

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas

Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia



EVALUACIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO, PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LARVAS DE *Hermetia illucens* ALIMENTADAS CON DIFERENTES SUSTRATOS, PARA SU USO COMO PIENSO EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL. MAJES, CAYLLOMA- AREQUIPA

Tesis presentada por el Bachiller:

Cayra Valencia, Katerine Orfelina

Para optar el Título Profesional de:

Médico Veterinario y Zootecnista

Asesor:

**Mg. Sc. MVZ Zegarra Paredes, Jorge
Luis**

Arequipa – Perú

2023

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 30 de Noviembre del 2022

Dictamen: 002528-C-EPMVZ-2022

Visto el borrador del expediente 002528, presentado por:

2014801142 - CAYRA VALENCIA KATERINE ORFELINA

Titulado:

EVALUACIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO, PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LARVAS DE HERMETIA ILLUCENS ALIMENTADAS CON DIFERENTES SUSTRATOS, PARA SU USO COMO PIENSO EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL. MAJES, CAYLLOMA- AREQUIPA

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**1200 - HERNANDEZ TORI ADOLFO RAUL
DICTAMINADOR**



**1331 - OBANDO SANCHEZ ALEXANDER DANIEL
DICTAMINADOR**



**1982 - REATEGUI ORDOÑEZ JUAN EDUARDO
DICTAMINADOR**



Dedicatoria

Dedicado a mi hermana María Fernanda, por ser mi principal apoyo, mi mejor amiga incondicional y mi motivo de seguir adelante en la vida, siempre estaré a tu lado y nunca te hare faltar lo que me falto a mí. Te amo mucho mi Marita.

A mi madre Socorro por apoyarme a siempre seguir estudiando y seguir lo que me gusta, por hacer mil sacrificios por siempre darme lo mejor hasta donde pudo y sobre todo a pesar de su enfermedad brindarme siempre su amor incondicional, porque el amor no se olvida en el corazón pase lo que pase.

A mis mascotas, Kaiser por ser mi compañero fiel desde el primer día de la carrera, ser mi apoyo en los momentos más difíciles, el que me acompañaba en todas las amanecidas de estudio y sobre todo mi paciente favorito y leal. A mi Silvestre por ayudarme a descubrir mi vocación dentro de la carrera, y a mis otros gatos Tasha, Bruno, Duke y Hermi que los amo demasiado por siempre estar a mi lado.

Agradecimientos

Quiero Agradecer principalmente a Dios por darme la vida y la vocación desde que tengo memoria de ser Veterinaria.

Quiero agradecer a Johanita por apoyarme en el desarrollo de mi tesis, gracias por brindarme todos tus conocimientos, y escucharme en los momentos más difíciles y absolverme todas mis dudas, eres una persona super profesional y con el corazón más bueno y bondadoso que conozco, siempre te llevare en mi corazón.

Agradecer a los miembros del proyecto “Formulación de dietas balanceadas costo-efectivas para acuicultura, utilizando una fuente nutricional alternativa: harina de Larva de Mosca Soldado Negro (*Hermetia illucens*), estandarizada” con contrato N°460-2019 PNIPA – SUBPROYECTOS, por brindarme la oportunidad de trabajar en el proyecto y orientarme.

Agradecer a mi asesor, al doctor Jorge Zegarra por confiar en mi y ser mi asesor de tesis,

Agradecer a mi jurado al Dr. Juan Reategui por apoyarme y orientarme en mi desarrollo de la tesis y por siempre estar atento a cualquier duda que tuve. Asi también como a mis demás jurados al Dr. Adolfo Hernandez Tori y al Dr. Alexander Obando Sanchez.

RESUMEN

En este trabajo de investigación el objetivo fue evaluar tasa de crecimiento, producción y composición nutricional de larvas *Hermetia illucens* alimentadas con diferentes sustratos provenientes de residuos orgánicos tanto de mercado como agrícolas. Así como la evaluación del mérito económico de cada uno. El experimento se condujo bajo un diseño completamente aleatorizado (DCA), en el cual se alimentó a larvas de BSF con 4 sustratos: T0 (sustrato estándar de la Universidad Católica de Santa María), T1 (mezcla de frutas), T2 (suero de leche y ensilaje), y T3 (brácteas de alcachofa y suero de leche) los cuales previamente fue evaluada su composición nutricional. Se evaluó la longitud y peso de larvas de manera interdiaria (día 0-2-4); posteriormente se procesó para su caracterización físico-química y se realizó el análisis de mérito económico. Los resultados obtenidos muestran que el crecimiento de las larvas se vio favorecido con T0 (17.12 ± 0.003^a), en tanto el peso se vio favorecido con T0 (3.85 ± 0.35^a). En el valor nutricional las que mostraron mejores resultados fueron las larvas alimentadas con T3 con un resultado de 55.27% de proteína cruda (PC); No obstante, el mayor mérito económico se obtiene al criar las larvas del T2 con 63.85%. Por lo tanto, el sustrato que mostros mejores resultados en el análisis físico-químico (PC 18,96%), y posteriormente teniendo mejores resultados en la alimentación de las larvas de *Hermetia illucens* dando valores positivos en cuanto crecimiento ($16.28 \pm 0.01b$), producción ($3.56 \pm 0.3b$), composición nutricional (PC 55,27%) y también tuvo buenos resultados en el mérito económico (13.14%) fue T3 a comparación de otros sustratos.

Palabras clave: Sustrato, *Hermetia illucens*, black soldier fly, BSF.

ABSTRACT

In this research work, the objective was to evaluate the growth rate, production and nutritional composition of *Hermetia illucens* larvae fed with different substrates from organic waste, both from the market and from agriculture. As well as the evaluation of the economic merit of each one. The experiment was conducted under a completely randomized design (DCA), in which BSF larvae were fed 4 substrates: T0 (standard substrate from the Catholic University of Santa María), T1 (fruit mix), T2 (serum of milk and silage), and T3 (artichoke bracts and whey) whose nutritional composition was previously evaluated. The length and weight of larvae were evaluated every other day (day 0-2-4); Subsequently, it was processed for its physical-chemical characterization and the analysis of economic merit was carried out. The results obtained show that the growth of the larvae was favored with T0 ($17.12 \pm 0.003a$), while the weight was favored with T0 ($3.85 \pm 0.35a$). Regarding the nutritional value, the ones that showed the best results were the larvae fed with T3 with a result of 55.27% crude protein (PC); However, the greatest economic merit is obtained by raising the larvae of T2 with 63.85%. Therefore, the substrate that showed the best results in the physical-chemical analysis (PC 18.96%), and later having better results in the feeding of the *Hermetia illucens* larvae, giving positive values in terms of growth ($16.28 \pm 0.01b$), production ($3.56 \pm 0.3b$), nutritional composition (PC 55.27%) and also had good results in economic merit (13.14%) was T3 compared to other substrates.

Keywords: Substrate, *Hermetia illucens*, black soldier fly, BSF

ÍNDICE

DICTAMEN APROBATORIO	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRAC	vi
CAPITULO I.....	13
1.-INTRODUCCIÓN.....	13
1.1.-ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	13
1.2.-DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	13
1.2.1.-Efecto en el desarrollo local y / o regional.....	14
1.3.-JUSTIFICACIÓN.....	14
1.3.1.-Aspecto General.....	14
1.3.2.-Aspecto Tecnológico	15
1.3.3.-Aspecto Social	15
1.3.4.-Aspecto Económico.....	15
1.3.5.-Importancia.....	15
1.4.-OBJETIVOS.....	16
1.4.1.-Objetivo general.....	16
1.4.2.-Objetivos específicos.....	16
1.5.-HIPÓTESIS.....	16
CAPITULO II.....	18
2.- MARCO TEORICO.....	18
2.1.- ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO.....	18
2.2- ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN	23
2.2.1.- Revisión de tesis universitarias	23

2.2.2.- Revisión de trabajos de investigación e internet	28
CAPITULO III	40
3.- MATERIALES Y METODOS	40
3.1.-MATERIALES.....	40
3.1.1.-Localización del trabajo.....	40
3.1.2.- Materiales biológicos.....	40
3.1.3.- Materiales de laboratorio.....	40
3.1.4.- Equipos de laboratorio.....	40
3.1.5.- Material de campo	40
3.1.6.- Otros Materiales.....	40
3.2.- MÉTODOS.....	42
3.2.1.- Muestreo	42
3.2.1.1.- Universo.....	41
3.2.1.2.- Tamaño de muestra.....	41
3.2.1.3.- Procedimiento de muestreo.....	41
3.2.2.- Métodos de evaluación.....	41
3.2.2.1.- Metodología de la experimentación	42
3.2.2.2.- Recopilación de la información	47
3.3.-VARIABLE DE RESPUESTA	48
3.3.1.- Variable independiente	48
3.3.2.-Variable dependiente	48
3.4.- EVALUACION ESTADÍSTICA	50
3.4.1.- Diseño experimental	50
3.4.1.1.- Unidades Experimentales.....	49
3.4.1.2.- Análisis estadísticos	50
3.4.1.3.- Analisis de significancia.....	49
3.4.2.- Cronograma de actividades.....	50

CAPITULO IV	52
4.- RESULTADOS Y DISCUSION	52
4.1.- RESULTADOS.....	52
4.1.2- Tasa de crecimiento de larvas	52
4.1.2.1.- Peso fresco	52
4.1.2.2- Peso seco de larvas	53
4.1.3- Resultados de análisis proximal de las larvas	53
4.1.4.- RESULTADOS ESTADÍSTICOS DE LOS DATOS.....	55
4.1.4.1.- Crecimiento de larvas	55
4.1.4.- Mérito económico.....	60
4.1.4.1.- Valor inicial del kg de alimento	60
4.1.4.2.- Valor Final del kg de larva	61
4.1.4.3.- Gasto de alimentación.....	60
4.1.4.3.- Merito Económico:	62
4.2.- DISCUSIÓN.....	63
4.2.1.- Caracterización físico-química de las raciones.....	63
4.2.2.- Evaluación de tasa de crecimiento de larvas	63
4.2.3.- Merito económico.....	65
CAPITULO V	67
5.-CONCLUSIONES	67
CAPITULO VI	69
6.-RECOMENDACIONES.....	69
CAPITULO VII.....	70
7.-REFERENCIAS.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de <i>Hermetia illucens</i>	15
Tabla 2. Materia prima utilizada para la elaboración del sustrato estándar para alimentación de larvas de <i>Hermetia illucens</i>	44
Tabla 3. Materia prima utilizada para la elaboración del sustrato en base a fruta de temporada para alimentación de larvas de <i>Hermetia illucens</i>	45
Tabla 4. Materia prima utilizada para la elaboración del sustrato de ensilado con suero de leche para alimentación de larvas de <i>Hermetia illucens</i>	45
Tabla 5. Materia prima utilizada para la elaboración del sustrato en base a brácteas de alcachofa para alimentación de larvas de <i>Hermetia illucens</i>	46
Tabla 6. Operacionalización de variables independientes y dependientes	48
Tabla 7. Cronograma de actividades para la alimentación de larvas de <i>Hermetia illucens</i>	50
Tabla 8. Cronograma de actividades para la alimentación de larvas de <i>Hermetia. illucens</i>	51
Tabla 9. Peso inicial y peso fresco final de larvas de <i>Hermetia illucens</i> alimentadas con cuatro raciones.....	52
Tabla 10. Peso de larva de <i>Hermetia illucens</i> deshidratada	53
Tabla 11. Caracterización físico-química de cuatro raciones utilizadas en la alimentación de larvas de <i>Hermetia illucens</i>	53
Tabla 12. Caracterización físico-química de harina de larvas de <i>Hermetia illucens</i> alimentadas con cuatro raciones	54
Tabla 13. Comparaciones múltiples para el tamaño de larvas según sustratos según crecimiento... ..	55
Tabla 15. Gastos de cuatro raciones de alimentación para producción de larvas de <i>Hermetia illucens</i>	61
Tabla 16. Análisis económico de harina de larvas BSF (<i>Hermetia illucens</i>) alimentadas con cuatro raciones. Precios en S/	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Adulto y larvas de <i>Hermetia illucens</i>	15
Figura 2. Genitales masculinos y femeninos de <i>Hermetia illucens</i>	21
Figura 3. Ciclo de vida de <i>Hermetia illucens</i> a 25°C	23
Figura 4. Metodología experimental. Fuente: Elaboración propia	43
Figura 5. Análisis de las larvas con 3 tratamientos durante 4 días crecimiento	54
Figura 6. Análisis del peso de larvas de <i>Hermetia illucens</i>	56
Figura 7. Evolución del largo de larvas BSF (<i>Hermetia illucens</i>) sometidas a cuatro raciones de alimentos durante 4 días.....	63



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Mapa de ubicación.....	77
Anexo 2: Matriz de datos.....	77
Anexo 3: Cuadros estadísticos.....	80
Anexo 4: Secuencia fotográfica.....	85



CAPITULO I

1.-INTRODUCCIÓN

El empleo de artrópodos con fines alimentarios es común en muchas partes del mundo. Los más usados de la clase insecta son los de la orden Coleoptera, Orthoptera, Blatodea, Hymenoptera y Diptera, siendo esta última la de mayor importancia económica ^[1]. La mosca soldado negro *Hermetia illucens*, se encuentra en la naturaleza en variedad de hábitats; su distribución cosmopolita, la capacidad de alimentarse de una gran variedad de sustratos orgánicos, la relativa facilidad de crianza en comparación con otras especies de insectos y su alta tasa de conversión alimenticia hacen de BSF uno de los candidatos más importantes como nueva fuente de proteína para el sector de la alimentación ^[2, 3, 4]. Asimismo, su capacidad para criarse utilizando menos espacio y con menos agua, sus bajas emisiones de gases de efecto invernadero y su alto contenido de proteínas los convierten en una opción valiosa y sostenible como fuentes alternativas de proteínas, a la que no se le ha registrado ser vector de enfermedades y tiene un futuro prometedor en la transformación de materiales orgánicos y alimento de alta calidad ^[2]. Sin embargo, dada la variabilidad de los residuos, no siempre es fácil identificar la mezcla óptima a base de residuos que permita alcanzar la mejor producción, en términos de cantidad y calidad ^[1,2]. Las larvas de *Hermetia illucens* son muy eficaces para transformar los desechos de alimentos de baja calidad en valiosas proteínas y grasas de alta calidad, en instalaciones de producción controlada e intensiva ^[5,6].

1.1.-ENUNCIADO DEL PROBLEMA

Evaluación de la tasa de crecimiento, producción y composición nutricional de larvas de *Hermetia Illucens* alimentadas con diferentes sustratos, para su uso como pienso en la alimentación animal. Majes, Caylloma- Arequipa.

1.2.-DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente en las industrias de producción animal, la fuente de proteína para los insumos alimenticios de los animales son principalmente la harina de pescado y de soya, las cuales no

siempre están disponibles o a un precio accesible el cual dé buena ganancia a los productores, por lo cual actualmente se están buscando fuentes alternativas de calidad y sobre todo de viabilidad económica, como en este caso es la alimentación a base de insectos como las larvas de mosca soldado, como fuente de proteína el cual está en constante crecimiento en las últimas décadas.

Lo que persigue esta investigación es buscar cual es el mejor alimento para alimentar a las larvas, en la cual obtengamos una mayor calidad de producción, mayor velocidad en su crecimiento, y sobre todo la viabilidad económica que nos permita tener larvas de calidad a un menor precio, lo cual posteriormente podrán ser utilizadas como fuente de proteína para la elaboración de piensos.

EFFECTO EN EL DESARROLLO LOCAL Y / O REGIONAL

En nuestra realidad agropecuaria muchos productores buscan tener mayores ingresos por lo cual muchas veces sacrifican la calidad del producto ya que no tienen los medios necesarios especialmente fuentes de proteína en los piensos, ya que la mayoría de fuentes de proteína como harina de pescado y la soya son traídas del exterior a un precio muy alto y no siempre está disponible.

Lo que propongo es ayudar a los productores a generar más ingresos, y tener una buena calidad de producto por lo tanto se les dará una alternativa de fuente de proteína innovadora como son los insectos, para tener un porcentaje de ganancia más productiva y tener mayor calidad en el producto, además de producirla localmente para que así se tenga mayor disponibilidad del producto, a un precio justo.

1.3.- JUSTIFICACIÓN

1.3.1.-Aspecto General

El uso de insectos como fuente de alimento, año tras año va teniendo un mayor crecimiento. Por lo cual al querer desarrollar su producción necesitamos:

- Encontrar un sustrato adecuado, el cual nos permita que nuestras larvas se desarrollen más rápido, tengan mayor calidad y no sean de muy alto precio de elaboración. Para que así su elaboración sea más rentable.

1.3.2.-Aspecto Tecnológico

Las larvas de *Hermetia illucens* conocida como Mosca soldado negro tienen la ventaja de poder ser criados en pequeños espacios a comparación de las hectáreas de terreno que utiliza la producción de proteínas de origen vegetal, además que al ser alimentados con diversos residuos, estos convierten materia orgánica de bajo coste o de baja calidad en biomasa de alta calidad proteica, lo cual nos da como ventaja que emiten menos gases de efecto invernadero y amoníaco que la ganadería convencional, por lo tanto el uso de insectos puede ser una interesante alternativa para suplir la creciente demanda global de proteína.

1.3.3.-Aspecto Social

El empleo de diferentes sustratos junto con el conocimiento de su ciclo biológico en un entorno controlado, nos permitirá conocer las alternativas de una producción más eficiente, cuyo producto nos permitirá elaborar un producto de mayor calidad y precio adecuado para la alimentación de especies ganaderas.

1.3.4.-Aspecto Económico

El probar los sustratos para la alimentación de *Hermetia illucens*, nos permitirá ver cuál es la alternativa más económicamente viable sin sacrificar la calidad del alimento, lo cual incrementará los ingresos de los productores de animales, tanto como el coste de producción como la posterior venta de su producto final con una mayor calidad de su producto.

