agua (medio) ml m⁻²: (cantidad de agua) / (10000/área magenta)

2.6. Análisis microbiológico

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 Provincial de Medicina Veterinaria, Cienfuegos, para realizar el análisis correspondiente a la presencia de:

- Salmonella (NC-ISO 7251, 2008).
- Coliformes fecales (NC-ISO 7251, 2010)
- Coccidia (NRAG-686, 1982)

2.8. Análisis estadísticos.

Las variables creadas se asentaron en el programa estadístico IBM.SPSS v23 (2016). Se realizó un análisis de varianza entre los tratamientos. 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 realizó mediante el test de Tukey. Los valores de P establecidos fueron de 0,05 y 0,01.

Capítulo 3. Resultados y Discusión

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

Las temperaturas en cada sustrato por la mañana mostraron diferencias entre ellos, con valores desde 23,26 °C a 36,42 °C. No obstante, en el primer día los sustratos presentaron igual temperatura, la misma elevándose a partir del segundo día, comenzando a descender a partir del sexto día, siendo la temperatura de los sustratos en los días 0 (día inicial del experimento), 10 ,11, 12 y 14 inferior a la temperatura dentro del moscario en la mañana (Figura 7).

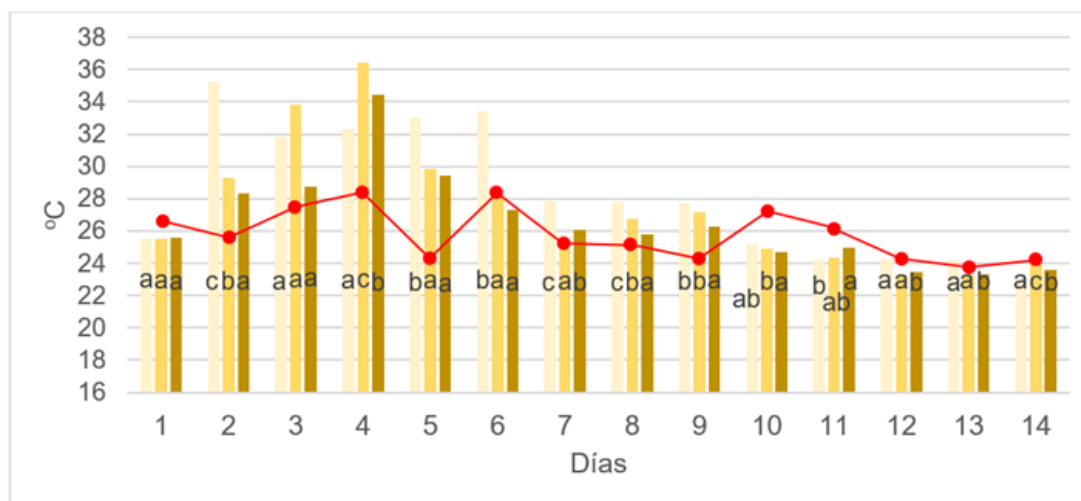


Figura 7. Comparación de la temperatura entre sustratos y temperatura dentro del moscario (08:00 H) y media por la mañana, $\bar{X}$

Leyenda: Valores entre las columnas por días sí difieren para $P < 0.05$ (Tukey) $ES \pm 0,50$

Temperatura dentro del moscario; - salvado de trigo, -50% salvado de trigo y 50% cerdaza, -cerdaza.

temperatura dentro del moscario

La temperatura en el sustrato con salvado de trigo fue superior a los otros tratamientos, excepto en el 4º día. La mayor temperatura alcanzada por este sustrato fue de 36,42 °C.

Las temperaturas para un buen desarrollo de las larvas de moscas en la literatura no siempre coinciden. La menor temperatura alcanzada al decimotercer día fue en el sustrato compuesto por salvado de trigo, con 23,26 °C. Por otra parte, la mayor temperatura fue al cuarto día en el sustrato compuesto por 50% salvado de trigo y 50% cerdaza, la cual excede los límites para el desarrollo de las larvas según lo reportado por (Miller, et al., 1974) y superior a lo mencionado para las larvas por (Cicková, et al., 2012) y (Pastor, et al., 2014).

Las larvas de mosca se desarrollaron entre temperaturas ambiente, dentro del moscario, mínimas de 21,6 °C y máximas de 39,8 °C. O sea, que para este experimento la producción de larvas de moscas fue apta entre 21,6 °C y 39,8 °C (Figura 8).

