

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas
Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia



**PRODUCCIÓN Y VALORACIÓN NUTRICIONAL DE HARINA DE LARVA
DE *Tenebrio molitor* COMO FUENTE PROTEICA NO TRADICIONAL PARA
SU USO EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL**

**PRODUCTION AND NUTRITIONAL ASSESSMENT OF LARVA FLOUR FROM *Tenebrio
molitor* AS A NON-TRADITIONAL PROTEIN SOURCE FOR USE IN ANIMAL FEEDING**

Tesis presentada por la Bachiller:

Ramos Lazo, Daniela Indira

para optar el Título Profesional de
Médico Veterinario y Zootecnista

Asesor:

**Dr. Cs. MVZ Reátegui Ordóñez, Juan
Eduardo**

Arequipa- Perú

2021

UCSM-ERP

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

Arequipa, 18 de Junio del 2020

Dictamen: 000353-C-EPMVZ-2020

Visto el borrador de tesis del expediente 000353, presentado por:

2014203322 - RAMOS LAZO DANIELA INDIRA

Titulado:

**PRODUCCIÓN Y VALORACIÓN NUTRICIONAL DE HARINA DE LARVA DE TENEBRIO MOLITOR
COMO FUENTE PROTEICA NO TRADICIONAL PARA SU USO EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**1331 - OBANDO SANCHEZ ALEXANDER DANIEL
DICTAMINADOR**



**1982 - REATEGUI ORDOÑEZ JUAN EDUARDO
DICTAMINADOR**



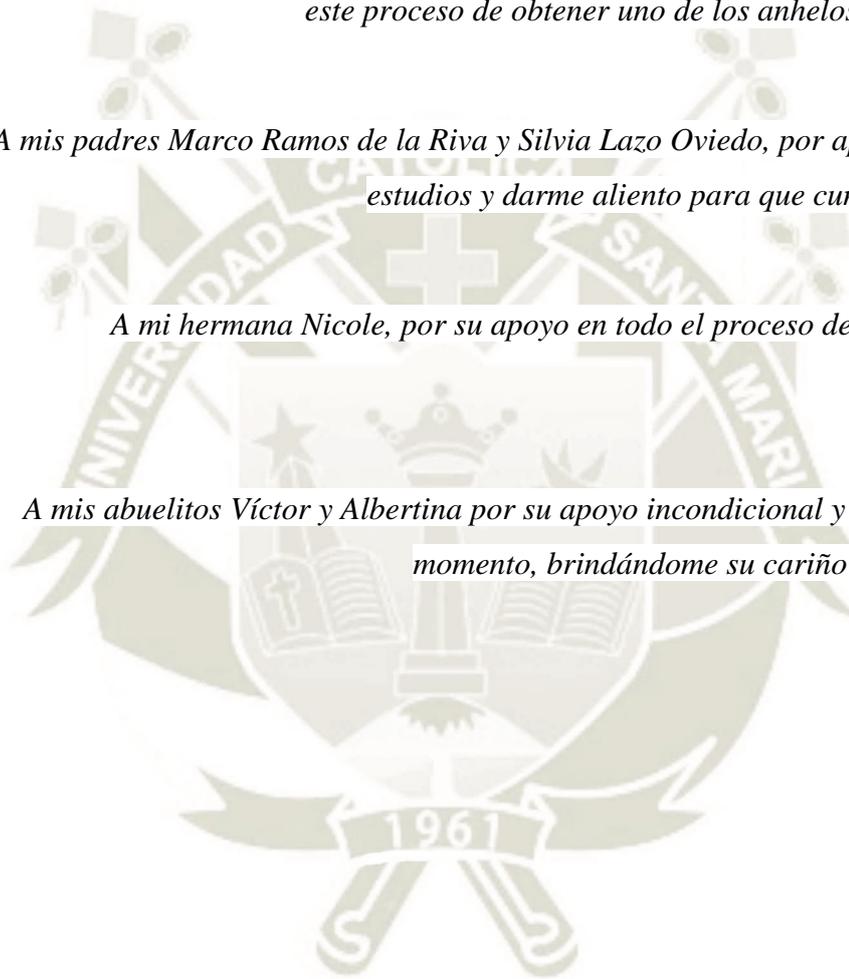
DEDICATORIA

Mi tesis va dedicada a Dios por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres Marco Ramos de la Riva y Silvia Lazo Oviedo, por apoyarme en mis estudios y darme aliento para que cumpla mis metas.

A mi hermana Nicole, por su apoyo en todo el proceso de este trabajo de investigación.