1.3.5.-Importancia

La elaboración de diversos sustratos para la alimentación de larvas de *Hermetia Illucens* y su posterior evaluación de tasa de crecimiento, producción y composición para su posterior uso en la elaboración de piensos para animales, beneficiará tanto a los productores por su mayor calidad y menor costo de producción, como a agricultores ya que normalmente se desechan los

residuos de la producción agrícola, en este caso las usaremos los residuos y lo convertiremos en un insumo de mayor calidad, así como también al ambiente ya que también usaremos insumos de deshecho de mercado como son los desechos de frutas lo cuales en su gran mayoría no son procesados adecuadamente y se tiran a la calle, y finalmente a los investigadores ya que se busca encontrar una alternativa más viable a la constante demanda de recursos proteicos la cual el uso de insectos es una muy prometedora alternativa.

1.4.-OBJETIVOS

1.4.1.-Objetivo general

Evaluación de la tasa de crecimiento, producción y composición nutricional (proximal) de larvas de *Hermetia Illucens* alimentadas con diferentes sustratos.

1.4.2.-Objetivos específicos

- a.-Evaluar el valor nutricional de cada una de las raciones a partir de un examen fisicoquímico proximal.
- b.-Evaluar tasa de crecimiento, producción y composición nutricional de la larva de *Hermetia illucens* alimentada con alimento estándar.
- c.-Evaluar tasa de crecimiento, producción y composición nutricional de la larva de *Hermetia illucens* alimentada con cascara y pulpa de fruta de temporada
- d.-Evaluar tasa de crecimiento, producción y composición nutricional de la larva de *Hermetia illucens* alimentada con ensilado y suero de leche.
- e.-Evaluar tasa de crecimiento, producción y composición nutricional de la larva de *Hermetia illucens* alimentada con Bráctea de Alcachofa con suero de leche.
- f.-Evaluación del mérito económico para la producción de larva *Hermetia Illucens*.

1.5.-HIPÓTESIS

Dado que la larva de *Hermetia illucens* es una fuente alimenticia proteica que puede reemplazar a otras fuentes alimenticias proteicas tradicionales para la alimentación de animales productivos y acuícolas, es probable que:

Se pueda evaluar la tasa de crecimiento, producción y composición nutricional (proximal) de larvas de *Hermetia Illuncens* alimentadas con diferentes sustratos, para su posterior uso en la alimentación animal , además de encontrar un alimento rentable y con buenos resultados



CAPITULO II

2.-MARCO TEORICO

2.1.- ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

2.1.1.- Bibliografía principal.

El orden *Diptera* es parte de uno de los principales grupos de insectos, con aproximadamente 100 familias y más de 85 mil especies conocidas. Una gran parte de estos tiene importancia económica, bien por la descomposición orgánica, o por su papel de agentes polinizadores ^[7].

El suborden Brachycera es el grupo más diversificado de Dipteros dentro de los cuales está la familia Stratiomyidae con alrededor de 2600 especies y con aproximadamente 400 géneros, esta familia se encuentra en todas las regiones del planeta, en las cuales sus larvas se desarrollan en diferentes hábitats, aunque prefieren las zonas húmedas ^[8].

Hermetia illucens es un díptero de la familia Stratiomyidae, es comúnmente conocido como “Mosca Soldado Negro” o BSF (Black Soldier Fly por sus siglas en inglés); aunque es una especie nativa de América ahora se encuentra en todo el mundo en ambientes tropicales y templados, es económicamente importante por su alimentación de las larvas de materia orgánica y alto valor proteico, también porque inhiben y controlan la ovoposición y desarrollo de la Mosca doméstica en sistemas de manejo de estiércol ^[9]. Además, en registros de larvas y pupas en cadáveres humanos, se asocian a esta especie en los estudios forenses entomológicos, cuyo intervalo puede ser utilizado para la valoración post-mortem ^[10, 11, 12].

Según Van Huis ^[13], los insectos que poseen el mejor potencial para la producción de piensos a gran escala son las larvas de BSF (*Hermetia illucens*), mosca doméstica (*Musca Domestica*) y el gusano de la harina (*Tenebrio Molitor*) pero se están investigando otras especies con tal fin. Los adultos solo consumen agua, no se acercan a los humanos, no muerden ni pican, y no es vector ni disemina ninguna enfermedad específica ^[5].



Figura 1. Adulto y larvas de *Hermetia illucens* ^[14]

2.1.1.1. Clasificación Taxonómica

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *H. illucens* L ^[14]

Reino	Animalia
Filo	Arthropoda
Clase	Insecta
Orden	Diptera
Suborden	Brachycera
Infraorden	Stratiomyomorpha
Familia	Stratiomyidae
Subfamilia	Hemetiinae
Genero	Hermetia
Especie	<i>Hermetia illucens</i>

2.1.1.2.-Morfología

Los adultos son muy variados en cuanto a coloración y forma, presentando un cierto parecido con ciertos grupos de Himenópteros, que le confiere cierta ventaja ante depredadores. La hembra presenta un tamaño superior al macho, pero no existe un evidente dimorfismo sexual, a excepción de los genitales ^[15].

El genital masculino es relativamente corto, presenta 2 pares de lóbulos posteriores laterales,

un par de gnósticos muy reducidos y un par de cercos. El complejo edeagal es delgado y es dilatado en su parte basal (Figura 2, 53-55).

El aparato reproductor de la hembra se compone de un par de cercos largos que son formados por dos segmentos, posee una placa sub genital larga de forma puntiaguda en la parte distal y una furca sub triangular genital ^[16] (Figura 2, 56-58).

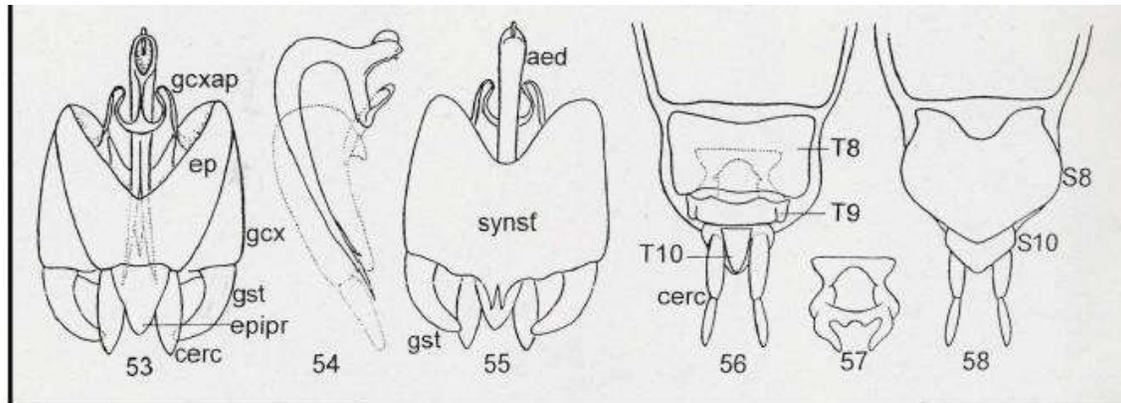


Figura 2. Genitales masculinos y femeninos de *Hermetia illucens* ^[17]

53-55: Genitales masculinos de un Stratiomyidae, 53: vista dorsal; 54: vista lateral; 55: vista ventral. 56-58: Genitales femeninos de un Stratiomyidae; 56: vista dorsal; 57: furca genital; 58: vista ventral. (aed= complejo edeagal, cerc=cercos, ep= epandrium, epipr= epiprocto, gcx = gonocoxito, gcxap= apodema gonocoxal, gst=gonostylus, S=esternito, synst=synsternito, T= terguito)

2.1.1.3.- Ciclo Biológico

El apareamiento ocurre en el aire donde el macho intercepta a la hembra descendiendo para la copula ^[18]. Las hembras se aparean 1 sola vez, con 1 ovoposición en toda su vida, ovopositan selectivamente 320 – 620 huevos en grietas secas cerca de un recurso alimenticio húmedo 2 días después de la copula ^[19]. La incubación de los huevos es de 3 a 4 días y después alcanzan un estado larvario ^[20] miden un poco más de un milímetro de largo, su cabeza es de color blanco, con dos apéndices móviles en todo sentido, maxila y antenas en forma de cono; cauda y diez anillos con pelo en cada uno de los anillos, y un tegumento fuerte ^[21].

Posteriormente las larvas recién nacidas se dirigen rápidamente al recurso alimenticio ^[22]. Las larvas requieren un promedio de 22 días de desarrollo ^[23], el estado de pupación dura de 15 a 17

días y su vida de adulto es de 12 a 17 días todo dependiendo de la temperatura de su ambiente

[24]. Pueden llegar a medir hasta 3 cm de longitud, son de color opaco y blanquecino presentando una quetotaxia tanto en su parte ventral como dorsal [25].

Las larvas después de alimentarse y al iniciar la conversión en pupas buscan sustratos adecuados para enterrarse y protegerse de la desecación y depredación mientras ocurre su metamorfosis [26].

A medida que se desarrollan, aumentan los segmentos inferiores tomando una forma aplanada, el tegumento cambia de color pasando por crema, rojizo y finalmente a un plomo negruzco con la cauda más ancha y la cabeza más puntiaguda. Durante este proceso de desarrollo mudan seis veces de piel, en el último estadio de Pre pupa la mandíbula se modifica en forma de gancho para excavar [27].

Las larvas después de alimentarse y al iniciar la conversión en pupas buscan sustratos adecuados para enterrarse y protegerse de la desecación y depredación mientras ocurre su metamorfosis [28]. Este comportamiento después de la alimentación, se inicia por una secuencia innata y mediada por el entorno abiótico, incluida la temperatura, luz, humedad, de modo que tienden a migrar hacia sustratos fríos, oscuros y secos [28]. Los adultos emergen después de aproximadamente dos semanas tras la formación de la pre-pupa [23], estos no se alimentan ya que dependen de las reservas acumuladas en la etapa larvaria [20]. La duración de cada etapa de desarrollo está influenciada por diversos factores abióticos y bióticos que pueden afectar el desarrollo de las diversas etapas de esta especie [19].

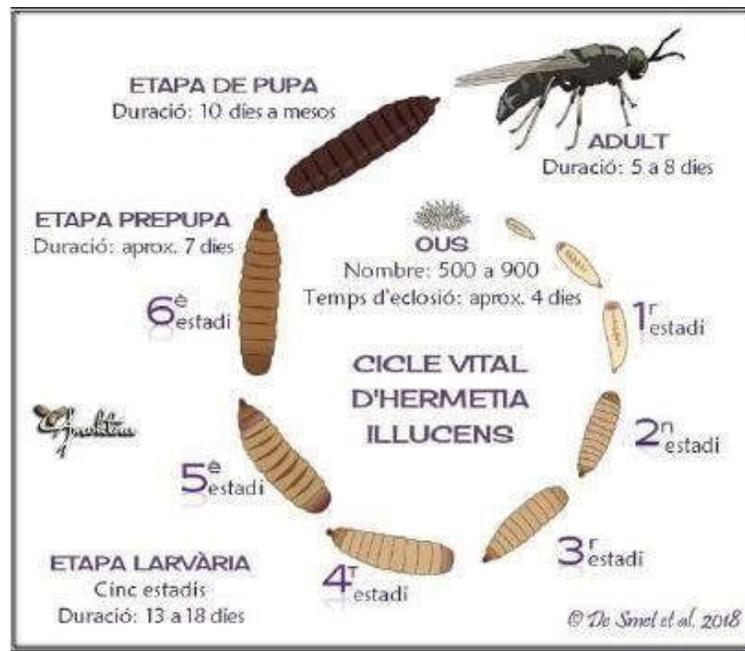


Figura 3. Ciclo de vida de *Hermetia illucens* a 25°C [14]

2.1.1.4.-Usos de la especie

Uno de los principales retos del siglo XXI es la búsqueda de nuevas alternativas de alimentos, así como la gestión sostenible de los residuos orgánicos. En este caso las larvas de *Hermetia illucens* son una de las mejores alternativas, ya que se alimenta de diversos residuos orgánicos por lo tanto tiene excelentes resultados en la eliminación de residuos orgánicos [20, 28, 29, 30].

La alimentación a base de restos orgánicos, es beneficiosa ya que se convierte en una biomasa reutilizable de muchas maneras, siendo la de mayor importancia su utilización como fuente de alimento animal. Las larvas pueden ser utilizadas como fuente de alimento para aves de corral^[5]. Tiene alta concentración proteica y de otros nutrientes como lo son; los ácidos grasos, pigmentos, vitaminas y minerales. Lo cual lo hace como una excelente alternativa en la inclusión de las dietas en la industria de la avicultura, ganadería y acuicultura.

Otro subproducto de las larvas es su exoesqueleto, el cual está compuesto de quitina el cual es de interés comercial debido a su alto porcentaje de nitrógeno (6.9%), sin embargo, la viabilidad económica aún debe ser estudiada [16]. Otra ventaja es que controlan la ovoposición y desarrollo de la Mosca doméstica en sistemas de manejo de estiércol [10], transmisoras mecánicas de enfermedades en países en vía de desarrollo donde la falta de saneamiento y de agua implican

fuentes potenciales de patógenos ^[31]. En tal sentido el empleo de las larvas de moscas soldados en la conversión de estiércol disminuyó los niveles de *E. coli* ^[32, 33], sin embargo, esto está influenciado por la temperatura, pero se determinó que si bien las larvas disminuyen el número de bacterias no las desaparece por completo ^[33].

2.1.1.5.-Valor Nutricional

Esta mosca tiene un gran valor nutricional ^[34]. Estas contienen un 42% de proteína cruda y 35% de grasa ^[19]. Su uso fue muy beneficioso en dietas de pollo teniendo un buen crecimiento, como así también en cerdos ^[20].

Estudios recientes muestran que se puede utilizar como ingrediente alimentario en truchas hasta un 40% sin afectar supervivencia, crecimiento, índices somáticos, calidad física del filete y morfología del pez ^[35].

La acción de separar proteína y grasa en pre-pupas ayudaría a formular dietas más equilibradas lo que permitiría obtener alimento con más del 60% de proteína cruda y si se elimina la quitina ayudaría a mejorar el contenido de proteínas y tener una mayor digestibilidad ^[36].

Para un correcto desarrollo de la larva todo depende del contenido nutricional del mismo lo cual es muy variable, por lo cual es considerado agente de tratamiento de desechos, por lo cual se debe investigar cual sería el régimen alimenticio adecuado acorde al desecho a procesar ^[28].

2.2.- ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

2.2.1.- Revisión de tesis universitarias

Luperdi ^[37] reportó “en esta investigación se propuso dar una alternativa de manejo de residuos de camal los cuales fueron residuos orgánicos de camal vacuno, vísceras de ave y sangre de res, los cuales fueron el sustrato para la alimentación de larvas de mosca soldado, probaron los sustratos cocidos y crudos durante 5 días de alimentación, los cuales fueron procesados mediando desecado y molienda, su interrogante era saber cómo influye el tipo de sustrato con los niveles de nutrientes, ganancia de peso, el desarrollo y su mortalidad. Los mejores resultados fueron las vísceras de res, obteniendo un mejor crecimiento en las vísceras de res cruda

(15.86 \pm 0.22 mm), las vísceras de res cocidas (14.72 \pm 0.35 mm) en comparación con el blanco o T5 (16.03 \pm 0.34 mm), siendo menos viable las vísceras de pollo cocido (14.51 \pm 0.14 mm). En cuanto al peso las vísceras de res cruda (1.78 \pm 0.22 g) es mayor al blanco t5 1.76 \pm 0.5 g) y T4 o vísceras de res cocida (1.45 \pm 0.06g) T7 o vísceras de pollo cocido (1.66 \pm 0.07 g). Luego se vio el procesamiento hasta harina, con mayores resultados de proteína cruda y grasa en T4 o vísceras de res cocida con un 53.90% de proteína cruda y 15.04% de grasa siendo el segundo tratamiento más viable debido a su mortalidad y crecimiento mediano. El T2 o vísceras de res crudas obtuvo un resultado de proteína cruda de 50.81% y 21.88 % de grasa siendo el tratamiento más viable, con un crecimiento igual al blanco y en último lugar el T7 o vísceras de pollo cocido con una proteína cruda de 42.63% y 32.03% de grasa. El blanco o T5 obtuvo con un 41.11% de proteína cruda y 19.55% de grasa. Todos obtuvieron un mayor porcentaje al blanco lo que indica que los tratamientos son viables, sostenibles y se consiguió mejorar la obtención de harina altamente proteica. Concluyendo que si es viable que las larvas de *Hermetia illucens* pueden sobrevivir en recursos viscerales de camal los cuales posteriormente se obtiene harina altamente proteica incluso más que el blanco mejorando la calidad de la harina”.

Salas ^[38] reportó “el trabajo se realizó en las instalaciones del Fundo de la Universidad Católica de Santa María, ubicado en la Irrigación Majes entre los meses de agosto y octubre del 2018. El objetivo fue determinar y evaluar cuál fue el sustrato adecuado para la producción de larvas de Mosca Soldado Negro (*Hermetia illucens*) en condiciones controladas de la Irrigación Majes. Para este estudio se utilizó la alimentación a base de maíz, harina de alfalfa, suero de leche, afrecho, broza de papa, residuos cebolla y residuos cítricos como fuente alimentaria. El diseño experimental se aplicó a base de Bloques completamente al azar (DBCA) para evaluar tamaño, mortalidad y peso durante los 5 días del estadio L5. Se encontró que para el día 5 el tto de mayor tamaño fue el T0 (21.93 \pm 0.35 mm), seguido del tratamiento T2 (21.34 \pm 0.38 mm),

donde se concluye que no hay una diferencia significativa entre ambos. Sin embargo, el T1 (17.75+/-0.4 mm) y el T3 (9.37+/-0.34 mm), muestran un menor tamaño con diferencia estadísticamente significativa. Con lo que respecta al peso en miligramos el tratamiento T0(0.28+/-0.01) y T2(0.26+/-0.01) han presentado mayor peso seguido del T1(0.16+/-0.01) finalmente el T3 (0.04+/-0.003). En cuanto a la mortalidad al día 5, el tratamiento T3 compuesto de mix de residuos agrícolas presentó una mayor mortalidad (97.20+/-3.21 %), por lo que se presume que casi el 100% de larvas murieron. En tanto los tratamientos T0, T1, T2 no se observó una diferencia estadística entre estos tratamientos. El porcentaje de proteínas fue analizado mediante análisis proximal Físico-químico donde se halló un mayor porcentaje de proteínas fue el tratamiento T0 con 41.31 % y T2 con 40.09%, seguido del T1 con 39.54%, en el caso de T3 no se realizó el análisis por la mortalidad presentada. En cuanto a los porcentajes de grasa el tratamiento T2 presentó mayor porcentaje de este con un 28.82%, siguiendo el T0 con 23.91% y por último el T1 con 8.73%, en el caso de T3 no se realizó el análisis por la mortalidad presentada. Finalmente se evaluó el costo de producción y análisis de rentabilidad, donde el T3 dio un mayor índice de rentabilidad con un 29.49% pero en este caso no aplica ya que hubo una mortalidad de casi al 100%, seguido por el T1 con 27.04%, luego el T0, con un índice de 14.42% y por último al T2 con un índice negativo del -19.77%.