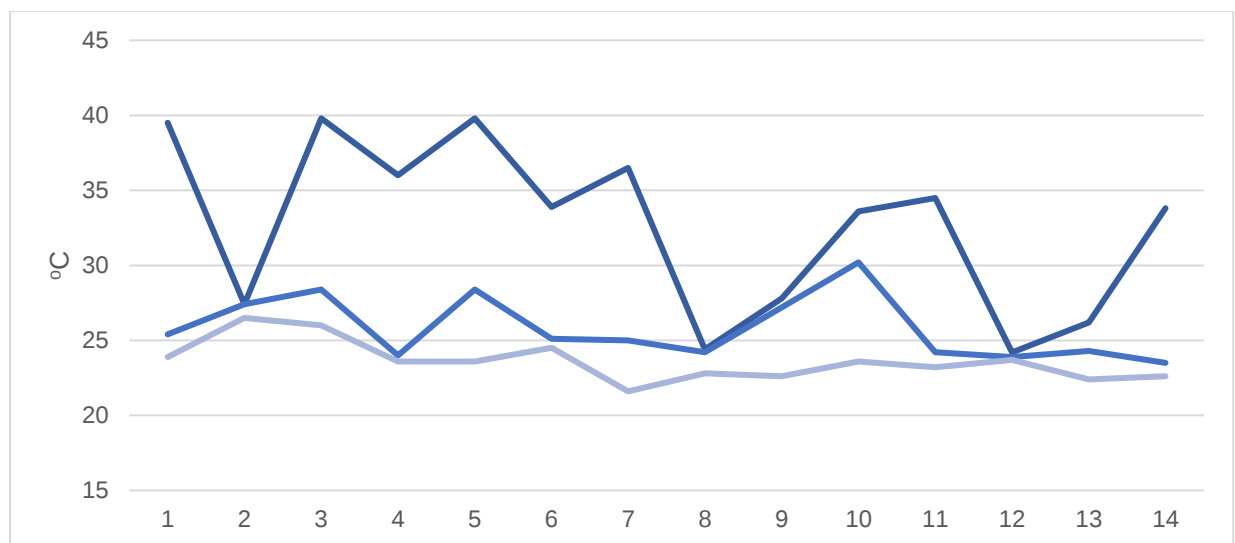


Figura 8. Valores de la temperatura máxima, mínima y media (08:00 H) por la mañana, °C

Leyenda: ■ - T_{máx}; - Temperatura máxima; ■ - T_m – Temperatura media; ■ - T_{mín} - Temperatura mínima.

Por otra parte, Cruz, et al., (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 °C; además, señalan que superior a 29 °C las producciones de larvas de moscas en bandejas en estufas controladas fue menor que las temperaturas mencionadas anteriormente.

Por su parte, Gállego (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 °C. Sin embargo, Escolástico, et al., (2013), señalan que la especie de mosca doméstica es capaz de soportar temperaturas desde 5 a 45 °C.

La humedad relativa en el período evaluado (08:00 H) y media por la mañana estuvo en valores desde 30,0 % en el día 1, hasta 76,0 % en el día 13. Esto fue causado por una vaguada estacionada sobre la ciudad en el período evaluado, el día 7 ,8 y 11 de haber comenzado el experimento.

Los valores máximos de humedad relativa los días 5, 10 y 12 fueron muy similares, no observados en los restantes días. A su vez, los valores mínimos de la humedad relativa fueron similares en los días 1, 4, 6 y 14, los cuales no se manifestaron así en los restantes días.

Los valores de humedad relativa se encontraron como aceptables entre 42,0 % y 75,0 %, que permitieron con las temperaturas mencionadas anteriormente un desempeño de la reproducción de las larvas de moscas.

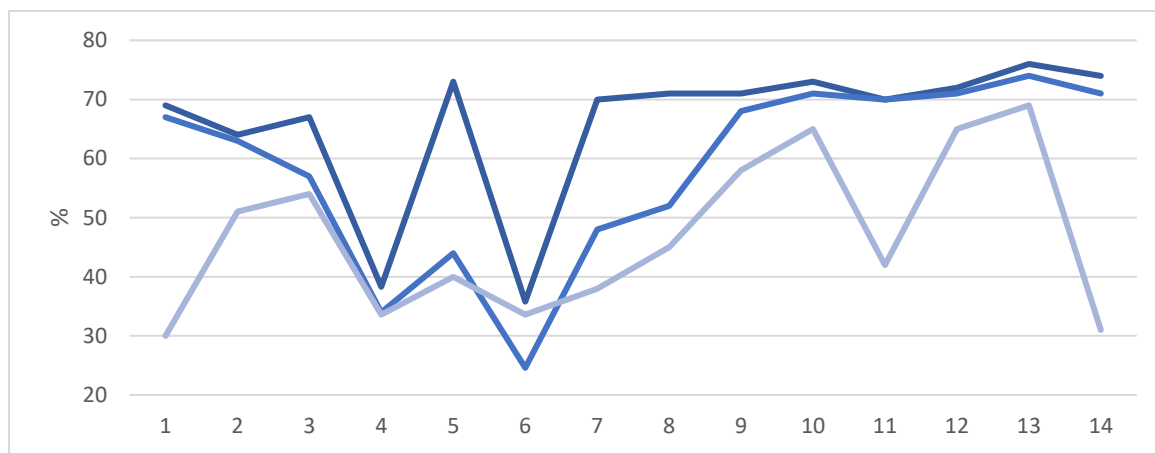


Figura 9. Valores de la humedad relativa máxima, mínima y media (08:00 H) por la mañana, %

Leyenda: ■ - HRmáx; - Humedad relativa máxima; ■ -HRm - Humedad relativa media; ■ -HRmin - Humedad relativa mínima.