A mis abuelitos Víctor y Albertina por su apoyo incondicional y aliento en cada momento, brindándome su cariño y comprensión.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Católica de Santa María y a mi Programa Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por haberme formado como profesional y por todos los conocimientos adquiridos en mis años de estudio.

A mis padres, hermana y abuelos Víctor y Albertina por haberme apoyado a culminar mi carrera satisfactoriamente.

A mi asesor Dr. Cs. MVZ. Juan Eduardo Reátegui Ordoñez, por la paciencia, motivación y todas las enseñanzas en todos estos años de estudio, al igual que en mi presente investigación.

A mis jurados Ing. Alexander Obando y Dr. Jorge Zegarra por sus conocimientos en toda mi vida universitaria y su aporte en mi tesis de investigación.

RESUMEN

La crianza de insectos como *Hermetia illucens* y *Tenebrio molitor* es hoy en día una alternativa para producción de fuentes proteicas no tradicionales para la producción de piensos alimenticios a usar en la alimentación animal, siendo estos una opción prometedora para los sistemas de producción animal, ya que son una fuente rentable y respetuosa con el medio ambiente, haciendo de estas una fácil alternativa para su producción en harina para elaborar piensos en diferentes especies de animales. Este trabajo de investigación se realizó con el objetivo de evaluar la composición nutricional de la harina de larva de *Tenebrio molitor*, para así poder hacer uso de esta como una fuente de proteína no tradicional, en raciones alimenticias para animales. Primeramente, se hizo la crianza del insecto *Tenebrio molitor* teniendo como núcleo a 4000 larvas, las cuales fueron criadas de acuerdo a los parámetros ambientales y manejo propio de este insecto. Se criaron con una temperatura promedio de 26 a 27 °C y una humedad no menor a 40%, fueron alimentadas con una dieta estándar a base de afrecho, avena y naranja durante todas sus etapas de crecimiento y muda. La larva adulta de *Tenebrio molitor* fue utilizada para la elaboración de harina, ya que en esta etapa contienen mayor cantidad de proteína a diferencia de otras fuentes proteicas utilizadas en alimentación animal. Se realizó la producción de harina de larva de *Tenebrio molitor* a partir de un promedio 231,33 gr de larva fresca y luego del desecado y molido se obtuvo en promedio 103 gr de harina de larva teniendo como resultado un porcentaje promedio con un rendimiento de $45,21 \pm 1,79$ de harina de larva de *Tenebrio molitor*. Los resultados del análisis proximal tuvieron un promedio de **$43,88 \pm 1,82$ % de proteína**, $7,03 \pm 1,33$ % de carbohidratos, $3 \pm 0,40$ % de cenizas, $502,03 \pm 31,36$ Kcal/100 gr de energía metabolizable, $3,73 \pm 0,57$ % de fibra cruda, $33,15 \pm 3,32$ %, de grasa y $12,93 \pm 3,75$ % de humedad. Podemos concluir que la harina de larva de *Tenebrio molitor*, es una excelente alternativa para poder racionar dietas en la alimentación animal, debido a su alto contenido proteico.

Palabras claves:

Harina, *Tenebrio molitor*, análisis proximal, proteína.

ABSTRACT

The rearing of insects such as *Hermetia illucens* and *Tenebrio molitor* is nowadays an alternative for the production of non-traditional protein sources for the production of foodstuffs to be used in animal feeding, these being a promising option for animal production systems, since they are a profitable and respectful source with the environment, making them an easy alternative for their production into flour to make feed for different species of animals. This research work was carried out with the objective of evaluating the nutritional composition of the larva meal of *Tenebrio molitor*, in order to make use of it as a non-traditional source of protein, in food rations for animals. First, the *Tenebrio molitor* insect was reared with 4000 larvae as nucleus, which were reared according to the environmental parameters and proper management of this insect. They were reared with an average temperature of 26 to 27 ° C and a humidity not less than 40%, they were fed a standard diet based on bran, oats and orange during all their growth and molting stages. The adult larva of *Tenebrio molitor* was used to make flour, since at this stage they contain a greater amount of protein than other protein sources used in animal feed. The production of larva flour of *Tenebrio molitor* was carried out from an average 231.33 g of fresh larvae and after drying and grinding, an average of 103 g of larval flour was obtained, resulting in an average percentage with a yield of 45, 21 ± 1.79 of larval meal of *Tenebrio molitor*. The results of the proximal analysis had an average of 43.88 ± 1.82% protein, 7.03 ± 1.33% carbohydrates, 3 ± 0.40% ash, 502.03 ± 31.36 Kcal / 100 gr of metabolizable energy, 3.73 ± 0.57% of crude fiber, 33.15 ± 3.32%, of fat and 12.93 ± 3.75% of humidity. We can conclude that *Tenebrio molitor* larva meal is an excellent alternative to ration diets in animal feed, due to its high protein content.