Chirinos ^[39] reportó “la presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar el ciclo biológico de *Hermetia illucens* bajo condiciones controladas de laboratorio en la Irrigación de Majes, el estudio del ciclo biológico de *Hermetia illucens* (díptero: Stratiomyidae), es de mucha importancia e interés para el área agropecuaria de nuestro país como fuente alimenticia y de proteína de alto valor biológico y como sustituto de otras fuentes tradicionales. El estudio de la especie *Hermetia illucens* o comúnmente llamada mosca soldado negra, nos permitió dar a conocer al díptero en su comportamiento, adaptación al clima de la Irrigación de Majes y su facilidad para establecer colonias de experimentación y productivas en temporada de primavera

– verano, cumpliendo con el objetivo de evaluar el ciclo biológico de *Hermetia. illucens* bajo condiciones controladas. El periodo de desarrollo fue de noviembre del 2018 a enero del 2019. El estudio se realizó en el Moscario experimental de la UCSM. Fundo La Católica en la Irrigación Majes. Las condiciones ambientales controladas fueron temperatura ($\pm 30^{\circ}\text{C}$), humedad ($\pm 80\%$ HR) y alimento como sustrato alimenticio. Se observó el espacio donde se desarrollaba el ciclo biológico y un control estricto de fechas de siembra, cosecha de huevos, cosecha de larvas, adultos que emergen y postura de huevos en el moscario. El análisis estadístico de los resultados se realizó con estadística descriptiva, para la comparación entre periodos de estudio se utilizó en Análisis de Varianza a un $\alpha=0,05$. Se obtuvo como resultados que el tamaño del huevo es de 0.882 ± 0.0145 y 0.8805 ± 0.0074 mm ($p = 0.8475$) según ciclo observado, el tamaño promedio de larva observado para el día 01 fue de 0.81 ± 0.04 y 0.65 ± 0.03 mm en cada ciclo de estudio, en tanto el estado larval para el día 15 nos resultó un tamaño de 10.65 ± 0.19 y 18.81 ± 0.54 mm para ambos ciclos respectivamente se observó diferencia estadística para el tamaño entre días mas no así entre ciclos biológicos El tamaño de pre pupa fue de 13.28 ± 0.26 mm y 19.4 ± 0.53 mm y el tamaño en estado pupal correspondiente al día 21 del ciclo biológico es de 17.23 ± 0.61 mm y 20.38 ± 0.74 mm según ciclo estudiado. El periodo de emergencia del adulto a partir de la pupa es de 3 a 5 días observándose las siguientes características morfológicas en la etapa adulta: El promedio de largo de cuerpo es de 15.46 ± 0.8957 y 15.86 ± 0.9127 no existe diferencia significativa entre los periodos. El ancho de alas de moscas de *Hermetia illucens* macho fue de 4.63 ± 0.13 y de 4.61 ± 0.09 para hembras. La prueba t student realizada arrojó un valor-p de 0.8073 indicando que no existe diferencia estadísticamente significativa. Se concluye que, en condiciones controladas de la Irrigación, la especie se adaptó con satisfacción al medio, obteniendo como resultado mejor y mayor producción en menos tiempo que en otros países; el ciclo biológico completo se llevó a cabo en 38 días.”

Barriga ^[40] reportó “en los últimos años la crianza de cuy (*Cavia porcellus*) viene logrando altos niveles de desarrollo. El planteamiento de subsistencia se ha suprimido por el de una visión de progreso técnico impulsado mediante la producción de carne, desde iniciativas familiares hacia horizontes empresariales. De este modo, la crianza del cuy se ha convertido en una importante alternativa como actividad económica local y nacional (1). En el presente trabajo se realizó procesos exploratorios como la elaboración de harina de larva de mosca soldado negra *Hermetia illucens* como fuente proteica animal para la inclusión de dietas de cuyes en la etapa de engorde. Para la formulación de dietas de los 4 tratamientos, se utilizaron diferentes concentraciones de inclusión de la harina. Para el tratamiento T0 se formuló una dieta sin inclusión de harina de larva de mosca soldado negra *Hermetia illucens*. En el tratamiento T1 se incluyó 4% de harina de larva *Hermetia illucens* es decir el 16% de fuente proteica requerida por el cuy, para el tratamiento T2 se incluyó 8.8% de harina de larva *Hermetia illucens*, siendo el 32% de fuente proteica y para el tratamiento T3, 14.9% de harina de larva *Hermetia illucens*, siendo el 50% de fuente de proteína requerida por el cuy en crecimiento. Mediante fichas de control se evaluaron los índices productivos como el consumo, peso semanal y total al término de la crianza. Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) para las evaluaciones de consumo de concentrado y alfalfa, y para el peso semanal y total. Podemos concluir que existe una mejor respuesta en la alimentación y peso del cuy con un 14.9% de inclusión de harina de larva de mosca soldado negra *Hermetia illucens*”.

Apaza ^[41] reportó “se incluyó harina de larva de mosca soldado (*Hermetia illucens*) en diferentes niveles en la formulación de raciones alimenticias para pollos Ross, en 0 %, 15 %, 25 % y 40 % como reemplazo del requerimiento proteico total y se obtuvo los índices productivos de los mismos criados en las mismas condiciones de ambiente, genética, sexo y manejo. La única diferencia fue la inclusión de harina de larva de mosca soldado en sus raciones alimenticias para cada etapa durante 42 días, considerando a la soja como fuente proteica estándar. Los índices productivos fueron comparados ($p < 0.05$), los cuales no mostraron diferencia estadística

significativa. Los tratamientos con inclusión de harina de larva de mosca soldado en 0 %, 15 %, 25 % y 40 %, en sus raciones alimenticias, lograron conversiones alimenticias de 1.533, 1.507, 1.536 y 1.504; peso promedio de 2.675 kg, 2.717 kg, 2.610 kgy 2.689 respectivamente, no presentaron diferencia estadísticamente significativa, presentó diferencia numérica. La aceptabilidad de la inclusión de harina de larva de mosca soldado *Hermetia illucens*, fue positiva en la formulación de raciones alimenticias, mostrando mejores resultados en inclusiones de harina de larva de mosca soldado negro de 40 % y 15 %, respectivamente. La inclusión de harina de larva de mosca soldado presentó una relación positiva directa con el índice productivo de cada tratamiento, mostrando un valor de $r=0.8663$ entre índice productivo y peso final kg/ave, lo cual indica que, a mayor inclusión de harina de mosca soldado en una ración alimenticia, mayor es el índice productivo. Los valores de las correlaciones de Pearson entre cada par de parámetros productivos, para consumo kg/ave con el peso final kg promedio /ave presentó el valor de $r=0.7788$ y con la ganancia gr promedio día de $r=0.7788$, expresando una correlación positiva entre consumo de alimento y ganancia de peso. Se aplicó un diseño de correlación de Pearson y ANOVA, con una confiabilidad de 95 %.”

2.2.2.- Revisión de trabajos de investigación e internet

Jucker *et al.* ^[42] reportaron: “ *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) es capaz de consumir una amplia gama de materia orgánica y es de particular interés para la gestión de residuos. El valor nutricional de las etapas pre-marginales, en particular el contenido de proteínas, hace que esta especie sea un candidato válido para su uso como alimento para otros organismos. Las verduras y las frutas son sustratos de cría prometedores para insectos producidos con este fin de acuerdo con la normativa de la UE. Para examinar los efectos de las dietas sobre el comportamiento de los insectos y la composición química, se criaron larvas en los siguientes sustratos: 1) fruta (manzana, pera y naranja); 2) vegetales (lechuga, judías verdes y repollo); y 3) frutas y verduras mixtas. Se observaron altos porcentajes de supervivencia en todas las dietas, pero hubo diferencias entre los pesos de larvas, pupas y adultos. con pesos de larvas

criadas en frutas y verduras mixtas más bajo que en otras dietas. Las pupas criadas con la dieta mixta fueron las más pesadas y también las medidas morfométricas de los adultos fueron las más altas. Las larvas criadas con dietas a base de frutas tenían el mayor contenido de grasa, y comprendían principalmente ácidos grasos saturados; el contenido más alto de ácidos grasos esenciales n-3 se encontró en larvas criadas con vegetales y el de n-6 en larvas criadas mixtas. Las larvas criadas con una dieta mixta tenían el mayor contenido de proteínas. Los contenidos de calcio eran altos y se encontraron cantidades moderadas de hierro y zinc. el contenido más alto de ácidos grasos esenciales n-3 se encontró en larvas criadas con vegetales y el de n-6 en larvas criadas mixtas. Las larvas criadas con una dieta mixta tenían el mayor contenido de proteínas. Los contenidos de calcio eran altos y se encontraron cantidades moderadas de hierro y zinc. el contenido más alto de ácidos grasos esenciales n-3 se encontró en larvas criadas con vegetales y el de n-6 en larvas criadas mixtas. Las larvas criadas con una dieta mixta tenían el mayor contenido de proteínas. Los contenidos de calcio eran altos y se encontraron cantidades moderadas de hierro y zinc. *Hermetia illucens* mostró la capacidad de desarrollarse en dietas de frutas y verduras que muestran diferentes perfiles de nutrientes y comportamientos biológicos. La estrategia de cría de mejor rendimiento debe variar en relación con el uso final de *Hermetia illucens*.”

Meneguz *et al.* ^[43] reportaron: “Los desechos pueden ser utilizados como sustrato de cría por las larvas de la mosca soldado negra (BSF), siendo esta última explotable como fuente de proteínas en la alimentación animal. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia de cuatro sustratos de cría (Ensayo 1 (desechos orgánicos): una mezcla de vegetales y frutas (VEGFRU) versus una mezcla de frutas solamente (FRU); Ensayo 2 (subproductos agroindustriales): cervecería (BRE) frente a subproductos de bodega (WIN)) sobre el desarrollo de larvas de BSF, la eficiencia de reducción de desechos y la composición nutricional. Cuyos resultados fueron si se compararon respectivamente con FRU y WIN, las larvas de VEGFRU y

BRE necesitaron menos tiempo para alcanzar la etapa prepupal (22,0, 22,2, 20,2 y 8,0 días de prueba, respectivamente) y tenían un mayor contenido de proteínas (229,7, 257,3, 312,9 y 395,7 g kg⁻¹ materia seca). El índice de reducción de residuos osciló entre 2,4 (WIN) y 5,3 g d⁻¹ (BRE). Las larvas de BRE mostraron las proporciones más bajas de ácidos grasos saturados y poliinsaturados (612,4 y 260,1 g kg⁻¹ de ácidos grasos totales, respectivamente). En conclusión; Los desechos de frutas y verduras y los subproductos de la bodega se pueden utilizar como sustratos de cría para la producción masiva de larvas de BSF. Los subproductos de la cervecería dieron lugar a un rendimiento larvario y una composición nutricional muy prometedoras. Sin embargo, dada la disponibilidad limitada de BRE, se podrían usar niveles bajos de inclusión en la dieta de BRE con el propósito de aumentar el rendimiento larvario.”

Gao *et al.* ^[44] reportaron: “ Que se necesita una forma alternativa ecológica para la gestión de la paja de desecho. Las larvas de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) (BSFL) son insectos excepcionales para la bioconversión de desechos orgánicos, que pueden convertir desechos separados o mezclados, es decir, estiércol, desechos de cocina y paja, en biomasa rica en proteínas y grasas. En este estudio, mediante experimento ortogonal, paja de maíz fermentada con *Aspergillus oryzae* durante 24 h en una proporción de 4000: 1, se identificó la bioconversión de BSFL. Se evaluó el comportamiento de bioconversión de BSFL en paja de maíz fermentada. Con esta paja de maíz fermentada como pienso, la fase larvaria de BSF se prolongó significativamente en comparación con el pienso de control (salvado de trigo). La duración adulta se redujo significativamente y la fecundidad de las hembras se redujo significativamente. Las larvas de BSF secas recolectadas contenían 41,76% de proteína cruda, 30,55% de fibra cruda y 8,24% de ceniza cruda. La grasa de BSFL, en comparación con las larvas recolectadas de la dieta control, tuvo una mayor proporción de ácidos grasos monoinsaturados (24,86%) y ácidos grasos poliinsaturados (25,37%), mientras que una menor proporción de ácidos grasos saturados (45,41%). La reducción de materia seca de la paja de maíz fue del 48,41%. Después

de la bioconversión por BSFL, la paja de maíz residual cambió significativamente en proteína cruda, grasa cruda y contenido de extracto libre de nitrógeno. Al compararlo con el fertilizante orgánico NY525-2012, los residuos de paja de maíz tenían una aplicación potencial en la agricultura y el vivero como fertilizante novedoso. Este nuevo método alternativo beneficiará a la bioconversión integral de la paja de maíz con pretratamiento por insectos.”

Bava *et al.* ^[45] reportaron: “El objetivo del estudio fue evaluar el uso de tres subproductos como sustratos de cultivo para *Hermetia illucens* (Mosca soldado negra (BSF)) larvas: okara, destilador de maíz, granos de cerveza y una dieta de gallina de control. El estudio se centró en el crecimiento larvario y el rendimiento de la bioconversión, la producción de metano por las larvas y la carga ambiental de la producción de larvas, utilizando la evaluación del ciclo de vida (LCA) a escala de laboratorio. La composición química de los sustratos difirió: okara tenía el mayor contenido de proteína cruda y extracto de éter, mientras que los granos de cerveza mostraron el mayor contenido de fibra. Las larvas alimentadas con una dieta de gallina y un destilador de maíz exhibieron los pesos finales más altos (2.29 y 1.97 g, respectivamente). Las larvas cultivadas en okara mostraron los índices más altos de reducción de desechos y eficiencia de conversión del alimento ingerido. Las larvas de BSF no produjeron ningún rastro detectable de CH₄. La evaluación de LCA mostró que la producción de larvas en una dietade gallina resultó en el mayor impacto para la mayoría de las categorías ambientales, por la inclusión de harina de soja en la dieta (para el cambio climático, 5,79 kg CO₂ eq / kg de larvas secas). Las actividades de producción de piensos resultaron en las principales contribuciones al impacto ambiental. Para comparar la producción de larvas obtenida en todos los sustratos, se atribuyó un impacto ambiental a la okara y al grano de cerveza a través de un método de sustitución, y con este enfoque, el mejor producto sostenible resultó de las larvas cultivadas en la destilería de maíz.”

Giraldo *et al.* ^[46] reportaron: “La conversión de materia orgánica haciendo uso de organismos ha tenido un amplio desarrollo en los últimos años. La mosca soldado negra *Hermetia illucens*, por importante porcentaje de proteínas y grasas, se ha considerado como potencial alimento para animales. El objetivo fue determinar el desarrollo de *Hermetia illucens* en pulpa de café bajo condiciones controladas y realizar la descripción morfológica de sus estadios biológicos. Se desarrolló en una temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, la humedad relativa fue $80\%\pm 10\%$ y el fotoperíodo 12-12. Se realizó seguimiento diario para observar las variables de longevidad y sobrevivencia (%) de cada uno de los estadios biológicos, incluyendo los adultos. Se obtuvo el ciclo completo de *Hermetia illucens* en pulpa de café. Los análisis descriptivos de variables mostraron una duración del período de incubación de $3,06\pm 0,09$, la fase larval $22,83\pm 0,17$ y la pupa de $19,92\pm 0,17$, con una viabilidad de 80% y la longevidad de los adultos de $10,43\pm 0,48$. Se describieron los estados biológicos de huevo, larva, pupa y adultos. Los resultados de esta investigación dan seguridad para la realización de proyectos de desarrollo tecnológico que permitan la cría a mayor escala de la mosca *Hermetia illucens* para alimentación animal y el uso de los subproductos en fertilización de cultivos orgánicos.”

Liland *et al.* ^[47] reportaron: “Las larvas de la mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) son una fuente prometedora de proteínas y lípidos para la alimentación animal. La composición nutricional de las larvas de BSF depende en parte de la composición del medio de alimentación. El perfil de lípidos de BSF imita en parte el perfil de lípidos de los medios de alimentación, y los micronutrientes, como minerales y vitaminas, pueden acumularse fácilmente en las larvas de la mosca soldado negra. Sin embargo, son escasos los estudios de investigación sobre la bioconversión y la acumulación de nutrientes de los medios a las larvas de la mosca soldado negra. Aquí mostramos que la inclusión del alga parda *Ascophyllum nodosum* en el sustrato para las larvas de la mosca soldado negra puede introducir valiosos nutrientes, comúnmente asociados con el medio marino, en las larvas. Las concentraciones de ácidos grasos omega-3

eicosapentaenoico (20: 5n-3), yodo y vitamina E aumentaron en las larvas cuando se incluyeron más algas en la dieta. Cuando el medio de alimentación consistía en más del 50% de algas marinas, las larvas experimentaron un crecimiento más deficiente, menor retención de nutrientes y niveles más bajos de lípidos, en comparación con un medio de alimentación puramente vegetal. Nuestros resultados confirman la plasticidad de la composición nutricional de las larvas de la mosca soldado negra, lo que le permite acumular compuestos solubles en agua y en lípidos. Una comprensión más amplia del efecto de la composición de los medios de alimentación sobre la composición de las larvas puede ayudar a adaptar las larvas de la mosca soldado negra a un perfil de nutrientes más adecuado para fines específicos de piensos o alimentos.