Para el período evaluado con varias cosechas de larvas de moscas con estos sustratos es permisible con temperaturas ambientes dentro del moscario, entre 23,02 °C y 36,08 °C con valores de humedad relativa desde 30,0 % hasta 76,0 %.

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 194 ml - salvado de trigo -206 ml - 50% salvado de trigo y 50% cerdaza y 192 ml – cerdaza, dando como resultado una proporción de 1:0,94 de agua y salvado de trigo, 1:0,93 de agua y 50% salvado de trigo y 50% de cerdaza y 1:0,86 de agua y cerdaza. (Tabla 7). Estos valores son inferiores a los expuestos por Miranda y Tombrlin (2018); Casanovas, (2020, 2021), donde emplearon para la cría de larvas de mosca doméstica el salvado de trigo, que utilizaron la proporción de 1:1 de agua y salvado de trigo.

Tabla 7. Comparación de la cantidad de agua empleada por tratamientos y peso del sustrato inicial

Días	Salvado de trigo	50% salvado de trigo y 50% cerdaza	Cerdaza	ES ±
0	194.00 ^a	206.00 ^b	192.00 ^a	9.56 *
1	17,00 ^a	28,00 ^b	30,00 ^b	10.11 *
2	12,00 ^{ab}	14,00 ^b	10,20 ^a	9.82 NS
3	14,20 ^a	13,60 ^a	28,40 ^b	11.21
4	9,20 ^b	4,80 ^a	6,00 ^a	2.65
5	15,60 ^a	17,00 ^a	19,40 ^a	6.87
6	13,80 ^b	12,00 ^b	6,00 ^a	8.35
7	ND	ND	ND	---

8	ND	ND	ND	---
9	4,00 ^a	6,60 ^b	10,80 ^c	0.21
10	4,40 ^a	6,60 ^b	11,40 ^c	2.69
11	ND	ND	ND	---
12	0,60 ^a	0,90 ^a	1,50 ^a	0.36
13	19,00 ^a	20,20 ^{ab}	29,00 ^b	5.87
Subtotal	109.80 ^a	123.70 ^a	152,70 ^b	19.35 *
Total	301.80 ^a	298.70 ^a	327.70 ^b	18.52 *
Peso sustrato 1er día	206.00 ^a	222.00 ^a	223.00 ^a	12.77 NS

*Leyenda: Filas con diferentes subíndices difieren para * $P < 0,05$, NS- No significativo (Tukey)*

ND- no se presentan datos.

La cantidad de agua empleada en el período evaluado del día 1 al 14 en el (salvado de trigo), (50% salvado de trigo y 50% cerdaza) y (cerdaza) fue 1155,78; 1302,10 y 1607,36 ml m^{-2} , respectivamente. Por otra parte, la cantidad de agua que se empleó desde el inicio del experimento (día 0-14) en el (salvado de trigo), (50% salvado de trigo y 50% cerdaza) y (cerdaza) fue 3176,84; 3144,21 y 3449,47 ml m^{-2} , respectivamente. La mayor cantidad de agua utilizada fue en el sustrato comprendido por cerdaza, sin embargo, el salvado de trigo mostró un valor similar en cuanto al empleo de agua por sustrato.

La aparición de la primera larva en su tercer estadio (8 mm) fue en todos los sustratos al sexto 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 según lo planteado por otros autores (Floate, et al., 2013) 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.

La mayor cantidad de larvas para la primera cosecha se obtuvo la combinación 50 % salvado de trigo y 50 % cerdaza, con 2910,0 larvas. El salvado de trigo presentó valores menores que la anterior (1934.80 con $P < 0,05$), siendo el de menor valor el sustrato compuesto por cerdaza. Para el resto de las cosechas (día 8-14) la mayor cantidad de larvas se obtuvo de la combinación (50 % salvado de trigo y 50 % cerdaza), por otra parte, el sustrato (salvado de trigo) presentó valores inferiores que el anterior, siendo el sustrato compuesto por cerdaza el de menor valor (Tabla 8).

Tabla 8. Comparación del rendimiento de la cantidad de larvas por tratamientos, u.

Tratamientos	1ª Cosecha	Otras cosechas	Error estimación	Total
Salvado de trigo	1934,80 ^a	912,80 ^a	5,60 ^a	2847,60 ^a
50% salvado de trigo y 50% cerdaza	2910,00 ^b	1287,40 ^b	6,80 ^a	4197,40 ^b
Cerdaza	1271,25 ^a	561,60 ^a	5,00 ^a	1833,20 ^a
ES±	734,25 *	88,54 *	1,34 NS	828,58 *

*Leyenda: Columnas con diferentes subíndices difieren para * $P < 0,05$, NS- No significativo (Tukey)*

En el transcurso del experimento se encontraron por error de estimación, o sea larvas que se convirtieron en pupa y eclosionaron 5,60; 6,80 y 5,00, para los tratamientos I, II y III, respectivamente; que se considera adecuado y, además, no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$).