Keywords:

Flour, *Tenebrio molitor*, proximal analysis, protein.

INTRODUCCIÓN

A medida que va pasando el tiempo nos enfrentamos a nuevos retos respecto a la sostenibilidad de producciones dedicadas a la cría y levante de animales domésticos. Para el año 2050 se proyecta que la población mundial alcanzará los 9 billones de habitantes, lo que se traduce en una creciente demanda por proteínas de origen animal especialmente de especies mono gástricas como las aves y los peces. (1)

Sin embargo, aunque el ganado proporcione hoy un 25% de toda la proteína y el 15% de la energía necesaria para el ser humano, su cría también supone un excesivo impacto ambiental. (2)

Esta situación está generando un deterioro del medio ambiente relacionado con la extracción de materias primas requeridas para la producción de alimento balanceado. (3) Ya que requieren de grandes extensiones de tierras fértiles y agua en abundancia, lo que afecta la sostenibilidad de las granjas dedicadas a la cría de estos animales. (4)

En general, la producción de alimentos requiere el uso de grandes cantidades de agua, fertilizantes y combustible, acciones que a menudo deterioran los ecosistemas y conllevan elevadas emisiones de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) entre otras sustancias (5) (6) (7) , la búsqueda de fuentes alternativas para su alimentación es un tema de interés actual en el campo de la nutrición animal.

Las principales fuentes de proteína utilizadas en las dietas de estas especies son la harina de soya y la harina de pescado. Estas materias primas en nuestro país son importadas y durante los últimos años se ha incrementado su costo debido a su alta demanda, lo que podría en un futuro afectar su disponibilidad. (8)

Por ende, los insectos han sido propuestos como una fuente alternativa de proteína, aún más cuando hacen parte de la dieta natural de especies como los peces y aves. (9) Adicionalmente, cuentan con una gran capacidad de transformar diferentes tipos de

desecho en proteína de alta calidad y requieren poco espacio para su crianza, lo que los hace ambientalmente sostenibles. (10)

En este sentido, los informes de la FAO de 2010 y 2013 señalan a los insectos comestibles como excelentes alternativos a la carne de ganado tanto desde el punto de vista nutricional como medioambiental.

Dentro de las diferentes especies de insectos, se destaca la larva del gusano de harina (*Tenebrio molitor*) que se caracteriza por el alto valor biológico de su proteína, excelente perfil de ácidos grasos y buena digestibilidad (11). Son ricos en proteínas (47–60%) y lípidos (31–43%) con alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados especialmente ácido oleico y linoleico, lo que los hace adecuados para su inclusión en alimentos para animales. Sus larvas se crían fácilmente en productos vegetales y animales de bajo valor nutritivo. Se producen comercialmente para ser utilizados como alimento para mascotas (aves y reptiles) o cebos de pesca (11).

El presente trabajo se realizó con el propósito de evaluar las características nutricionales de la harina de larva de *Tenebrio molitor*, para obtener una detallada composición nutricional de la harina de tenebrio y validar su uso y aplicación en la alimentación animal, como una fuente proteica de origen animal no tradicional, y como remplazo de las fuentes proteicas convencionales de harina de pescado y harina de soja.