Rehman *et al.* ^[48] reportaron: “ El creciente número de granjas lecheras provoca una producción masiva de estiércol y su eliminación inadecuada representa una amenaza para el medio ambiente. Las larvas de la mosca soldado negra (BSF) tienen el potencial de convertir este estiércol animal en una valiosa biomasa; sin embargo, el alto contenido de fibra del estiércol lácteo (MS) dificulta la conversión. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el impacto de la codigestión de MS con otra fuente de desechos ecológicamente problemática: el residuo de cuajada de soja (SCR). Las fuentes de desechos se alimentaron a las larvas de BSF utilizando diferentes proporciones de mezcla. Se encontró que la mezcla de DM y SCR en una proporción de 2: 3 da como resultado las mejores medidas de resultado: tiempo de desarrollo (21 días), tasa de supervivencia (98,4%), reducción de la masa de residuos (75,4% de masa de residuos húmedos y 56,6% de masa de residuos secos), bioconversión (11,6% en húmedo y 14,6% en masa seca), índice de conversión de alimento (6,4 en húmedo y 4,0 en seco), utilización de nutrientes (nitrógeno, 62,1%; fósforo, 52,9%; carbono, 66,4%) y reducción del contenido de fibra (celulosa, 64,9%; hemicelulosa, 63,7%; lignina, 36,9%). El análisis de los cambios estructurales de la celulosa, la hemicelulosa y la lignina mediante microscopía electrónica de barrido nos permite suponer que la actividad larvaria de la mosca soldado negra

conduce a modificaciones estructurales de las fibras. Suponemos que esas alteraciones de superficie y textura favorecen a las bacterias asociadas y, por lo tanto, contribuyen a la reducción de desechos y al crecimiento larvario. Nuestros resultados muestran que la co-conversión de MS con residuos de soja por *Hermetia illucens* podría jugar un papel vital en el manejo de MS.”

Manurung *et al.* ^[49] reportaron: “Este estudio se centra en la aplicación de larvas de mosca soldado negra (*Hermetia illucens* L.) como bioconversión agente de la paja de arroz para reducir la cantidad de desechos mientras que al mismo tiempo produce biomasa de larvas. En este estudio, las larvas fueron alimentadas con paja de arroz a seis tasas de alimentación diferentes (12,5, 25, 50, 100 y 200 mg / larvas / día) hasta que las larvas alcanzan el estado prepupal. Durante el estudio, crecimiento relativo, consumo relativo se midieron la tasa y el nivel de reducción de desechos. Alimentación diaria de 200 mg de paja de arroz triturada por larva resultó en el mayor peso seco prepupal (15.59 ± 0.01 mg), el menor tiempo de desarrollo (39 ± 0.1 días), pero la menor eficiencia de reducción de residuos ($10,85 \pm 0,0005\%$). La mayor eficiencia de reducción de residuos fue registrada por la tasa de alimentación de larvas de 12.5 mg / larva / día ($31.53 \pm 0.01\%$) y disminuyó con mayor velocidad la alimentación. Este estudio mostró la posibilidad de producción de biomasa de larvas de insectos mediante bioconversión. proceso de residuos agrícolas ricos en lignocelulosa.”

Jonathan *et al.* ^[50] reportaron: “ Este estudio examinó el impacto de los porcentajes de proteínas y carbohidratos de la dieta, así como la humedad en el desarrollo inmaduro, la supervivencia y la longevidad adulta resultante y la producción de huevos de la mosca soldado negra, *Hermetia illucens*.(L.) (Diptera: Stratiomyidae). La humedad afectó el desarrollo y los rasgos correspondientes de la historia de vida más que las proteínas: contenido de carbohidratos; las larvas no pudieron desarrollarse con dietas al 40% de humedad. Las larvas alimentadas con

dietas al 70% de humedad se desarrollaron más rápido, crecieron más y requirieron menos alimento que aquellas criadas con dietas al 55% de humedad. Las larvas criadas con una dieta equilibrada (21% de proteínas: 21% de carbohidratos) con un 70% de humedad se desarrollaron más rápido con la menor cantidad de alimento y tuvieron la mayor supervivencia hasta la etapa prepupal. La emergencia y la longevidad de los adultos fueron similares en todos los tratamientos, lo que indica que los rasgos inmaduros de la historia de vida fueron los más afectados. La dieta de control (mosca doméstica de Gainesville) fue superior a las dietas artificiales para todos los parámetros probados. Estas diferencias podrían indicar que otros componentes (p. Ej., microbios asociados) desempeñan un papel en el desarrollo de la mosca soldado negra. Estos datos son valiosos para la industrialización de este insecto como tecnología “verde” para el reciclaje de desechos orgánicos, que pueden ser muy variables, para producir proteína para uso como alimento en las industrias ganadera, avícola y acuícola, así como para la producción de bioenergía.”

Isibika *et al.* ^[51] reportaron: “ El uso de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*), larvas de Diptera: Stratiomyidae) (BSFL) se encuentra entre las soluciones que se están explorando para cambiar la cadena de valor en la gestión de residuos orgánicos mediante la producción de productos valiosos. Aunque BSFL consume una variedad de sustratos, los materiales con desequilibrio de nutrientes con alto contenido de hemicelulosa y lignina, por ejemplo, estiércol y cáscara de plátano, producen una baja conversión en biomasa larvaria. Este estudio exploró métodos de pretratamiento para mejorar la composición de nutrientes y la digestibilidad de la cáscara de banano para lograr una mayor conversión de sustrato en biomasa BSFL. Los métodos de pretratamiento evaluados fueron microbianos, químicos (nitrógeno no proteico), basados en calor y combinaciones de estos. Todos los pretratamientos probados, excepto el calentamiento, dieron como resultado una conversión de BSFL más eficiente en términos de peso final de larvas. Las bajas respuestas de BSFL en los pretratamientos fueron causadas por las altas

cantidades observadas de taninos y compuestos fenólicos principalmente del pretratamiento de calentamiento. El índice de conversión de residuos a biomasa se correlacionó negativamente con los sólidos volátiles del sustrato (VS) y positivamente con la disminución de VS en el pretratamiento. Microbiano - Los pretratamientos de 14 días proporcionaron el tiempo de pretratamiento óptimo para que los microorganismos logren la máxima degradación de los sustratos, facilitando la asimilación larvaria de los nutrientes liberados. *Rhizopus oligosporus*-14 días y amoníaco + *Rhizopus* dieron como resultado el tratamiento BSFL más eficiente, medido como proteína producida por kg de material entrante.”

Reategui *et al.* ^[52] reportaron: “Una vía para abordar la seguridad alimentaria y producción de piensos es a través de la cría de insectos que exhiben una pequeña huella ecológica, tasas elevadas de crecimiento y reproducción, niveles altos de proteínas, grasas y minerales. Cuarenta cuyes en crecimiento se alimentaron para evaluar los efectos de dietas isonitrogenadas e isoenergéticas en las que se sustituyeron diferentes proporciones de harina de soja (0%, 16%, 32% y 50%) con Harina de *Hermetia illucens* evaluando consumo de alimento/día (g/día), consumo total de alimento (g), peso corporal final (g), aumento de peso total (g) e índice de conversión alimenticia. El ensayo se condujo en un Análisis de Varianza de medidas repetidas con corrección de Greenhouse-Geisser. La Proteína Cruda en harina de larva de *Hermetia illucens* fue de $42,16 \pm 3,67\%$ (materia seca), en reemplazo de harina de soja no mostró diferencia estadísticamente significativa entre la ganancia de peso diaria y el peso corporal. El reemplazo de 32% presentó un mayor consumo diario: $49,05 \pm 0,69$ g, consumo total: $1717 \pm 24,32$ g y conversión alimenticia $3,22 \pm 0,07$. Incorporar harina de larva de *Hermetia illucens* al 16% del requerimiento proteico en alimentación de *Cavia porcellus* mostró una ingesta de alimento por día de $34,57 \pm 0,56$ y mejor conversión alimenticia, $2,50 \pm 0,04$. La harina de larva de *Hermetia illucens* es un excelente sustituto proteico de alta calidad que satisface los requerimientos nutricionales con menor cantidad de alimento en cuyes. Estos hallazgos brindan

información sobre el potencial de la harina de *Hermetia illucens* como una fuente alternativa adecuada de harina de soja para la alimentación de cuyes.”

Luperdi *et al* ^[53] reportaron que “los desechos de los mataderos avícolas y bovinos pueden ser utilizados para la crianza de larvas de BSF, para convertirlos en una valiosa biomasa como técnica de bioeconomía circular; las larvas de mosca soldado negra alimentadas con desechos de mataderos contienen más proteínas que las carnes y algunos granos; las vísceras crudas de res utilizadas como sustrato alimentario para las larvas de *Hermetia illucens* generaron 50,81 % de proteína bruta de MS, contenido superior al del alimento balanceado estándar”.

Seyedalmoosavi *et al.* ^[54] indican que “las ventajas de BSFL sobre otras especies de ganado monogástrico incluyen su alta tasa de crecimiento y su capacidad para convertir desechos orgánicos de baja calidad en proteína de alta calidad y biomasa rica en grasa adecuada para su uso en la alimentación animal. Los cálculos que utilizan datos de la literatura sugieren que los BSFL son más eficientes que los pollos de engorde, los cerdos y los peces en términos de conversión de proteína de sustrato en masa corporal. pero menos eficiente que los pollos de engorde y los peces en la utilización de la energía bruta del sustrato para ganar masa corporal. La eficiencia de crecimiento de BSFL varía mucho según la calidad de los nutrientes de sus sustratos dietéticos. Esto podría estar asociado con la función de su tracto gastrointestinal, incluida la actividad de las enzimas digestivas, las características de las partículas de sustrato y su comunidad microbiana intestinal. Además, proporcionan información comparativa sobre los aspectos morfofuncionales del intestino, la caracterización de las enzimas digestivas, la microbiota intestinal y la digestión de la fibra”.

Khieokhajokhet *et al.* ^[55] reportaron que “la harina de larvas (*Hermetia illucens*) (BSFLM) es un ingrediente prometedor para la alimentación animal debido a su alto contenido de proteínas

y su naturaleza sostenible en el sector de la acuicultura. Para la potencial aplicación de este ingrediente en el cultivo de carpas doradas, se prepararon cinco dietas isonitrogenadas (42% de proteína cruda) e isolípicas (9% de grasa cruda) para reemplazar 0, 43, 84, 145 y 210 g kg⁻¹ de harina de pescado. (FM) con BSFLM (denominado BSFLM0 – BSFLM210). Triplicar grupos de 20 carpas doradas (aproximadamente 9,35 ± 0,02 g de pez⁻¹) por tanque se les asignó aleatoriamente una de las dietas experimentales y se alimentaron tres veces al día hasta la saciedad durante 10 semanas. La inclusión dietética de BSFLM aumentó linealmente el peso corporal final, la ganancia de peso y la tasa de crecimiento específico, y mejoró lineal y cuadráticamente la tasa de conversión alimenticia, la tasa de eficiencia proteica y el valor productivo de la proteína. La mayor ganancia de peso se observó en el grupo BSFLM145 (15,61 g pez⁻¹) sin diferencia significativa con BSFLM210 (14,76 g pez⁻¹). Los índices organosomáticos fueron similares entre los tratamientos dietéticos (P > 0,05). La humedad corporal total y el contenido de cenizas no se vieron afectados significativamente, pero la proteína cruda y el contenido de grasa se vieron afectados por la inclusión de BSFLM. Con respecto a la composición de ácidos grasos musculares, C12:0 y C14:0 aumentaron lineal y cuadráticamente con los niveles de BSFLM, lo que resultó en un aumento de los ácidos grasos saturados totales con efectos lineales y cuadráticos (P < 0,05). Por el contrario, C18:3n-3, C20:5n-3, C22:6n-3, ácidos grasos poliinsaturados totales, n-3 total y la relación n-3/n-6 disminuyeron con niveles crecientes de BSFLM. El índice de color (valor a*) disminuyó lineal y cuadráticamente en la región abdominal por inclusión de BSFLM, similar a la disminución en los valores L* y a* en la región de la cabeza. El contenido total de carotenoides también disminuyó en aletas, piel, y suero por inclusiones BSFLM. La inclusión de BSFLM disminuyó la aspartato aminotransferasa, la alanina aminotransferasa, el colesterol total y el colesterol de lipoproteínas de baja densidad con efectos lineales y cuadráticos. Se observó un leve grado de vacuolización con hepatocelular hinchado en el grupo BSFLM84, siendo más abundante en los grupos BSFLM145 y BSFLM210. En general, la inclusión de BSFLM en la dieta mejoró el

rendimiento del crecimiento, la utilización del alimento y la bioquímica sanguínea en los peces dorados, pero ejerció un efecto negativo sobre el contenido de carotenoides, la coloración de la piel y la integridad histológica del hígado”.



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.-MATERIALES

3.1.1.-Localización del trabajo

3.1.1.1.- Espacial

La investigación se desarrolló en el Moscario del fundo de la Universidad Católica de Santa María, ubicado en el Centro de Producción de Bienes y Servicios (CEPROBIS) de la Universidad Católica de Santa María, Irrigación Majes. Geográficamente ubicado en: Latitud: 16° 20' 19" S, Longitud: 72° 09' 51" W, Altitud: 1479 msnm (Código Abigeo de la Irrigación de Majes 040520. Anexo 1).

El clima de esta irrigación es un clima desértico. No hay ninguna lluvia durante todo el año. El clima es considerado BWh por ser árido cálido cuya temperatura anual es por encima de los 18°C, según la clasificación climática de Köppen-Geiger. La temperatura media anual es de 19.1 °C. En cuanto la precipitación varía 2 mm entre el mes más seco y el mes más húmedo. La variación en la temperatura anual es de 3.0 ° C. y tiene un promedio de 9,29 horas luz al año.

3.1.1.2.- Temporal

El trabajo se desarrolló en el moscario perteneciente al vicerrectorado de investigación de la Universidad Católica de Santa María ubicado en Fundo la Católica, Majes, Caylloma - Arequipa, dentro del Desarrollo del Proyecto: “Formulación de Dietas Balanceadas para Acuicultura, utilizando una fuente nutricional Alternativa: Harina de Mosca Soldado Negro (*Hermetia illucens*) estandarizada”, con contrato N°460-2019- PNIPA-SUBPROYECTOS, entre los meses de junio a septiembre del 2021.

3.1.2.- Materiales biológicos

Huevos, larvas y mosca adulta de la especie *Hermetia illucens*

3.1.3.- Materiales de laboratorio.

Pocillos de 6 cm de profundidad por 13 cm de diámetro, con tapas cubiertas por malla.

Moscario 2.5 x 3 metros.

Bandeja larvaria 29.5 x 19 x 13.5

Cartón corrugado

Tela organza

Ligas

Pipetas

3.1.4.- Equipos de laboratorio.

Balanza analítica

Vernier electrónico

Cámara fotográfica

Termo higrómetro

Termómetro

Lupas

Calefactor

Aire acondicionado

3.1.5.- Material de campo:

Mandil

Botas

3.1.6.- Otros Materiales

Hojas bond

Lapiceros

Lápiz

Regla

3.2.- MÉTODOS

3.2.1.- Muestreo

3.2.1.1.-Universo.

Se tomó como universo el total de moscas adultas en postura que se crían en el moscario perteneciente al vicerrectorado de investigación de la Universidad Católica de Santa María ubicado en Fundo la Católica, Majes, Caylloma – Arequipa.

3.2.1.2.-Tamaño de la muestra.

Se utilizó 20 bandejas de crianza a partir de 0.6 gr de huevos obtenidos del moscario del fundo de la Universidad Católica de Santa María.

3.2.1.3.-Procedimiento de muestreo

Se seleccionaron larvas al azar, en el cual se evaluará velocidad de crecimiento, calidad de las larvas alimentadas con estos sustratos, así como su porcentaje de proteína y grasa.

3.2.2. Metodología de la experimentación

3.2.2.1. Producción de larva de *Hermetia illucens*

Se recogió de 15 a 20 posturas en un cartón corrugado. Posteriormente se colocaron en un frasco de vidrio de 500 ml el cual fue cubierto con papel toalla, el cual se almaceno en una sala de incubación con una temperatura de 27°C y una humedad relativa de 60-70%, hasta que las larvas emergieron aproximadamente a los 3 días.

Una vez que las larvas primarias emergieron, se recogió 0.6 gr de larvas y se les colocó en pocillos de 6x13 cm, las cuales fueron alimentadas con 200 gr de sustrato standar, siendo cubiertas con mallas, los cuales posteriormente fueron colocadas en una cámara de incubación con una temperatura de 27°C y una humedad relativa de 60-70% por el tiempo de 4 días.

Una vez transcurridos esos 4 días, se sacaron larvas juveniles y se colocaron en las bandejas larveras de 29.5x 19 x13.5 cm cubiertas con una malla, que van a tuvieron aproximadamente 5kg de alimento dependiendo de la densidad del sustrato en las cuales se sacaron 5 muestras de 25 larvas por bandeja cada 2 días (Día 0-2-4), en las cuales se evaluó su crecimiento pesándolas

con la balanza analítica y midiéndolas con el vernier hasta que la larva 2 paso a larva 5 en un tiempo aproximado de 4 días.

Se probó 4 sustratos en 5 repeticiones cada una, utilizando aproximadamente 5 kg de alimento en cada repetición, las bandejas fueron mantenidas en condiciones controladas con una temperatura de 26°C a 29°C y una humedad entre 55-65%. Estos ensayos tuvieron una duración aproximadamente de 30 días desde el día de recolección de los huevos hasta que las larvas estén listas para su procesamiento, en las cuales se observaron un cambio morfológico de color claro a color crema. Al cabo de cada 2 días se tomó una muestra de 25 larvas de cada repetición de forma aleatoria, y fueron pesadas con una balanza analítica y medidas con el vernier electrónico y se contaron las larvas vivas y muertas tal como se muestra en la ilustración elaborada por mi persona.