El peso promedio de las larvas obtenidas durante la investigación, mostró valores similares a los que reporta García (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 mayor peso de larvas para la primera cosecha se obtuvo del sustrato (50% salvado de trigo y 50% cerdaza), sin embargo, el sustrato compuesto por cerdaza presentó valores similares a este último, siendo el salvado de trigo el sustrato que menos aportó al peso de las larvas en la primera cosecha. Por otra parte, en la segunda cosecha los sustratos salvado de trigo y cerdaza presentaron valores similares, siendo la combinación 50% salvado de trigo y 50% cerdaza la que mayor peso tuvo por larva en la segunda cosecha. Para la quinta cosecha se obtienen valores similares entre los sustratos (50% salvado de trigo y 50% cerdaza) y (cerdaza), mientras que el sustrato salvado de trigo difiere estadísticamente de los anteriores (Tabla 9).

Tabla 9. Comparación de los pesos promedio de las larvas, g

Tratamientos	1ª Cosecha	2ª Cosecha	5ª Cosecha	Promedio
Salvado de trigo	0,00326 ^a	0,005720 ^a	0,00125 ^a	0,00341 ^a
50% salvado de trigo y 50% cerdaza	0,01912 ^b	0,009920 ^b	0,00606 ^b	0,01170 ^c
Cerdaza	0,01299 ^b	0,006420 ^a	0,00642 ^b	0,00861 ^a
ES±	0,007448*	0,00599 *	0,00357 NS	0,00375 *

*Leyenda: Columnas con diferentes subíndices difieren para * $P < 0,05$, NS- No significativo (Tukey)*

Además, se observó que ya para la última cosecha los pesos de las larvas disminuyeron con respecto a la primera cosecha en cada sustrato. Esto puede estar influenciado por la tasa de alimentación de las larvas, ya que está descrito que, cuando más alta sea la tasa alimentación se incrementa más el peso de las larvas (4%- 16%), de la pupa (16%- 25%) y el adulto (8%- 25%), así como la longevidad del adulto (7%- 28%); con los mejores resultados obtenidos con la gallinaza, entre las larvas alimentadas con diferentes estiércoles de animales (Miranda y Tomberlin, 2018).

Para el peso de las larvas por sustrato se encontraron diferencias significativas entre la proporción 50% salvado de trigo y 50% cerdaza con respecto al salvado de trigo y cerdaza.

El mayor peso promedio de larva lo presentó la combinación 50% salvado de trigo y 50% cerdaza.

Los rendimientos medios por tratamientos, obtenidos durante la investigación mostraron valores similares a los que reporta Casanovas et. al., (2021 A), con 2,352 a 1074,316g m² ⁻¹ y 0,149 a 68,040g kg ⁻¹ en un medio de cultivo compuesto por germen de maíz y heces fecales de porcinas. Por otra parte, el estudio de Casanovas et. al., (2021), en sustratos compuestos por salvado de trigo, cerdaza, germen de maíz y cáscara de arroz, mostró valores de 830,2752 g m² ⁻¹ y 82,3686 g kg ⁻¹, que coinciden con los obtenidos en este experimento, por lo que se puede sugerir que la composición de los sustratos no influye en los rendimientos medios por tratamientos.

El mayor rendimiento medio (g m² ⁻¹) para la primera cosecha se obtuvo en el sustrato 50% salvado de trigo y 50% cerdaza, siendo el sustrato de salvado de trigo el que menos rendimiento tuvo en la primera cosecha, siendo similar al valor del sustrato compuesto por cerdaza. De este mismo modo se comportan los rendimientos medios (g m² ⁻¹) para el total de cosechas.

Por otra parte, en la primera cosecha el mayor rendimiento medio (g kg⁻¹) se obtuvo en el sustrato 50% salvado de trigo y 50% cerdaza, siendo el sustrato de salvado de trigo el que menos rendimiento tuvo en la primera cosecha, este similar al sustrato compuesto por cerdaza. De igual modo se comportan los rendimientos medios (g kg⁻¹) para el total de cosechas (Tabla 10).