Figura 4. Metodología experimental. Fuente: Elaboración propia.

Una vez terminado los periodos de evaluación se tomó una parte de las larvas evaluadas para mandarlo a laboratorio para analizar el valor alimenticio, el resto del producto fue congelado y posteriormente desecado en el horno para convertirlo en harina y pueda ser procesado para la elaboración de piensos.

3.2.2.2.- Raciones para la alimentación de *Hermetia illucens*

Se evaluó 4 raciones para la alimentación de *Hermetia illucens* las cuales estuvieron formadas con los siguientes sustratos. Los sustratos a usar fueron los siguientes:

- a.-Ración 1 (T0): Tratamiento testigo o sustrato estándar patentado por la Universidad Católica de Santa María, el cual es elaborado a partir de afrecho de trigo, harina de maíz, harina de alfalfa (64%) y agua (36%).
- b.-Ración 2 (T1): Alimento preparado con los ingredientes de cáscara y pulpa de fruta de temporada: cáscara y pulpa de frutas: uva (6.3%), plátano (23.1%), manzana (30.8%), mango (4.5%), kiwi (2.4%), papaya (15.6%), pera (13.7%), otros (3.6%).
- c.-Ración 3 (T2): Compuesto por suero de leche con ensilaje: suero de leche (33%) y ensilaje (67%).
- d.-Ración 4 (T3): Compuesto por residuos agrícolas, bráctea de alcachofa con suero de leche: brácteas de alcachofa (77%) y suero de leche (23%).

Una vez formuladas las raciones cada uno fue evaluado por un examen físico-químico proximal.

3.2.2.3.- Preparación de sustratos:

a. Sustrato estándar:

El sustrato estándar utilizado en el moscario del fundo majes de la Universidad Católica de Santa María, está compuesto por harina de alfalfa, harina de maíz y afrecho de trigo, en cuales proporciones son patentadas y aun no se pueden difundir.

Tabla 2. Materia prima utilizada para la elaboración del sustrato estándar para alimentación de larvas de *Hermetia illucens*

Material usado por bandeja en promedio	Cantidad
Sustrato estándar	4.500 kg
Agua	2.500 lt
Peso promedio por bandeja	7 kg

b.- Sustrato de frutas:

Para la preparación del sustrato de frutas se utilizaron las siguientes frutas en las siguientes proporciones:

Tabla 3. Materia prima utilizada para la elaboración del sustrato en base a fruta de temporada para alimentación de larvas de *Hermetia illucens*

Tipo de fruta	Peso
Uva	1.700 kg
Plátano	6.200 kg
Manzana	8.300 kg
Mango	1.200 kg
Kiwi	0.650 kg
Papaya	4.200 kg
Pera	3.700 kg
Palta	0.980 kg
Total	26.930 kg

Una vez pesadas todas las frutas, estas fueron molidas en el procesador de alimentos, tal como se muestra en el anexo 5, en promedio por bandeja se obtuvo 5.3 kg de fruta por bandeja, como se observa en la Tabla 3.

c.- Sustrato de ensilado con suero de leche:

Para la preparación del sustrato de ensilado con suero de leche se utilizó las siguientes proporciones:

Tabla 4. Materia prima utilizada para la elaboración del sustrato de ensilado con suero de leche para alimentación de larvas de *Hermetia illucens*

Material usado por bandeja en promedio	Cantidad
Ensilado	1.500 kg
Suero de leche	3 lt
Peso promedio por bandeja	4.500 kg

Por bandeja de ensilado se usa el doble de suero para obtener la humedad apta para el cultivo de larvas. El proceso de preparación se adjunta en el Anexo 3.

d.- Sustrato de Bráctea de alcachofa con suero de leche:

Para la preparación del sustrato de bráctea de alcachofa con suero de leche se utilizó las siguientes proporciones:

Tabla 5. Materia prima utilizada para la elaboración del sustrato en base a brácteas de alcachofa para alimentación de larvas de *Hermetia illucens*

Material usado por bandeja en promedio	Cantidad
Bráctea de alcachofa	3.500 kg
Suero de leche	1.050 lt
Peso promedio por bandeja	4.550 kg

Por bandeja de ensilado se usa aproximadamente 1/3 de suero para obtener la humedad apta para el cultivo de larvas, como se observa en la Tabla 5. El proceso de preparación se adjunta en el anexo 5.

3.2.2.4.- Cultivo y siembra de larvas:

Una vez terminada la preparación de los sustratos, se procedió a la siembra con la medición aleatorias de larvas antes de sembrarlas, así como se muestra en el anexo 5, y se procedió a medir y pesar aleatoriamente a las larvas los días 0-2-4, las cuales fueron sembradas al día 4, congeladas para su posterior horneado y mandado al laboratorio, tal como se muestra en el anexo 5.

3.2.2.5.- Caracterización físico química: métodos con referencias

Los análisis físico-químicos de las raciones con las cuales se alimentó a las larvas de *Hermetia illucens* así como de la harina de larvas obtenidas al finalizar su crianza, fueron realizados en el Laboratorio de Nutrición y Alimentación Animal de la Universidad Católica de Santa María. La metodología utilizada en el laboratorio se detalla a continuación:

- Se analizó la muestra de Harina de acuerdo al método AOAC Internacional [56].
- El contenido de humedad se midió secando a un peso constante a 105°C durante 6 horas o hasta que alcanzo un peso constante tal como lo realizo Reategui, J. [52]:

- La proteína se analizará por el método Kjeldahl ^[56].
- El Extracto Etéreo se analizó mediante el Método de Soxhlet ^[56].
- El contenido de ceniza se determinó ingresando la muestra a un horno de Mufla operado a 550°C durante 6horas ^[52].
- Las pruebas de FDN, FDA, LDA se realizó según las técnicas validadas de VanSoest y Roberston ^[57]
- El extracto libre de Nitrogeno se obtuvo restando del 100% la muestra; la humedad, proteína, lípidos y cenizas ^[57].

3.2.2.6.- Merito económico

Merito económico es un índice que expresa el potencial productivo de un animal en términos económicos. Se define como la diferencia esperada (positiva o negativa) en valor económico (Soles) durante toda la vida productiva del animal evaluado con respecto al promedio del grupo de referencia ^[58]. Se evaluó al finalizar el estudio cada uno de los tratamientos, con la finalidad de evaluar la rentabilidad, utilizando para ello la siguiente fórmula:

$$\text{Mérito económico} = \frac{\text{VFL} - (\text{VIA} + \text{GA})}{\text{VIA} + \text{GA}} \times 100$$

VIA= valor inicial del kg de alimento, VFL = valor final del kg de larva y GA = gasto de alimentación.

3.2.3. Recopilación de la información

a.- En el campo:

Se evaluó mortalidad de las larvas.

b.- En laboratorio:

Con el uso de medios electrónicos como el vernier y la balanza analítica, se determinó el tamaño y peso de las larvas. Así como también el porcentaje de proteína cruda mediante el método de Kjeldahl en el Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación Animal de la UCSM, con 100 gr de larvas. El porcentaje de grasa con un análisis Físico- químico se realizó mediante

el método Soxhlet.

c.-En la biblioteca:

Para la comparación de resultados, y posteriormente hacer la discusión y conclusión de la investigación se realizó la revisión bibliográfica correspondiente mediante el portal web de la Biblioteca de la Universidad Católica de Santa María.

d.- En otros ambientes generadores de la información científica.

Se tomo contacto con especialistas del área, asesores, y consultores, así como revisión de páginas web de fuentes confiables y otros medios generadores de información científica.

3.3.-VARIABLE DE RESPUESTA

3.3.1.- Variable independiente

Sustratos

3.3.2.-Variable dependiente

Análisis proximal

Mérito económico

Tasa de crecimiento

Tabla 6. Operacionalización de variables independientes y dependientes

Tipo	Variable	Indicadores	Subindicador	Instrumento
INDEPENDIENTE	Sustrato	Tipo sustrato	Valor nutricional de alimento	Método de Weende
DEPENDIENTE	Análisis proximal	Humedad	Porcentaje	Horno 105°C x 6hrs
		Materia seca	Porcentaje	Restamos la humedad
		Proteína cruda	Porcentaje MS	Método de Kjeldah .
	Extracto etéreo	Porcentaje MS	Método de Soxhlet	
	Cenizas	Porcentaje MS	Horno 550°C x 6hrs	
	Fibra cruda	Porcentaje MS	Tecnica VanSoest	
	Extracto libre de nitrógeno.	Porcentaje MS	Resta de % de humedad, proteína, lípidos y cenizas.	
	Tasa Crecimiento	Tamaño Peso	- -	Vernier Balanza
	Merito Económico	Valor inicial de larva	-	Peso vivo inicial/valor de 1 kg de p.v. S/.
		Valor final de larva	-	Peso vivo final/valor de 1 kg de p.v. S/.
		Gasto alimentación	-	Precio de alimento+ mano de obra

3.4.- EVALUACION ESTADÍSTICA

3.4.1.- Diseño experimental

3.4.1.1.- Unidades experimentales

Larvas de *Hermetia illucens* alimentadas con diferentes sustratos.

3.4.1.1.1.- Diseño y distribución de tratamientos

Se utilizó 4 tratamientos, el cual el T0 fue el testigo o control.

Tabla 7. Tratamientos utilizados para la alimentación de larvas de *Hermeti illucens*.

Tratamiento	Material
T0	Es el tratamiento testigo, siendo el alimento estándar del Moscario
T1	Compuesto de cascara y pulpa de frutas de temporada.
T2	Compuesto por suero de leche con ensilaje.
T3	Compuesto por residuos agrícolas como bráctea de alcachofa con suero de leche.

Se probó 4 sustratos en 5 repeticiones cada una, utilizando aproximadamente 5 kg de alimento en cada repetición, las bandejas fueron mantenidas en condiciones controladas con una temperatura de 26°C a 29°C y una humedad entre 55-65%. Estos ensayos tuvieron una duración aproximadamente de 30 días desde la larva primaria.

En un periodo de cada 5 días, 50 larvas fueron escogidas de forma aleatoria de cada repetición, y fueron pesadas con una balanza analítica y medidas con el vernier electrónico y se contaron las larvas vivas y muertas.

3.4.1.2. Análisis estadísticos

Se empleo el Diseño Completamente al Azar (DCA) el cual consto de 4 tratamientos y 5 repeticiones haciendo un total de 20 unidades experimentales. A estos resultados se aplicará el ANOVA.

3.4.1.3.-Análisis de significancia

Para el análisis de significancia entre tratamientos experimentales se realizó una prueba de Tuckey con niveles de significancia del 5% ($p < 0.05$).

3.4.2.- Cronograma de actividades

Las actividades del presente estudio se llevaron a cabo siguiendo la siguiente programación, la cual se adecua al periodo de desarrollo, crecimiento y obtención de harina de larvas de *Hermetia illucens*.

Tabla 8. Cronograma de actividades para la alimentación de larvas de *Hermetia illucens*.

Día	Actividades
1	Se recogió de 15 a 20 posturas en un cartón corrugado y posteriormente fueron colocadas en un frasco de vidrio de 500 ml el cual será cubierto con papel toalla los cuales permanecieron 4 días hasta que emerjan.
4	Se recogió 0.6 gramos de larvas primarias las cuales fueron colocadas en pocillos de 6x13 cm y fueron alimentadas con 200 gr de sustrato, las cuales fueron cubiertas con mallas y fueron colocadas en una cámara de incubación y estarán ahí 4 días.
7	Se preparó los sustratos y se mandó una muestra de estos a laboratorio para un análisis proximal.
8	Se recogió las larvas y se colocaron en bandejas más grandes con 5 kg de alimento.
8-13	Se tomó una muestra de forma aleatoria de 25 larvas por bandeja cada 2 días, de larva 3 a larva 5 (Día 0-2-4) y fueron pesadas con la balanza analítica y medidas con el vernier. Y las larvas fueron devueltas a su bandeja.
14-15	Una vez estas llegaron a larva 5, se congelaron y se hornearon en el horno para su posterior secado. Luego se mandó una muestra de las larvas para un análisis proximal en el laboratorio.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.- RESULTADOS

4.1.2- Tasa de crecimiento de larvas

4.1.2.1.- Peso fresco

Al momento de la siembra se recopilaron los siguientes resultados de peso inicial y final de larvas de *Hermetia illucens*:

Tabla 9. Peso inicial y peso fresco final de larvas de *Hermetia illucens* alimentadas con cuatro raciones.

Tipo de sustrato	Nro de bandeja	Peso inicial	Peso final
Bráctea de Alcachofa + suero de leche	1	171 gr	510 gr
	2	168 gr	490 gr
	3	135 gr	470 gr
	4	165 gr	489 gr
	5	166 gr	498 gr
Ensilado + suero de leche	1	138 gr	513 gr
	2	154 gr	490 gr
	3	137 gr	489 gr
	4	158 gr	523 gr
	5	132 gr	496 gr
Frutas	1	228 gr	744 gr
	2	243 gr	699 gr
	3	256 gr	760 gr
	4	223 gr	695 gr
	5	155 gr	540 gr
Estándar	1	246 gr	737 gr
	2	249 gr	784 gr
	3	253 gr	819 gr
	4	232 gr	673 gr
	5	245 gr	725 gr

En cuanto a la diferencia inicial de las larvas, hubo diferencia ya que se hizo evaluación en dos bloques, Bloque I mezcla estándar (T0) y frutas (T1) el cual se realizó en el mes de junio y Bloque II que fue Ensilado de Maíz con suero de leche (T2) y Bráctea de alcachofa (T3) en el mes de julio. Por lo tanto puede haber habido diferencia por cambio de estación o cambios externos al experimento.

4.1.2.2.- Peso seco de larvas:

El secado de larvas se hace en el horno microondas industrial a una temperatura de 80 grados, por un tiempo de 20-30 minutos dependiendo del estado de la larva, normalmente las larvas congeladas demoran más en deshidratar que las larvas frescas, las cuales fueron introducidas en tandas de 1 kg, tal como se muestra en el anexo 8, dando los siguientes resultados.

Tabla 10. Peso de larva de *Hermetia illucens* deshidratada.

Tipo de sustrato	Peso antes del secado	Peso después del secado
Bráctea de alcachofa + suero de leche	2457	482
Ensilado + suero de leche	2511	635
Mezcla de frutas	3438	1008
Alimento estándar UCSM	3738	1095

4.1.2.- Resultados de análisis proximal de las larvas

Las muestras de los sustratos usados en la siembra de larvas, fueron llevadas al laboratorio de nutrición de la UCSM dando los siguientes resultados:

Tabla 11. Caracterización fisico-química de cuatro raciones utilizadas en la alimentación de larvas de *Hermetia illucens*

Sustrato	MS (%)	PC (%MS)	EE (%MS)	FDN (%MS)	Ceniza (%MS)	Fibra cruda (%MS)	CNF (%MS)	ENN (%MS)
T0	96,77 a	21,68 a	2,52 b	42,18 c	6,00 c	13,73 b	27,63 b	56,08 b
T1	94,64 c	6,08 d	1,40 c	15,50 d	3,10 d	7,83 c	73,91 a	81,58 a

Sustrato	MS (%)	PC (%MS)	EE (%MS)	FDN (%MS)	Ceniza (%MS)	Fibra cruda (%MS)	CNF (%MS)	ENN (%MS)
T2	96,54 a	10,49 c	3,85 a	48,02 a	7,65 a	21,61 a	29,98 b	56,40 b
T3	95,68 b	18,96 b	1,41 c	43,90 b	7,34 b	22,33 a	29,38 b	49,96 c

MS: materia seca; PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo; FDN: carbohidratos insolubles en solución detergente neutro; CNF: carbohidratos no fibrosos; ENN: extracto no nitrogenado. Medias con una letra común en sentido vertical no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Luego se sembró las larvas en el sustrato, se cosecho al día 4 y deshidrato las larvas alimentadas con los sustratos y luego fueron llevadas al laboratorio de nutrición de la UCSM dando los resultados de la Tabla 16.

Tabla 12. Caracterización físico-química de harina de larvas de *Hermetia illucens* alimentadas con cuatro raciones

Sustrato	MS (%)	PC (%MS)	EE (%MS)	FDN (%MS)	Ceniza (%MS)	Fibra cruda (%MS)	ENN (%MS)
T0	91,30 c	46,60 b	15,27 c	24,10 c	8,17 c	5,13 b	24,83 a
T1	95,30 a	29,57 c	41,37 a	19,47 d	4,87 d	8,17 a	16,10 b
T2	95,10 a	46,57 b	23,83 b	31,47 b	10,63 b	7,90 a	11,10 c
T3	93,90 b	55,27 a	12,07 d	39,60 a	12,37 a	7,97 a	12,33 bc

MS: materia seca; PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo; FDN: carbohidratos insolubles en solución detergente neutro; ENN: extracto no nitrogenado. Medias con una letra común en sentido vertical no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

4.1.3.- RESULTADOS ESTADÍSTICOS DE LOS DATOS

4.1.3.1. Crecimiento de larvas

4.1.3.1.1.-Tamaño

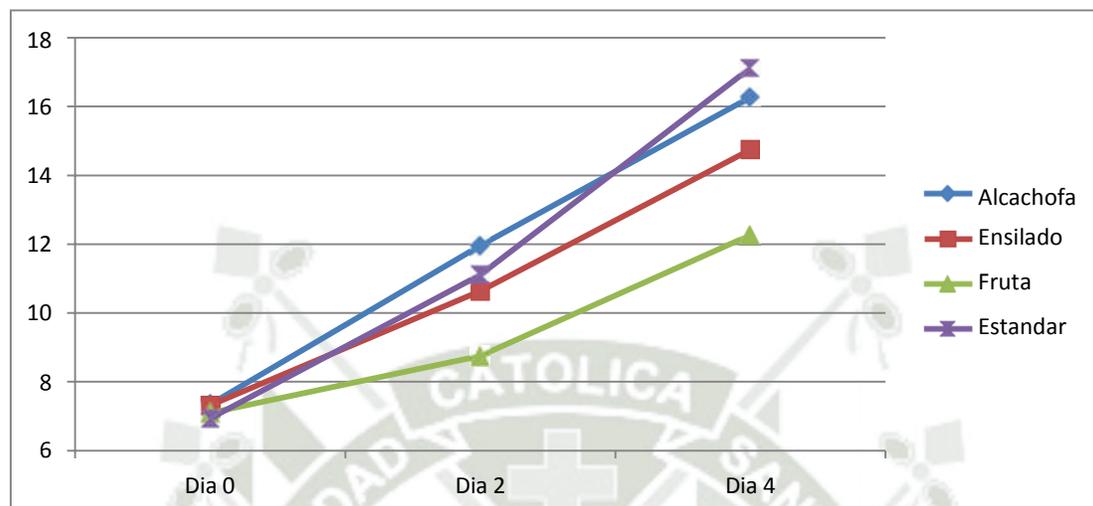


Figura 5. Análisis de crecimiento de larvas en milímetros durante 4 días crecimiento

Los resultados encontrados manifiestan que en los tratamientos según los días los que obtuvieron mejores resultados fueron en el nivel estándar que proyectan una diferencia del día 2 (11.09) al día 4 (17.121) más elevado, en comparación de los demás tratamientos seguidos de los que se realizó los tratamientos en alcachofa que proyectan una tendencia positiva día 2 (11.97) e incrementan sus niveles hacia el día 4 (16.278) de crecimiento constantemente y en proyecciones similares encuentra el ensilado que proyecta un desarrollo progresivo positivo día 2 (10.636) y en el día 4 (14.746), pero menos eficiente que la alcachofa y finalmente En los niveles de crecimiento de las frutas son más pequeños o de menor índice en el día 2 (8.745) y en el día 4 (12.270) en menor en comparación de los otros resultados analizados.

En el análisis de la evaluación de la varianza multifactorial según los días de tratamiento, se puede apreciar que se analizó un análisis de varianza (Anexo 3.1) multifactorial la cual logra identificar los datos estadísticos que son significativos a un nivel de confianza del 95% entre los factores del día el tratamiento y la interacción así como el del tratamiento lo que indica que

se analiza diferentes enfoques y tamaños de la larva estos son evaluados según sea el día y además analiza diferentes tratamientos incluso se puede analizar el crecimiento del tamaño en un mismo día según sea el tratamiento.

Tabla 13. Comparaciones múltiples para el tamaño de larvas según sustratos según crecimiento

Días	Standar	Frutas	Ensilado	Alcachofa
0	6,93 +/-0.001 ^a	7,10 +/-0.001 ^a	7,32 +/-0.001 ^a	7,35 +/-1 ^a
2	11,09 +/-0.001 ^b	8,75 +/-0.01 ^d	10,63 +/-0.004 ^c	11,97 +/-0.01 ^a
4	17,12 +/-0.003 ^a	12,27 +/-0.01 ^d	14,75 +/-0.01 ^c	16,28 +/-0.01 ^b

Medias con una letra común en sentido vertical no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En el análisis de crecimiento diario se puede apreciar que la alcachofa es la que uno está mejores resultados junto con el crecimiento estándar ya que en el día cero inician a 0.04 la alcachofa al igual que nivel estándar progresivamente la diferencia se puede apreciar en el día 2 ya que la alcachofa logra una proyección de 0.24 más menos 0.01 el producción estándar a 0.26 + - 01 y finalmente en el día 4 se puede apreciar que los resultados en la alcachofa logran de 0.28 y el nivel estándar llega a 0.29 en cambio los otros tratamientos muestran una tendencia de crecimiento más lenta y aquel ensilado manifiesta crecimientos de 0.04 en el día cero y en el día 2 logra manifestarse a 0.0 18 y termina su tratamiento con un nivel de 0.22 en comparación a las frutas que su crecimiento no es tan constante y continúa ya que también inician el 0.040 en la proyección del día 2 solo llega a un nivel de 0.08 y en el día 4 solo logra manifestar 0.0 16 estos resultados claramente dan a conocer que la alcachofa es el mejor tratamiento para la producción y crecimiento de las larvas.

4.1.3.1.2.-Peso

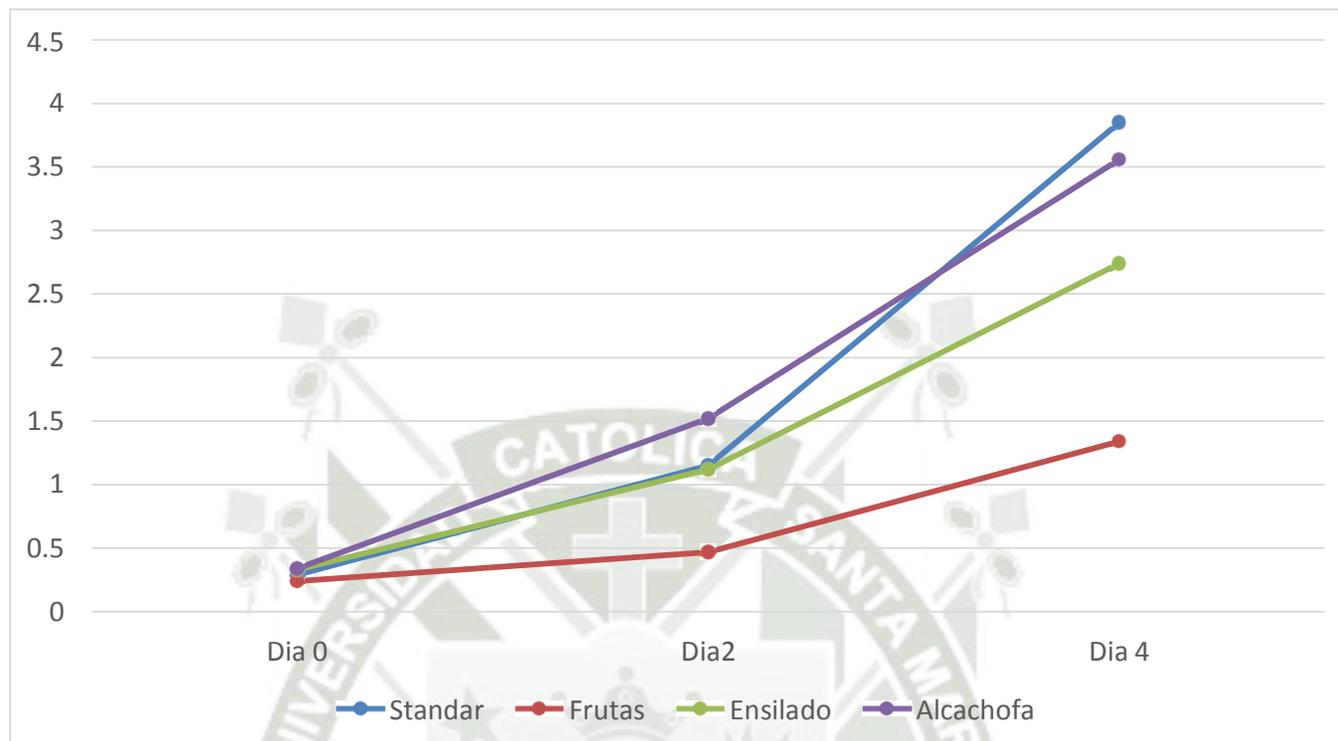


Figura 6. Análisis del peso de 25 larvas de *Hermetia illucens* en gr

Los resultados encontrados en el análisis del peso se puede apreciar que los que presentan una mejor evolución Y eso son los que realizaron el tratamiento con la alcachofa ya que proyecta tendencias positivas entre el día 2 (1.502) y el día 4 (3.238) que superan a las demás tratamientos realizados, es así que el tratamiento estándar así como el ensilado manifiestan tendencias similares en sus resultados entre el día 2 (1.145) y el día 4 (1.132) y el tratamiento menos efectivo que ha ganado peso se trata con el uso de las frutas que obtienen una evolución mínima entre el día 2 (0.445) y el día 4 (0.475) estos resultados demuestran que el tratamiento con la salta chofas hacen y generan que desarrollan mayor peso.

En el análisis de la evaluación de la varianza multifactorial según los días de tratamiento, se puede apreciar que se analizó un análisis de varianza (Anexo 3.2) multifactorial la cual logra identificar los datos estadísticos que son significativos a un nivel de confianza del 95% entre los factores del día el tratamiento y la interacción así como el del tratamiento lo que indica que

se analiza diferentes enfoques y tamaños de la larva estos son evaluados según sea el día y además analiza diferentes tratamientos incluso se puede analizar el crecimiento del tamaño en un mismo día según sea el tratamiento.

Tabla 14. Comparaciones múltiples para peso de larvas según sustratos según crecimiento

Días	Standar	Frutas	Ensilado	Alcachofa
0	0,29 +/-0.14 ^a	0,24 +/-0.12 ^a	0,33 +/-0.1 ^a	0,34+/-0.13 ^a
2	1,15 +/-0.14 ^b	0,47 +/-0.2 ^c	1,12+/-0.16 ^b	1,52 +/-0.19 ^a
4	3,85 +/-0.34 ^a	1,34 +/-0.38 ^d	2,74 +/-0.4 ^c	3,56+/-0.3 ^b

En el análisis del peso de las larvas se puede apreciar que las proyecciones se desarrollan mejor en el nivel standar ya que los resultados encontrados manifiestan una proyección de 0.29 en el día cero y en el día 2 logra manifestarse a 1.15 y en el día 4 logra manifestar una tendencia de 3.85 estos resultados son muy positivos y dan a conocer que el estándar sí genera propiedades que las larvas aprovechan para su crecimiento y desarrollo de peso en cambio los resultados encontrados dan a conocer que en la alcachofa muestran proyecciones similares que el nivel estándar ya que los resultados encontrados manifiestan una tendencia del día 0 de 0.34 en el día 2 manifiestan 1.52 en el empleado logrando una proyección de en el empleado en el día 4 de 3.56. En el nivel de la fruta las proyecciones son menores Ya que en el día cero empieza con 0.24 y las proyecciones logran en el día 2 a 0.47 y uno bien el día 4 solo logra manifestar en 1.34 los resultados analizados muestran que el estándar es la más efectiva entre todos los tratamientos analizados.

Los resultados encontrados en el Anexo 3.3 manifiestan una diferencia entre el nivel inicial y el final ya que se proyectan diferencias entre ambos estadios, los resultados muestran según el valor de la $t= 18.554$ es mayor al parámetro limite ($t=1.6883$), estos resultados muestran que existe una diferencia entre ambos resultados. Así mismo por medio de la significancia se aprecia

que $p=0.00$ es menor al parámetro límite ($p>0.05$) estos resultados muestran que existe una evolución entre las larvas desde el día 0 hasta el día 4 y son positivos.

Los resultados del Anexo 3.4 encontrados manifiestan una diferencia entre el nivel inicial y el final ya que se proyectan diferencias entre ambos estadios, los resultados muestran según el valor de la $t= 18.554$ es mayor al parámetro límite ($t=1.6883$), estos resultados muestran que existe una diferencia entre ambos resultados. Así mismo por medio de la significancia se aprecia que $p=0.028$ es menor al parámetro límite ($p>0.05$) estos resultados muestran que existe una evolución entre las larvas desde el día 0 hasta el día 4 y son positivos.

Los resultados encontrados en el Anexo 3.5 manifiestan una diferencia entre el nivel inicial y el final ya que se proyectan diferencias entre ambos estadios, los resultados muestran según el valor de la $t= 18.554$ es mayor al parámetro límite ($t=1.6883$), estos resultados muestran que existe una diferencia entre ambos resultados. Así mismo por medio de la significancia se aprecia que $p=0.045$ es menor al parámetro límite ($p>0.05$) estos resultados muestran que existe una evolución entre las larvas desde el día 0 hasta el día 4 y son positivos.

Los resultados encontrados en el Anexo 3.6 manifiestan una diferencia entre el nivel inicial y el final ya que se proyectan diferencias entre ambos estadios, los resultados muestran según el valor de la $t= 18.554$ es mayor al parámetro límite ($t=1.6883$), estos resultados muestran que existe una diferencia entre ambos resultados. Así mismo por medio de la significancia se aprecia que $p=0.013$ es menor al parámetro límite ($p>0.05$) estos resultados muestran que existe una evolución entre las larvas desde el día 0 hasta el día 4 y son positivos.

Los resultados encontrados en el Anexo 3.7 dan a conocer que el tratamiento más efectivo para el crecimiento de las larvas así como ganar peso es en las alcachofas ya que la significancia encontrada manifiesta un nivel de 0.00 y su t de student muestra un nivel de 18.554 mientras que los resultados en el tratamiento estándar muestran una proyección de una significancia de 0.05 y un nivel de t de student entre 14.153 ambos tratamientos proyectan resultados positivos en cambio en el ensilado manifiestan una tendencia de 0.028 y una t de student de 13.548 finalmente está el análisis del tratamiento de frutas manifiesta una tendencia de una significancia 0.045 y un nivel de t de student de 12.844 esto quiere decir que según los resultados estadísticos de la t de student el más efectivo es la alcachofa seguido del estándar.

4.1.4.- Mérito económico:

Para eso primero se tiene que calcular el valor de cada uno de los ítems, y se hizo de la siguiente manera:

4.1.4.1.- Valor inicial del kg de alimento

Valor de alimentación de larvas alimentadas con suero de leche +
ensilado

Insumo	Coste x kg	Utilización por bandeja	Costo total de alimento En S/.	
Ensilado	0.28	1.5	0.42	
Suero de leche	0.03	3	0.09	
		4.5	0.51	Por bandeja
			0.113333333	Por kg

Valor de alimentación de larvas alimentadas con suero de leche + bráctea de
alcachofa

Insumo	Coste x kg	Utilización por bandeja	Costo total de alimento en S/.	
Braqtea de alcachofa	0.2	3.5	0.7	
Suero de leche	0.03	1.05	0.0315	
		4.55	0.7315	Por bandeja
			0.160769231	Por kg

Valor de alimentación de larvas alimentadas con mezcla de frutas

Insumo	Coste x kg	Utilizacion por bandeja	Costo total de alimento en S/.	
Mezcla de frutas	0.8	5.3	4.24	Por bandeja
			0.8	Por kg

Valor de alimentación de larvas alimentadas con sustrato standar

Insumo	Coste x kg	Utilizacion por bandeja	Costo total de alimento en S/.	
Afrecho	1.2	1.5	1.8	
Harina de alfalfa	1.5	1.5	2.25	
Harina de maiz	1.5	1.5	2.25	
		4.5	6.3	Por bandeja
			1.4	Por kg

4.1.4.2.- Valor Final del kg de larva

Tabla 14. Precio propuesto para producción de harina de larvas de *Hermetia illucens*

Valoración de la Cosecha	S/.
Tonelada de harina de larvas	6,000.00
Precio Promedio de Ventas (S/. X kg. De larva)	6.00
COSTO TOTAL + 30 % RENTABILIDAD = PRECIO	
SUGERIDO PARA KILO DE HARINA DE LARVA MSN	S/. 6.80

4.1.4.3.- Gasto de alimentación

Tabla 15. Gastos de cuatros raciones de alimentación para producción de larvas de *Hermetia illucens*

Tipo de alimento	Gasto total por bandeja	Kg de larva por bandeja	Gasto total para 1kg de larva	Gasto para 1kg de harina de larva
Standar	6.3	0.747	8.43	33.72
Ensilado+suero	0.51	0.502	1.01	4.04
Braqtea + suero	0.73	0.498	1.46	5.84
Frutas	0.8	0.697	6.08	24.32

4.1.4.4.- Merito Económico:

Tabla 16. Análisis económico de harina de larvas BSF (*Hermetia illucens*) alimentadas con cuatro raciones.
Precios en S/.

Descripción	Ración 1	Ración 2	Ración 3	Ración 4
Valor inicial por kg de alimento	1.4	0.8	0.11	0.17
Valor final por kg de harina de larva	6.8	6.8	6.8	6.8
Gasto de alimentación (kg harina larva)	33.72	24.32	4.04	5.84
Mérito económico (%)	-80.63781	-72.92994	63.855422	13.144759

Ración 1: testigo standar; Ración 2: frutas de temporada; Ración 3: ensilaje + suero de leche; Ración 4: alcachofa + suero de leche.

4.2.- DISCUSIÓN

4.2.1.- Caracterización físico-química de las raciones

En la Tabla 6 se muestran los resultados de la caracterización físico-química de las raciones utilizadas para la alimentación de las larvas. Se observa que las dietas tuvieron diferencias muy marcadas en todas las características físico-químicas. Resaltamos que la ración estándar tuvo el mayor contenido de PC; mientras que la ración con ensilaje y suero de leche obtuvo el mayor porcentaje de EE (Tabla 7). El procesamiento de alimentos, como el tratamiento térmico y la trituración, cambia la estructura del sustrato para que BSFL mejore la digestión de los desechos de alimentos, y que el crecimiento de las larvas está muy influenciado por el contenido de humedad del sustrato. Sin embargo, en este ensayo no se encontró relación entre el contenido de MS con el crecimiento en largo y peso de larvas de BSF.

Respecto a los valores de PC, estos hallazgos coinciden con lo obtenido por Schreven et al. ^[59], quienes indican PC dentro del rango 24 – 51, fibra cruda 5,1 – 51,0, ceniza 5,3 – 7,8 % de MS. De igual manera, se reportaron valores de PC entre 49,51 – 50,93 % de MS al ser alimentadas con salvado de trigo y estiércol de codorniz. Por su parte, Prasetya et al. ^[60] obtuvieron valores más bajos de PC (10,12 – 10,26 % de MS), que lo reportado en nuestro trabajo. Al respecto, Scala et al. ^[59] también refiere que las dietas afectan significativamente el crecimiento larvario; de las raciones que los investigadores probaron, encontraron que aquellas que contenían bagazo proveniente de grano gastado de cervecería (solo o en combinación con frutas), lograban convertir mayor biomasa en menor tiempo. Los resultados obtenidos en este trabajo validan la importancia de las fuentes de alimentación que se usan para la crianza de larvas BSF.