Tabla 10. Comparación de los rendimientos medios por tratamientos

Tratamientos	Rendimiento medios g m ² ⁻¹	Rendimientos medios, g m ² ⁻¹	Rendimientos medios, g kg ⁻¹	Rendimientos medios, g kg ⁻¹
	1a Cosecha	Total cosechas	1a Cosecha	Total cosechas
Salvado de trigo	663,94 ^a	1022,21 ^a	43,98 ^a	67,74 ^a

50% salvado de trigo y 50% cerdaza	2876,31 ^b	4148,80 ^b	182,17 ^b	262,76 ^b
Cerdaza	1398,76 ^a	2016,52 ^a	88,59 ^a	127,71 ^a
ES±	1187.25 *	1258,25 *	49.50 *	67,65 *

Los rendimientos medios de las larvas de moscas en gramos por metros cuadrados y en gramos por kilogramos muestran que la mayor cantidad se obtiene en las proporciones de salvado de trigo y 50% salvado de trigo y 50% cerdaza. O sea, que el salvado de trigo con la adición de heces fecales de cerdos en la etapa de engorde puede producir larvas de moscas con altas proporciones. Por las características del salvado de trigo, aun teniendo un bajo valor bilógico demuestra que contiene nutrientes proteicos y lipídicos suficientes para una buena nutrición de las larvas de moscas. (Balandrán-Quintana, et al., 2018).

Para la 1ª cosecha el rendimiento de larvas de moscas fue superior al total de cosechas con 64,95 %; 69,33 % y 69,36 % para los tratamientos I, II y III, respectivamente. La misma relación 64,92 %; 69,33 % y 69,37%, respectivamente, se mantiene por los rendimientos de larvas en gramos por kilogramos de sustrato.

Debido a lo mencionado anteriormente, se propone hacer la recolecta de las larvas para una primera cosecha en los sustratos investigados, hay que tener en cuenta que la puesta de las moscas en los primeros 6 días es suficiente para obtener estos resultados y prolongar en estas condiciones la posibilidad de ovoposición de las moscas puede no ser rentable.

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., ni de *Coccidia*, lo cual podría atribuirse a la inexistencia de dicho germen patógeno en las heces de cerdos empleadas para enriquecer los sustratos (Tabla 11).

Tampoco se encontró presencia de coliformes fecales, según los resultados del laboratorio en los sustratos empleados. Aunque no se encontraron coliformes fecales en el sustrato biotransformado, se puede atribuir a las temperaturas alcanzadas en la fermentación del mismo. 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 11. Presencia de microorganismos patógenos en los sustratos empleados en la investigación y las larvas.

Sustratos	<i>Salmonella</i> spp.	Coliformes fecales	<i>Coccidia</i>
Salvado de trigo	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Cerdaza	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Larvas	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Por su parte Martínez-Alba et al., (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 futuras investigaciones se debería ampliar el análisis en cuanto al diagnóstico de presencia de microorganismos patógenos, ya que para esta investigación la inocuidad indagada fue mínima.

Conclusiones

1. Las larvas de moscas se desarrollaron entre temperaturas ambientes de 21,6 y 39,8 °C con valores de humedad relativa entre 30,0 y 76,0 %, con valores de temperatura en los sustratos hasta 36,08 °C.
2. La cantidad de agua necesaria para la producción de larvas de moscas con estos sustratos está entre 3144,21 y 3449,47 ml m² ⁻¹.
3. Los rendimientos por cosechas fueron superiores en la combinación de 50% salvado de trigo y 50% cerdaza, que para todos los tratamientos con la 1ª cosecha se pueden obtener rendimientos suficientes con 2876,31 g m² ⁻¹ y/o 182,17 g kg⁻¹
4. No se encontró presencia de *Salmonella*, *Coccidia* y *Escherichia coli* en los sustratos y las larvas.
5. El salvado de trigo con la adición de heces fecales de cerdos en la etapa de engorde puede producir larvas de moscas con altas proporciones. Del salvado de trigo, aun teniendo un bajo valor biológico demuestra que contiene nutrientes proteicos y lipídicos suficientes para una buena nutrición de las larvas de moscas.

Recomendaciones

1. Proponer los resultados para la aplicación a pequeña escala como una alternativa de aprovechamiento de la cerdaza con el cuidado zoonótico por la transmisión de enfermedades.

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.
- Aguirre, H., y 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., y 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., y Oluyemi, J. (1997). Production and nutritive value of housefly maggot meal on three substrates of poultry faeces. *J. Appl. Anim. Res*, (12), 101–106.
- Alltech. (2018). 7th annual Alltech global feed survey. *Alltech*. <https://go.alltech.com/alltech-feed-survey>
- Aniebo, A., Erundu, E., y 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., y 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.
- Aquino, V. (2005). *Manual de capacitación Curso control Integrado de la mosca de los establos*. Oaxaca.
- Arango Gutiérrez, G., Vergara Ruiz, R., y Mejía Vélez, H. (2004). *Análisis composicional, microbiológico y digestibilidad de la proteína de la harina de larvas de Hermetia illuscens L (Diptera: Stratiomyiidae) en Angelópolis-Antioquía, Colombia*. Medellín.
- Arango Orozco, M. J. (2017). *Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos* (Tesis Doctoral). UNiversidad de Lasallista. <http://hdl.handle.net/10567/2036>