4.2.2.- Evaluación de tasa de crecimiento de larvas

Los resultados resumidos del largo y peso de las larvas en estadio inicial 2 se muestran en la siguiente figura.

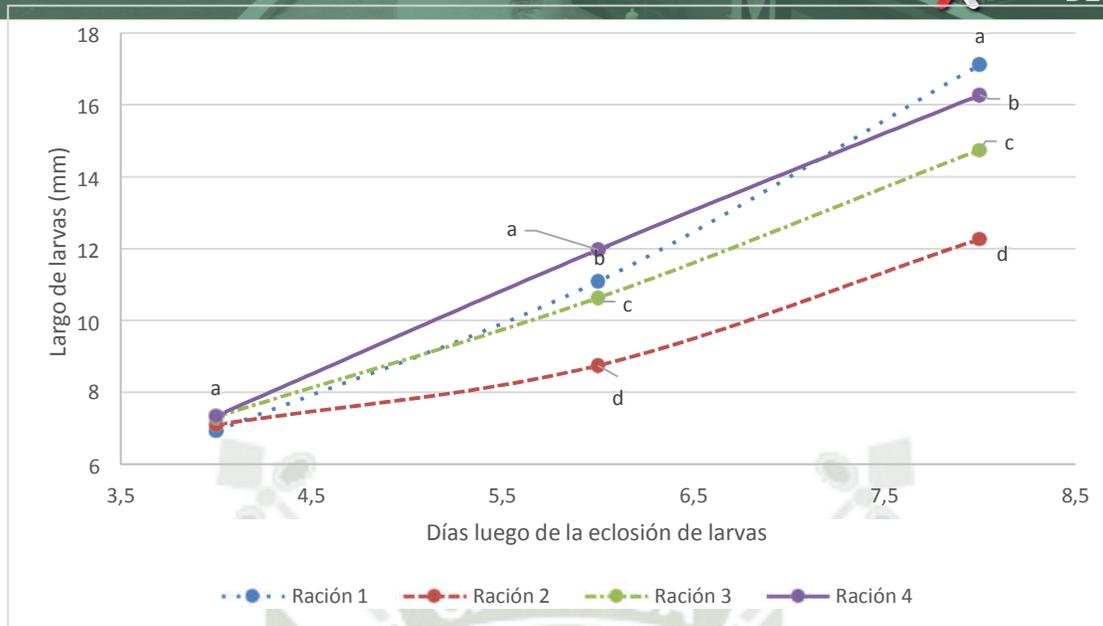


Figura 7. Evolución del largo de larvas BSF (*Hermetia illucens*) sometidas a cuatro raciones de alimentos durante 4 días. Ración 1: testigo; Ración 2: frutas de temporada; Ración 3: ensilaje + suero de leche; Ración 4: alcachofa + suero de leche. Medias con una letra común en sentido vertical no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Se observa que en todas las raciones las larvas presentan una evolución de largo y peso positivo en el tiempo, siendo la ración estándar con la que se obtiene el mayor largo y peso de larvas final, seguida por las larvas alimentadas con el sustrato alcachofa + suero de leche.

Sanjaya et al. [3] encontraron que larvas de estadio 2 alcanzaron un largo entre 4 a 6 mm (día 4 a 6 de eclosionadas), y las de estadio 3 (días 7 a 10 de eclosionadas) 6,5 – 10 mm; estas larvas fueron alimentadas con salvado, leche y vegetales. Nuestros resultados sugieren una mayor tasa de crecimiento de las larvas desde estadio 2 a estadio 3; esto podría deberse a que las raciones evaluadas son balanceadas y proporcionan mayor fuente de proteínas y grasas en comparación con la usada por Sanjaya et al. [3]. Esto se avala en que el largo de las larvas alimentadas con ensilaje + suero de leche (Ración 3) son marcadamente menores; si bien el día 4 (inicio de las dietas), estas larvas tenían un buen tamaño, en fechas posteriores, su tamaño quedó muy rezagado en comparación al resto de tratamientos. Este mismo comportamiento se reflejó en el peso. Scala et al. [59] indican que, a escala de laboratorio, con pequeñas cantidades de larvas, los rendimientos de *BSF* varían claramente en función de las condiciones de crianza (sustrato,

temperatura y humedad relativa); asimismo, la calidad de los alimentos afecta el tamaño de las larvas y tasa de supervivencia, probablemente debido a que la composición del sustrato afecta la tasa de consumo y, en la cinética de crecimiento documentada por Prasetya et al. ^[60] es una variable importante que afecta el crecimiento de larvas de BSF.

Los resultados más bajos sobre el crecimiento de larvas de BSF fueron obtenidos con la ración en base a frutas de temporada; también podría atribuirse al bajo contenido de ácidos grasos de este sustrato, ya que la composición de ácidos grasos en la alimentación de larvas BSF tiene un efecto significativo ^[56].

4.2.3.- Merito económico

De acuerdo al análisis económico realizado, se observa que la harina obtenida de larvas alimentadas ensilaje y suero de leche logra el mayor mérito económico; esto a pesar de que los resultados sobre el crecimiento de las larvas respecto a largo, peso y ganancia de peso, no fueron los mejores en comparación al resto de tratamientos. Esto podría responder al bajo precio de la materia prima por la disponibilidad durante el año, y al menor gasto de alimentación por kilogramo de larva. Esto formaría parte de la economía circular al contribuir con la reutilización y revalorización de residuos sólidos. Son diversos los estudios que respaldan la rentabilidad de la harina de larvas BSF; rentabilidad no solo económica, también ambiental ^[2, 55, 60]. En este sentido, Scala et al. ^[59] demostraron que los desechos orgánicos comúnmente disponibles del sector agroindustrial, como la manzana, el banano y el grano usado, pueden usarse con éxito a escala industrial para producir larvas de BSF de alta calidad, reduciendo la huella ecológica y económica de la producción de alimentos. En el contexto local de nuestro estudio, la disponibilidad y el costo de las raciones influyen notoriamente sobre el mérito económico. Es importante mencionar que las condiciones escala influyen en la cría de BSF y que la transición a una escala industrial puede no ser lineal para todas las características de crecimiento y las variables de valorización, como por ejemplo la reducción de desechos o gasto de alimentación necesario para producir un kg de larva.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Primera

En la evaluación del valor nutricional de cada una de las raciones a partir de exámenes físico-químico proximal, el que reportó mejores resultados en cuanto a proteína cruda (%) fue el sustrato de alimento estándar (T0) con 21,68%, seguida por el sustrato compuesto de bráctea de alcachofa con suero de leche (T3) con 18,96 %.

Segunda.

En la evaluación de tasa de crecimiento, producción y composición nutricional de la larva de *Hermetia illucens* alimentadas con el alimento estándar (T0), los resultados fueron positivos al cuarto día de cosecha con un crecimiento (17.12 ± 0.003^a), ganancia de peso ($3.85 \pm 0.34a$) de proteína (46,60 %), bastante aceptables.

Tercera.

En la evaluación de tasa de crecimiento, producción y composición nutricional de la larva de *Hermetia illucens* alimentadas con mezcla de frutas (T1), los resultados no fueron los esperados al cuarto día de cosecha ya que el crecimiento ($12.27 \pm 0.01d$), ganancia de peso ($1.34 \pm 0.38d$), fueron bastante lentos; Además del porcentaje de proteína muy inferior a las otras (29,57%) siendo la que tuvo peor resultados a comparación de los demás.

Cuarta.

En la evaluación de tasa de crecimiento, producción y composición nutricional de la larva de *Hermetia illucens* alimentadas con el alimento de ensilado con suero de leche (T2), los resultados fueron favorables al cuarto día de cosecha ya que tuvo crecimiento ($14.75 \pm 0.01c$), ganancia de peso ($2.74 \pm 0.4c$) y proteína (46,57%) bastante aceptable

Quinta.

En la evaluación de tasa de crecimiento, producción y composición nutricional de la larva de *Hermetia illucens* alimentadas con el alimento de ensilado con Bráctea de alcachofa con suero de leche (T3), los resultados fueron bastantes positivos al cuarto día de cosecha ya que ya que el crecimiento ($16.28\pm 0.01b$), ganancia de peso ($3.56\pm 0.3b$) y proteína (55,27%) fue mas de lo que se esperaba sobrepasando por mucho al sustrato estándar..

Sexta

En la evaluación del mérito económico de la producción de la larva *Hermetia illucens*, teniendo en cuenta que entre mayor es el mérito es más rentable su producción, la ración que tuvo mejor merito económico (%) fue la ración de Ensilado con Suero de leche (T2) con 63.85% a comparación del sustrato estándar que tuvo un resultado negativo con -80.63%, no siendo muy rentable su producción para el mercado actual.

CAPITULO VI

RECOMENDACIONES

Primera

En la preparación del sustrato de mezcla de frutas (T1), se notó que el sustrato tenía un porcentaje demasiado alto de humedad en lo cual se notó que las larvas empezaron a crecer a partir del 2do día de evaluación, que fue cuando la fruta se fermentó y perdió humedad, entonces se da la recomendación que en siguientes pruebas se debe pasar por un proceso de fermentación previo para tener mejores resultados. Además de que no se recomienda exprimirla ya que pierde nutrientes valiosos.

Segunda

En cuanto a la preparación del sustrato de ensilado con suero de leche (T2) se recomienda partículas de menor tamaño, para un mejor aprovechamiento del sustrato y así no queden tantos residuos sin digerir.

Tercera

En el proceso de medición y pesado interdiario de larvas de *Hermetia illucens*, y en la revisión diaria algo que se notó es que en las bandejas de ensilado con suero de leche (T2) y mezcla de frutas (T1) el alimento se mantuvo frío a comparación de los otros dos sustratos que se mantenían con mayor temperatura por lo tanto se notó un crecimiento más acelerado, dando por recomendación aumentar un poco más la temperatura de la sala, pero teniendo cuidado con la humedad ya que muchas veces las larvas de *Hermetia illucens* suelen salir de las bandejas cuando hay una alta humedad y temperatura.

Cuarta

En cuanto al proceso de deshidratación de larvas *Hermetia illucens* en el microondas industrial lo mejor es procesar las larvas frescas ya que toma menos tiempo en deshidratar (20 min) en

comparación con las larvas congeladas por más de 1 semana (40 min).

Quinta

Se recomienda la evaluación de perfil aminoácidos y ácidos grasos tanto del sustrato alimenticio como de la harina de larvas *Hermetia illucens* , para una posterior correcta valoración de requerimiento alimenticio .



CAPITULO VII

7.-REFERENCIAS

- [1] Ramos E, Pino J, Cuevas JM. Insectos comestibles del Estado de México y determinación de su valor nutritivo. In Mexico UNAd. Serie zoología. Mexico; 1998. p. 65-104.
- [2] Schreven SJJ, Yener S, Van Valenberg H, Dicke M, Van Loon JL. 2021. Life on a piece of cake: Performance and fatty acid profiles of black soldier fly larvae fed oilseed by-products. *Journal of Insects as Food and Feed* 7(1): 35-49.
- [3] Sanjaya Y, Nurjhani M, Halimah M, Shintawati R. 2019. Study of vegetable waste product as alternative artificial feed to life cycle of *Hermetia illucens*. *Journal of Physics: Conference Series* 1280(2): 1-4.
- [4] Bellezza S, Biasato I, Resconi A, Gasco L. Determination of lipid requirements in black soldier fly through semi-purified diets. *Sci Rep* 2022;12 (1)
- [5] Sheppard DC, Tomberlin JK, Joyce JA, Kiser BC. Rearing methods for the black soldier (Diptera:Stratiomyidae). *J. Med. Entomol.* 2002; 39(695-698): p. 39:695-698
- [6] Lotte J. Review of insect Pathogen risks for the black soldier fly (*Hermetia illucens*) and guidelines for reliable production. *Entomologia Experimentalis et Applicata.* 2020 6-7; 168(432-447): p. 168.6-7 (2020): 432-447.
- [7] Borror DJ, Triplehorn CA, Delong, D M. An introduction to the study of insects. In Diptera. 4 ed. New York; 1976.
- [8] Woodley N E. In World Catalog of the Stratiomyidae (Insect: Diptera):. Leiden: Backhuys Publishers. 2001.
- [9] Bradley SW & Sheppard DC. House fly oviposition inhibition by larvae of *Hermetia illucens*, the black soldier fly. *Journal of Chemical Ecology.* 1983; 10(853-859).
- [10] Haskell, N. H. & Catts E. P. *Entomology and Death: A Procedurals.* 1990; 52-97.

- [11] Turchetto M, Lafisca S, Constantini G. Postmortem interval (PMI) determined by study sarcophagous biocenoses: three cases from the province of Venice (Italy). *Forensic Sci. Int.* 2001; 120(28–31.): p. 120:28–31.
- [12] Pujol-Luz JR; Francez PAC; Ururahy-Rodrigues A, Constantino R. The black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera, Stratiomyidae), used to estimate the postmortem interval in a case in Amapá state, Brazil. *Journal of Forensic Science* 53:476–478.
- [13] Van H. Potencial of Insects as food and feed in assuring food security. *Rev. Entomolog.* 2013; 58: 563-583.
- [14] Gobbi F. P. Biología reproductiva y caracterización morfológica de los estadios larvarios de *Hermetia illucens* (L., 1758)(Diptera: Stratiomyidae). Bases para su producción masiva en Europa. In.; 2012.
- [15] Ustuner T, Hasbenli A, Rozko R. The first record of *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera, Stratiomyidae) from the Near East. *Stud. Dipter.* 2003; 10(181–185).
- [16] www.google.com. [Online]. [cited 2018 setiembre 14. Available from: https://www.google.com/search?q=antenas+de++hermetia+illucens&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiY8726p6bjAhUrtlkKHV9ZDJ4Q_AUIECgB&biw=1358&bih=644#imgrc=wP9rr2At1jIcTM.
- [17] Tomberlin JK & Sheppard DC. Lekking behavior of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *Florida Entomologist.* 2001; 84(729–730): p. 84:729–730.
- [18] Tomberlin, J. K.; Sheppard, D. C. & Joyce, J. A. Selected lifehistory traits of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) reared on three artificial diets. 2002; 95(379–86): p. 95:379– 86.
- [19] Newton, G. L.; Sheppard, D.C.; Watson, D.W.; Burtle, G. & Dove, R. Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a valueadded tool for the management of swine manure. In *Animal and poultry waste management center*. North Carolina State University, Raleigh; 2005.

p. 17.

[20] Copello, A. Biología de *Hermetia illucens* Latr. - Argentina. Journal of the Entomological Research Society. 1926; 1(23-27.): p. 1:23-27.

[21] Booth, D. C. & Sheppard, D. C. Oviposition of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): eggs, masses, timing and site characteristics. Environ. Entomol. 1984; 13(21-42): p. 13:21-423.

[22] Tomberlin, J. K. & Sheppard, D. C. Factors influencing Mating and Oviposition of Black Soldier Flies (Diptera: Stratiomyidae) in a Colony. J. Entomol. Sci. 2002 Apr; 37(345-352).

[23] Tomberlin, J. K.; Adler, H. P. & Myers, M. H. Development of the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) in Relation to Temperature. Environmental Entomology. 2009 Mar; 38(930-934).

[24] Hall, D. C. & Gerhardt, R. R. Flies (Diptera). In In Mullen G DL(, editor.. San Diego, California; 2002. p. 127-161.

[25] Ernesto L ; Pio C ; Bernardes A.M ; Godoy W. Neighborhood interactions and larval dispersal behavior in blowflies. Journal of Insect Behavior. 2009 Mar; 22(245-255): p. 22: 245–255.

[26] C.J. Gomes, Godoy W.A.C.. A review of postfeeding larval dispersal in blowflies: implications for forensic entomology. Naturwissenschaften. 2006; 93(207–215): p. 93: 207–215.

[27] Larde G. Investigation on some factors affecting larval growth in a coffee-pulp bed. Biological Wastes. 1989; 30(11-19): p. 30:11-19.

[28] St-hilaire, S.; Cranfill, K.; Mcguire, M.A.; Mosley, E.E.; Tomberlin, J.K.; Newton, L.; Sealey, W.C.; Sheppard, D.C. & Irving, S. Fish offal recycling by the black soldier fly produces a foodstuff high in omega-3 fatty acids. Journal of the World Aquaculture Society. 2007; 38(309-313).

[29] Hem S, Toure S., Sagbla C., Legendre M. Bioconversion of palm kernel meal for

aquaculture: Experiences from the forest region (Republic of Guinea). African Journal of Biotechnology. 2008; 7(1192-1198): p. 7(8):1192-1198.

[30] Graczyk T. K; Mudakikwa A. B; Cranfield M. R ; Eilenberger U. Hyperkerotic mange caused by *Sarcoptes scabiei* (Acariformes: Sarcoptidae) in Juvenile human –habituated mountain Gorillas (*Gorilla gorilla berngei*). research., Parasitology. 2001; 87(1024).

[31] Erickson M, Islam M, Sheppard C, Liao J&DM. Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* Serovar Enteritidis in Chicken manure by larvae of the Black Soldier Fly. Journal of food protection. 2004; 67(685-690): p. 67:685-690.

[32] Liu Q.L ; Tomberlin J.K.; Brady J.A.; Sanford M.R. ; Yu Z.N. Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) Larvae Reduce *Escherichia coli* in Dairy Manure. Environmental Entomology. 2008; 37(1525- 1530).

[33] Sheppard, C. J. Uses of soldier fly larvae to reduce manure, control house flies, and produce high quality feedstuff. In National Poultry Waste Management Symp.; 1998. p. 405.

[34] Renna M, Schiavone F, Gai S, Dabbou C, Lussiana V, Malfatto M ,et al. Evaluation of the suitability of a partially defatted black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal as ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) diets. Journal of Animal Science and Biotechnology. 2017 Julio; 8(57).

[35] Segura M. Composición bromatológica de *Hermetia illucens*. 2014..

[36] Luperdi Puente de la Vega AP. Evaluación de residuos orgánicos de camal y avícolas como sustrato para el desarrollo larval de la *Hermetia illucens* (Mosca Soldado Negra) en la obtención de harina altamente proteica. In.; 2019.

[37] Salas Alfaro JM. Evaluación de cuatro sustratos orgánicos para la producción de larvas de *Hermetia illucens* (Díptera- Stratiomyidae) en condiciones controladas de la irrigación Majes – Pedregal, Caylloma Arequipa. In.; 2019.

[38] Chirinos Aguirre YA. Estudio del Ciclo Biológico de *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) bajo las condiciones de laboratorio en la Irrigación Majes, Caylloma Arequipa.

In.

[39] Barriga Marcapura XJ. Efecto del uso de diferentes concentraciones de Harina de Larva De Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens*) sobre el Comportamiento Productivo de Cuyes (*Cavia Porcellus*) en Crecimiento - Engorde Alimentados Con Raciones. In.; 2019.

[40] Apaza Ayamamani RB. Correlación de Índices Productivos con Suplementación de Harina de Larva de Mosca *Hermetia illucens* a tres niveles versus Fuente Proteica Estándar en Alimentación de Pollos Ross, Arequipa 2019. In.; 2020.

[41] Bava L, Jucker C, Gislón G, Lupi D, Savoldelli S. Cría de *Hermetia illucens* en diferentes subproducto orgánicos: Influencia en el crecimiento, reducción de desechos e impacto ambiental. Animales 2019. 2019 Jun; 9(289).

[42] Marco M, Achille S, Francesco G, Andrea D, Carola L, Manuela r, et al. Effect of brood substrate on growth performance, waste reduction efficiency, and chemical composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. Journal of the science of food and Agriculture. 2018.

[43] Costanza J, Daniela E, Maria Giovanna L, Daniela L, Sara S. Evaluación de sustratos de hortalizas y frutas como posibles medios de cría de larvas de *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). Environmental Entomology. 2017 Jun; 46(1415 -1423).

[44] Zhenghui X, Wanqiang W, Xiaoheng Z, Fen X, Wen YL, Xiaoping L, et al. Rendimiento de bioconversión y tabla de vida de la mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) en paja de maíz fermentado. Journal of Cleaner Production. 2019 Septiembre; 230(974-980).

[45] Marisol G, Nelson R, Benavides P. Uso potencial de *Hermetia illucens* (Linnaeus) (Diptera: Stratiomyidae) para transformación de pulpa de café: aspectos. Revista Cenicafé. 2019 Feb; 70(81-90).

[46] Nina L, Irene B, Pedro A. Modulation of nutrient composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae by feeding seaweed-enriched media. PLOS ONE 12, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183188>. 2017.

- [47] Orihuela Salazar M. Inclusión de Proteínas unicelulares de residuos de papa picada en dietas para el engorde de pollos Broiler- Granja Agropecuaria De Yauris- UNCP. 2015.
- [48] Robert M, Ateng S, Rizkita R E, Ramadhani E P. Bioconversion of rice straw residues by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.): Optimal feeding rates for biomass production. Journal of Entomology and Zoology Studies. 2016 Apr; 4(1036-1041).
- [49] Jonathan AC, Jeffery KT. The impact of dietary proteins and carbohydrates on certain life history traits of the black soldier fly *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). Insects 2017. 2017 Aug; 2(56).
- [50] Isibika A, Vinnerås B, Kibazohi O, Zurbrügg C, Lalander C. Banana peel pretreatment to improve composting by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* (L.), Diptera: Stratiomyidae). Waste Management. 2019; 100(151-160).
- [51] Reátegui J, Barriga A, Obando A, Moscoso G, Manrique P. Harina de larva de *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) como ingrediente proteico de reemplazo parcial de harina de soja en la alimentación de *Cavia porcellus* (Cuy): efecto en el consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia. Scientia Agropecuaria. 2020 Nov; 4(513-519).
- [52] Luperdi AP, Flores-Calla SS, Barriga XJ, Rivera V, Salazar I, Manrique PL, Reátegui JE. Bioprocesamiento de residuos orgánicos de mataderos avícolas y bovinos como sustrato alimentario para el desarrollo larvario de *Hermetia illucens*. Revista global de ciencia y gestión ambiental. 2022, octubre. 33:31-42
- [53] Seyedalmoosavi MM, Mielenz M, Veldkamp T, Daş G, Metges CC. Growth efficiency, intestinal biology, and nutrient utilization and requirements of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae compared to monogastric livestock species: a review. J Animal Sci Biotechnol 2022;13(1).
- [54] Khieokhajokhet A, Uanlam P, Ruttarattanamongkol K, Aeksiri N, Tatsapong P, Kaneko G. Replacement of fish meal by black soldier fly larvae meal in diet for goldfish *Carassius auratus*: Growth performance, hematology, histology, total carotenoids, and coloration.

Aquaculture 2022;561.

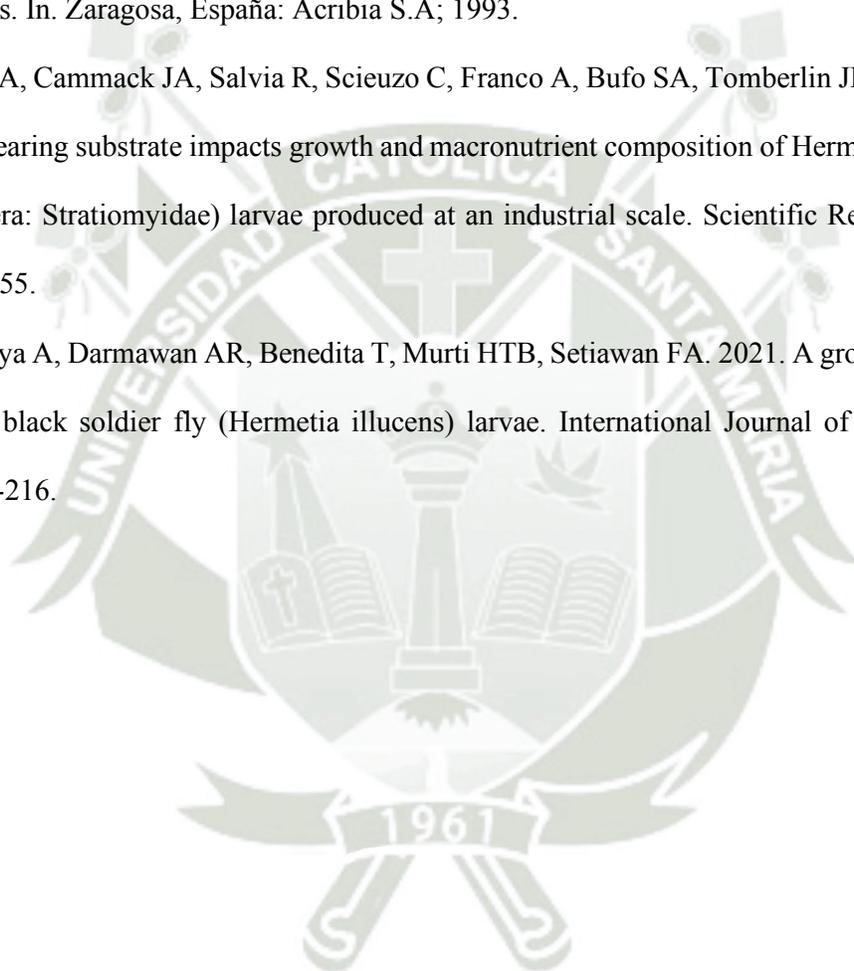
[55] AOOAC. Official methods of analysis. 1990.

[56] Van Soest PV, Robertson J, Lewis B. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science. 1991 Oct; 74(3583-3597).

[57] Church DC, Pond W. Bases científicas para la nutrición y Alimentación de los Animales Domésticos. In. Zaragoza, España: Acribia S.A; 1993.

[58] Scala A, Cammack JA, Salvia R, Scieuzo C, Franco A, Bufo SA, Tomberlin JK, Falabella P. 2020. Rearing substrate impacts growth and macronutrient composition of *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) larvae produced at an industrial scale. Scientific Reports 10(1): 19448-19455.

[59] Prasetya A, Darmawan AR, Benedita T, Murti HTB, Setiawan FA. 2021. A growth kinetics model for black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. International Journal of Technology 12(1): 207-216.



ANEXOS

Anexo 1: Mapa de ubicación



Fuente: Google Earth

Anexo 2: Matriz de datos

Tratamiento	Día de evaluación	Peso de larvas
ensilado	dia 0	0.31
ensilado	dia 0	0.33
ensilado	dia 0	0.34
ensilado	dia 0	0.34
ensilado	dia 0	0.32
ensilado	dia 2	1.17
ensilado	dia 2	1.18
ensilado	dia 2	1.16
ensilado	dia 2	1.08
ensilado	dia4	1
ensilado	dia4	2.83

ensilado

dia4

2.61



ensilado	dia4	3.01
ensilado	dia4	2.66
ensilado	dia4	2.59
frutas	dia 0	0.22
frutas	dia 0	0.28
frutas	dia 0	0.22
frutas	dia 0	0.24
frutas	dia 0	0.26
frutas	dia 2	0.44
frutas	dia 2	0.5
frutas	dia 2	0.39
frutas	dia 2	0.45
frutas	dia 2	0.56
frutas	dia4	1.08
frutas	dia4	1.51
frutas	dia4	1.29
frutas	dia4	1.51
frutas	dia4	1.29
standar	dia 0	0.38
standar	dia 0	0.24
standar	dia 0	0.27
standar	dia 0	0.3
standar	dia 0	0.26
standar	dia 2	1.2
standar	dia 2	1.05
standar	dia 2	1.16

standar	dia 2	1.17
standar	dia 2	1.15
standar	dia4	4.16
standar	dia4	3.58
standar	dia4	3.47
standar	dia4	3.96
standar	dia4	4.09
alcachofas	dia 0	0.36
alcachofas	dia 0	0.31
alcachofas	dia 0	0.35
alcachofas	dia 0	0.35
alcachofas	dia 0	0.34
alcachofas	dia 2	1.55
alcachofas	dia 2	1.54
alcachofas	dia 2	1.4
alcachofas	dia 2	1.52
alcachofas	dia 2	1.61
alcachofas	dia4	3.44
alcachofas	dia4	3.48
alcachofas	dia4	3.48
alcachofas	dia4	3.48
alcachofas	dia4	3.94

Anexo 3: Cuadros estadísticos

Anexo 3.1. Análisis de varianza multifactorial de los días para el crecimiento de larvas según sustratos

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: tamaño de larvas

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	18222,097 ^e	11	1656,554	1249,945	,000
Intersección tipo	180295,503	1	180295,503	136041,107	,000
dia	1468,841	3	489,614	369,436	,000
tipo * dia	15814,816	2	7907,408	5966,497	,000
Error	938,440	6	156,407	118,016	,000
Total	1972,049	148 ^e	1,325		
Total corregido	200489,649	150 ^c			
Total corregido	20194,146	149 ^e			

a. R al cuadrado = ,902 (R al cuadrado ajustada = ,902)

Anexo 3.2. Análisis de varianza multifactorial de los días para el crecimiento de larvas según sustratos

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: peso de la muestra de 25 larvas

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	78,874 ^e	5	15,775	61,601	,000
Intersección tipo	114,716	1	114,716	447,968	,000
dia	12,411	3	4,137	16,156	,000
tipo * dia	66,670	2	33,335	130,174	,000
Error	13,828	54	,256		
Total	212,440	60			
Total corregido	92,702	59 ^e			

a. R al cuadrado = ,851 (R al cuadrado ajustada = ,837)

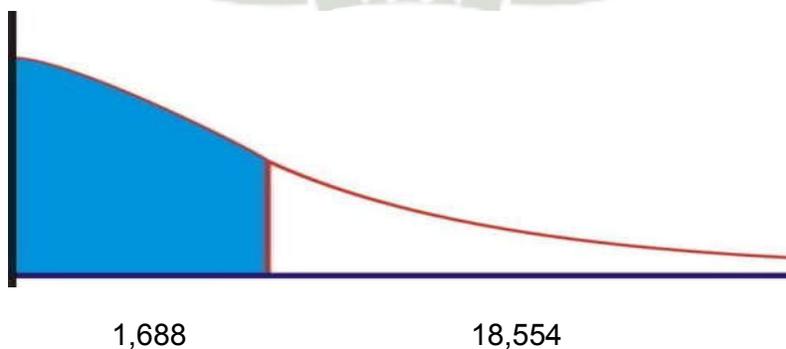
Anexo 3.3. Análisis comparativo de los tratamientos en su etapa inicial y final de la
alcachofa

Prueba de muestras emparejadas

	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
				Alcachofa - Alcachofa inicio	689.00000			

Grados de libertad	<u>0.25</u>	<u>0.1</u>	<u>0.05</u>	<u>0.025</u>	<u>0.01</u>	<u>0.005</u>
121	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
122	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
123	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
124	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
125	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116

Ubicación del valor de la T student



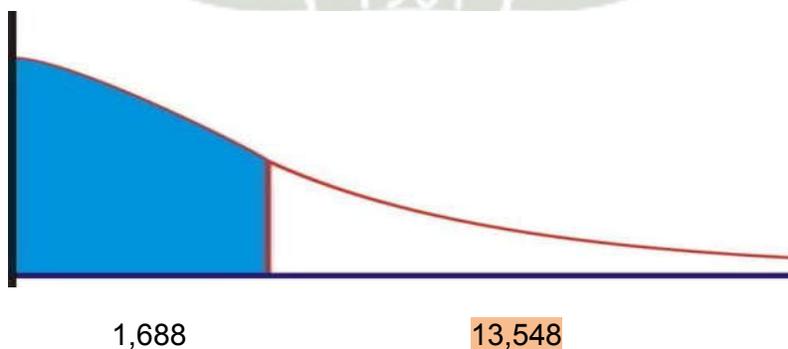
Anexo 3.4. Análisis comparativo de los tratamientos en su etapa inicial y final del Ensilado

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Ensilado - Ensilado inicio	644.83871	530.03059	47.59815	550.62109	739.05633	13.548	123	0.028

Grados de libertad	<u>0.25</u>	<u>0.1</u>	<u>0.05</u>	<u>0.025</u>	<u>0.01</u>	<u>0.005</u>
121	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
122	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
123	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
124	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
125	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116

Ubicación del valor de la T student



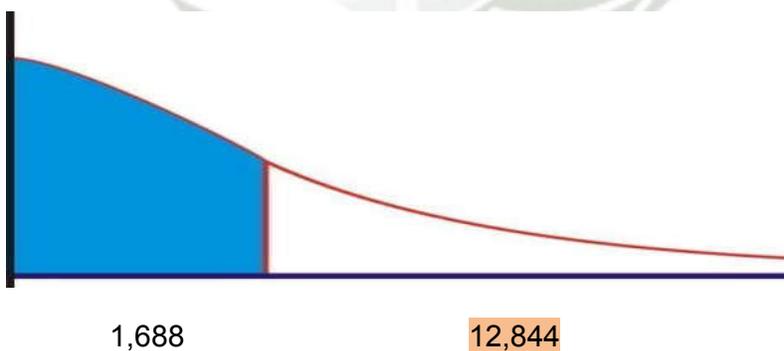
Anexo 3.5. Análisis comparativo de los tratamientos en su etapa inicial y final de la fruta

Prueba de muestras emparejadas

	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
				Fruta - Fruta inicio	478.00806			

Grados de libertad	<u>0.25</u>	<u>0.1</u>	<u>0.05</u>	<u>0.025</u>	<u>0.01</u>	<u>0.005</u>
121	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
122	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
123	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
124	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
125	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116

Ubicación del valor de la T student



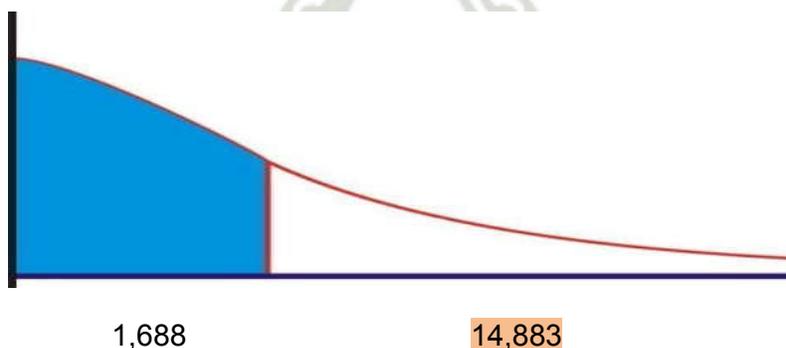
Anexo 3.6. Análisis comparativo de los tratamientos en su etapa inicial y final de la fruta

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas						Sig. (bilateral)	
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t		gl
				Inferior	Superior			
Estándar - Estándar inicio	917.72581	562.96404	50.55566	817.65397	1017.79764	14.153	123	0.013

Grados de libertad	<u>0.25</u>	<u>0.1</u>	<u>0.05</u>	<u>0.025</u>	<u>0.01</u>	<u>0.005</u>
121	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
122	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
123	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
124	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
125	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116

Ubicación del valor de la T student



Anexo 3.7. Resumen comparativo

	t	gl	Sig. (bilateral)
Alcachofa	18.554	123	0.000
Ensilado	13.548	123	0.028
Frutas	12.844	123	0.045
Estándar	14.153	123	0.013

Anexo 4: Secuencia fotográfica

Anexo 4.1.- Siembra de larvas primarias



Anexo 4.2.- Preparacion de sustrato de frutas







Anexo 4.3.- Preparación de sustrato estándar:



Anexo 4.4.-Preparación de sustrato de Braqtea de alcachofa



Anexo 4.5.-Preparación del sustrato de Ensilado + suero de leche





Anexo 4.6.- Medicion y pesado diaria de las larvas



Anexo 4.7.-Cosecha de larvas





Anexo 4.8.- Deshidratado de larvas





Anexo 4.9.- Procesamiento de muestras en laboratorio