- Arévalo, H. G., Puglla, C, Danilo, J. (2018). Valoración nutricional de la gallinaza para alimentación animal y procesos industriales (Tesis de maestría). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Avalos, A. (2014). *Evaluación de tres formas para fermentación de cerdaza (Cerdaza-Cerdaza con melaza con forraje y melaza)*. (Tesis de Grado). Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Awoniyi, T. A., y Adetuyi, F. (2004). Microbiological investigation of maggot meal, stored for use as livestock feed component. *Journal of Food, Agriculture & Environment* , 2(3y4), 104-106.
- Awoniyi, T. A., Aletor, V. A., y 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.
- Badui, D. (1999). *Química de los alimentos* (4ta ed.). Pearson.
- Balandrán-Quintana, R., Chaquilla-Quilca, G., Mendoza-Wilson, A., y Mercado-Ruiz, J. (2018). Propiedades y posibles aplicaciones de las proteínas de salvado de trigo. *Revista de producción animal*, (12), 10-26.
- Brewer, L., Kubola, J., Siriamornpun, S., Herald, T., y Shi, Y. S. (2014). Wheat bran particle size influence on phytochemical extractability and antioxidant properties. *Food Chemistry*, (152), 483-490.
- Cahua, J. (2019). Evaluación de la degradación de residuos orgánicos por larvas de mosca doméstica (*Musca domestica*), en la ciudad de Juliaca, 2017. (Tesis de maestría). Universidad Andina.
- Calvert, C., Martin, R., y Morgan, N. (1969). Housefly pupae as food for poultry. *Journal of Economical Entomology*, (62), 938-939.
- Calvert, C., Morgan, N., y Martin, R. (1970). House fly larvae: biodegradation of hen excreta to useful products. *Poultry Science* (44), 588-589.

- Campabadal, C. (1995). Utilización de la cerdaza como alimento en el ganado de carne. Una alternativa para evitar la contaminación ambiental. Costa Rica.
- Campos, D., y 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.
- Capinera, J. (2010). *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) Enciclopedia de Entomología, Springer Science + Business Media B.V. <http://books.google.com.ar>
- Casanovas Cosío., y 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*, 17(2), 7-10.
- Casanovas Cosío, E., Suárez del Villar Labastida, A., Medina Vázquez, D. y Hernández Pérez, R. (2020). Producción de larvas de mosca doméstica (*Musca domestica* L.) en diferentes sustratos. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 51(1), 1-8.
- Casanovas Cosío, E., Suárez del Villar Labastida, A., Álvarez Sánchez, A., Reyes Reyes, R. (2021 A). Rendimiento de larvas de moscas (*musca domestica* L.) Con diferentes proporciones de germen de maíz y heces fecales porcinas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(2), 13-18.
- Casanovas Cosío, E., Suárez del Villar Labastida, A., Valladares Enriquez, N., Quero Machado, D., y Reyes Reyes, R. (2021). Producción de larvas de moscas (*Musca domestica* L.) con diferentes proporciones de cachaza y gallinaza. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(1), 33-40.
- Casas, S., y Guerra, L. (2020). La gallinaza, efecto en el medio ambiente y posibilidades de reutilización. *Revista de producción animal*, (3), 1-13.
- Castelló. (2000). La gallinaza. En *Selecciones avícolas*
- Cegarra, J. (1994). *Compostaje de desechos orgánicos y criterios de calidad del compost*. Bucaramanga: Sociedad colombiana de la ciencia del suelo.

CINSET. (1998). En paz con la naturaleza. *Avicultores*, 24-27.

Cruz Weigert, S., Chim Figueiredo, M., Loebmann, D., Reis Nunes, J., y 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.Brasileña de Zootecnia*, 31(5), 1886-1889.

Collavo, A., Glew, R., Huang, Y., Chuang, L., Bosse, R., y Paoletti, M. (2005). *House cricket small-scale farming*. (M. Paoletti, Ed.) New Hampshire: Science Publishers.

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., y 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.

De-Mora, B. (2015). Positive effects of wheat bran for digestive health; Scientific evidence. *Nutrición hospitalaria*, (32), 41-45.

Ebenso, I., y 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., y Claramunt, T. (2013). Organismos y poblaciones. UNED. www.books.google.com.

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.

Fasakin, E., Balogun, A., y 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). Uso de insectos como fuente proteica en la alimentación animal. *Nutrición*.

Floate, K., Lysyk , T., y Gibson, G. (2013). *Haematobia irritans* L., Horn fly, *Musca domestica* L., House fly, and *Stomoxys calcitrans* (L.), stable fly (Dyptera: Muscidae). En P. Mason, y D. Gillespie, *Biological Control Programmmes in Canada 2001 – 2012* CABI.

Gállego, J. (2006). Manual de parasitología: morfología y biología de los parásitos de interés sanitario. Universidad de Barcelona.

García, R., Morones, R., y 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.

Gómez, A. (2018). Estudio comparativo de la composición química elemental de compost a base de tres tipos de estiércol. (Tesis doctoral). Universidad Privada Autónoma de Sur, AREQUIPA.

González, M. (2019). Efecto de tratamientos físicos, químicos y térmicos sobre la composición química de excretas de gallinas ponedoras utilizadas como fertilizantes. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Zootecnia.

Guerrero, V., y 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.

Guzmán, E. (2013). *Uso de la cerdaza como componente del sustrato para la producción de pilones de pino; Pastores, Sacatepéquez*. (Tesis de Grado). Universidad Rafael Landivar sede regional Escuintla.

Heuzé, V., Tran, G, Baumont, R., Lebas, F., Lessire, M., Noblet, J., y Renaudeau, D. (2013). *Animal feeds resources information system*. Wheat bran. A programme by IN RA, CIRAD, AFZ and FAO, in *Feedipedia.org*. <http://www.feedipedia.org/node/726>

- Hwangbo, J., Hong, E., Jang, A., Kang, H., Oh, J., Kim, B., y 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.
- Inaoka, T., Okubo, G., Yokota, M., y 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.
- Javed, M., Zahoor, S., Shafaat, S., Mehmooda, I., Ambreen, G., Rashee, H., y Ikram-ul-Haq (2012). Wheat bran as a brown gold: Nutritious value and its biotechnological applications. *African Journal of Microbiology Research*. 6(4), 724-733.
- Józefiak, D., y Engberg, R. (2015). *Insects as Poultry Feed*. Prague: 20th European Symposium on Poultry Nutrition.
- Kramer, K., y Koga, D. (1986). Insect chitin: Physical state, synthesis, degradation and metabolic regulation. *Insect Biochemistry*, 16(6), 851-877.
- Lazo Funes, G., Zavala Cubas, M., y 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. <http://ri.ues.edu.sv/3736/1/tesis%20codorniz.pdf>
- Leiber, F., Gelencsér, T., Stamer, A., Amsler, A., Wohlfahrt, J., Früh, B., y 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).
- Ly, J., y 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., y 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., y Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, (197), 1-33.
- Makinde, O. J. (2015). Maggot meal: a sustainable protein source for livestock production, a review. *Advances in Life Science and Technology*, 31, 35-41.
- Marín Romero, M., y 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*. San Salvador: UES.
- Martínez , D., y Sosa, R. (1993). *Producción de harina de larvas de mosca para ser utilizada como alimento animal*. Fondo Nacional de Manuscritos Científico-Técnicos. La Habana. Cuba.
- Martínez , D., Macías, M., Mederos, C., y Ly, J. (1998). 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., y Thatcher, T. (1974). Digestion of poultry manure by *Musca domestica*. *Br. Poult Sci.*, 15, 231.
- Miranda.C, y J. Tomberlin, (2018). "Life-history traits of the housefly, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae), reared on three manure types". En: The 2nd International Conference 'Insects to Feed the World' (IFW 2018) (34 pp.). Wuhan: Wageningen Academic Publisher. <https://doi.org/10.3920/JIFF2018.S1>
- Monge, J. (2005). *Producción porcina*. Costa Rica. Universidad Estatal a distancia.

- Mullo, I. (2012). Manejo y Procesamiento de la Gallinaza. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2114/1/17T1106>
- Newton, G., Booram, C., Barker, R., y 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., y 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 . College of Agriculture & Environmental Science.
- Nogata, Y. y Nagamine, T. (2009). Production of free amino acids and γ -aminobutyric acid by autolysis reactions from wheat bran. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* . 57(4): 1331-1336.
- NRC. (1994). *Nutrient requirements of poultry*. Washington, DC. National Academy Press.
- Ocio, E., y 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., y Okuneye, B. (2011). Comparative evaluation of nutritive value of maggots. *Int. J. Sci. Eng. Res*(2).
- Ogunji, J. O., Schulz, C., Kloas, W., y Wirth, M. (2006). *Housefly maggot meal (maggot meal): An emerging substitute of fishmeal in tilapia diets*. Deutscher Träpentag.
- Onipe, O. O., Jideani, A. I., y D. Beswa. (2015). Composition and functionality of wheat bran and its application in some cereal food products. *International Journal of Food Science and Technology*. 50(12): 2509-2518.
- Ossey, Y., Koumi, A., Koffi, K., Atse, B., y Kouame, L. (2012). Use of soybean, bovine brain and maggot as sources of dietary protein in larval *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes, 1840). *J. Anim. Plant Sci.*(15), 2099–2108.

- 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.
- Peña, F. (1986). La gallinaza y su utilizacion en ganado de carne. *Revista Nacional de Zootecnia*, 111-114.
- Pino, M. (2018). ¿Por qué todavía no comemos insectos?: marco legal en la Unión Europea. *Revista de Bioética y Derecho*, 42, 311-341.
- Portillo Barrera, C., Villalta Hernández, T., y 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. [http://ri.ues.edu.sv/3521/1/PRODUCCION%20DE%20LARVA%20DE%20MOSC A%20DOMESTICA%20\(Musca%20domestica%20L.\).pdf](http://ri.ues.edu.sv/3521/1/PRODUCCION%20DE%20LARVA%20DE%20MOSC A%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. Adressing the need for feeds of the future today*. www.proteinsect.eu
- Prósper, L. (2020). Seguridad alimentaria y calidad nutricional del uso de insectos en la dieta. (Tesis de grado). Universidad Politécnica de Valencia.
- Prückler, M., Siebenhandl-Ehn, S., Apprich, S., Höltinger, S., Haas, C, Schmid, E., y Kneifel, W. (2014). Wheat bran-based biorefinery 1: Composition of wheat bran and strategies of functionalization. *Food Science and Technology*. 56(2): 211-221.
- Ramírez, J. (2012). Manejo de excretas porcinas, sistemas convencionales y alternativos. <http://guateinfoagro.blogspot.com/2012/06/manejode-excretas-porcinas-sistemas.html>.
- Reisinger, M., Tirpanalan, Ö., Huber, F., Kneifel, W, and Novalin, S. (2014). Investigations on a wheat bran biorefi-nery involving organosolv fractionation and enzymatic treatment. *Bioresource Technology*. (170), 53-61.

- Resh, V., y 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 de grado).Universidad Autónoma Chapingo, Zootecnia.
- Roncal, J. (2019). Trampa artesanal y atrayentes alimenticios, para capturar mosca casera (*Musca domestica* L.). (Tesis de grado). Universidad Nacional de Cajamarca, Agronomía.
- Rosa-Sibakov, N., Poutanen, K., y Micard, V. (2015). How does wheat grain, bran and aleurone structure impact their nutritional and technological properties? *Trends in Food Science and Technology*. 41(2), 118-134.
- Rubio , B. (2015). Crisis de hegemonía y transición capitalista en el ámbito agroalimentario mundial. *Espacio abierto*, 24.
- Sánchez-Muros, M., Barroso FG, F., y Manzano-Agugliaro, F. (2014). Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *Journal of Cleaner Production*(65), 16-27.
- Scholtz, C., y Holm, E. (1985). Insects of Southern Africa. *Butterworths*.
- Simpson, K. (1991). *Abonos y estiércoles*. Zaragoza-España. Acribia.
- Shewry, P. R. (2009). The health grain program opens new opportunities for improving wheat for nutrition and health. *Nutrition Bulletin*. 34(2): 225-231.
- Stevenson, L., Phillips, F, O'sullivan, K, and Walton, J. (2012). Wheat bran: its composition and benefits to health, a european perspective. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 63(8): 1001-1013.
- Téguia, A., Mpoame, M., y 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.
- Teotia , J., y Miller, B. (1973). Fly pupae as a dietary ingredient for starting chicks. *Poult. Sci*, 52, 1830.

- Teotia, J., y Miller, B. (1974). Nutritive content of house fly pupae and manure residue. *Br. Poult Sci.*, 15, 177.
- Tinsley, M., Soifer, N., Kern, J., y Weber, C. (1984). Housefly meal as a protein source for controlled environment aquaculture shrimp. *Nutr. Rep. Int.*, 29(2), 405.
- Valladares, N. (2020). Producción de larvas de mosca doméstica (*Musca domestica* L.) con diferentes dosis de cachaza y heces fecales de ave. (Tesis de grado). Universidad de Cienfuegos, Facultad de Ciencias Agrarias.
- Van Huis, A. (2013). Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. *Annual Review Of Entomology*, 58(1), 563-583. 10.1146/annurev-ento-120811-153704
- Velasquez, F., Silva, A., Guerra, C., y de Freitas, L. (2021). Uso de insectos como alternativa en la nutrición avícola. *Research, Society and Development.*, (10), 6-10.
- Veldkamp, T., Duinkerken, G., van Huis, A., Lakemond, C., Ottevanger, E. y Bosch, G. (2012) Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets a feasibility study. Wageningen. *Journal of Insects as Food and Feed*. 6 (1): 27-44. doi:10.3920/JIFF2019.0017.
- 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 de maestría). Univ. Autónoma Chapingo, Zootecnia.
- Villegas, H. (2017). Mosca doméstica, biología y control. *Artrópodos y Salud.*, (8), 3-17.
- Verbeke, W., Sans, P., y Van Loo, E. J. (2015). Challenges and prospects for consumer acceptance of cultured meat. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 285–294.
- Watson, S., y Ramstad, P. (1987). *Structure and composition*. (S. Watson, & P. Ramstad, Edits.) St Paul, EE.UU: Am. Assoc. Cereal Chem.
- Zhu, F., Wang, W., Hong, C., Feng, M., Xue, Z. y Chen, X. (2012). Rapid production of maggots as feed supplement and organic fertilizer by the two-stage composting of pig manure. *Bioresour. Technol*, (116), 485–491.