ÍNDICE GENERAL

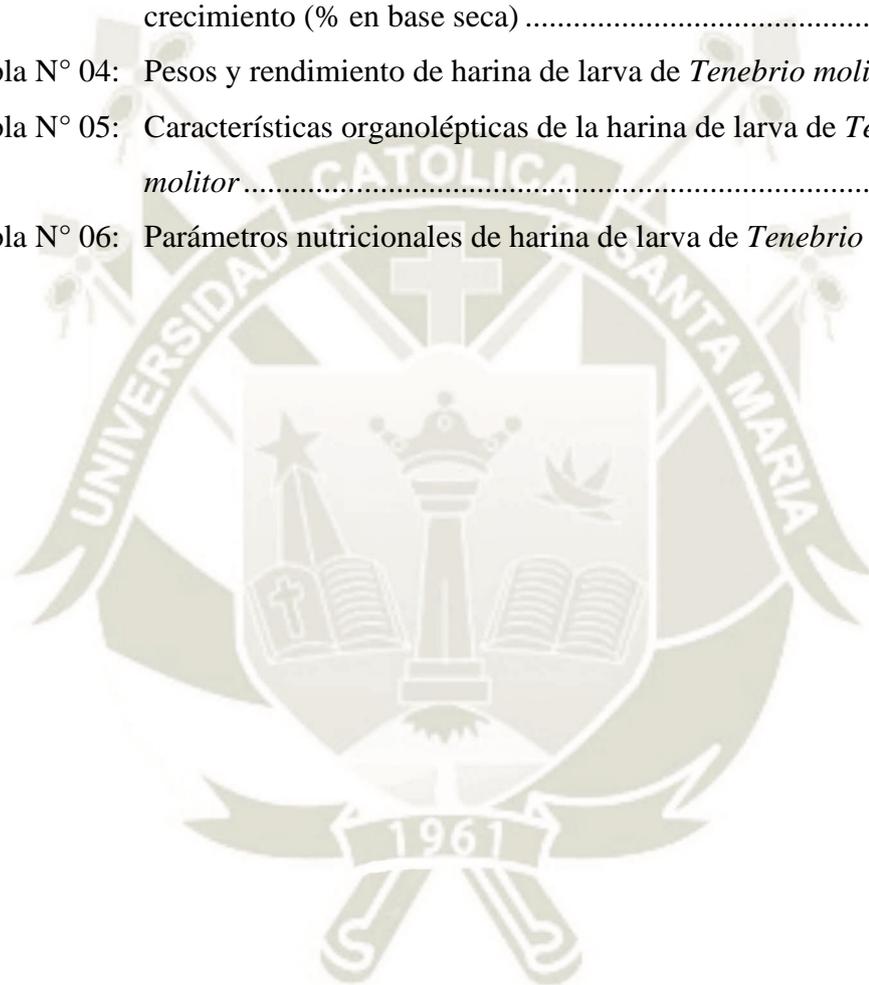
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	18
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	19
1.1. Enunciado del Problema	19
1.2. Descripción del Problema	19
1.3. Justificación del trabajo	19
1.3.1. Aspecto general	19
1.3.2. Aspecto tecnológico	20
1.3.3. Aspecto social	20
1.3.4. Aspecto económico	20
1.3.5. Importancia	21
1.4. Objetivos	22
1.4.1. Objetivos generales	22
1.4.2. Objetivos específicos	22
1.5. Hipótesis	22
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	23
2.1. Análisis Bibliográfico	24
2.1.1. Los insectos como alimento	24
2.1.2. Características del <i>Tenebrio molitor</i>	24
2.1.2.1. Clasificación taxonómica	27
2.1.3. Ciclo biológico del <i>Tenebrio molitor</i>	27
2.1.3.1. Primera etapa huevo	27
2.1.3.2. Segunda etapa: Larva	28
2.1.3.3. Tercera etapa: Pupa	30
2.1.3.4. Cuarta etapa: Adulto	31
2.1.4. Dimorfismo sexual en adultos	34

2.1.5. Crianza del <i>Tenebrio molitor</i>	36
2.1.6. Alimentación del <i>Tenebrio molitor</i>	38
2.1.7. Depredadores y parásitos que atacan al <i>Tenebrio molitor</i>	38
2.1.8. Importancia del <i>Tenebrio molitor</i> como alimento	39
2.1.9. Composición nutricional del <i>Tenebrio molitor</i>	40
2.1.10. Sistema de producción de insectos	41
2.1.11. Harina de insectos	41
2.1.12. Ventajas ambientales	42
2.1.13. Importancia nutricional de la harina de insectos	42
2.1.14. Harina de insectos en la alimentación animal	43
2.1.15. Análisis proximal	44
2.1.15.1. Cenizas	45
2.1.15.2. Proteína bruta (PB)	46
2.1.15.3. Extracto etéreo o Grasa bruta (GB)	46
2.1.15.4. Fibra bruta (FB)	47
2.1.15.5. Carbohidratos	47
2.1.15.6. Energía	47
2.1.15.7. Humedad	48
2.2. Antecedentes de investigación	48
2.2.1. Análisis de Tesis	48
2.2.2. Análisis de Trabajos de Investigación	56
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	60
3.1. Materiales	61
3.1.1. Localización del trabajo	61
3.1.1.1. Espacial	61
3.1.1.2. Temporal	61
3.1.2. Materiales biológicos	61
3.1.3. Materiales de laboratorio	61
3.1.4. Materiales de campo	62
3.1.5. Equipos y maquinarias	62
3.1.6. Otros materiales	62
3.2. Métodos	63

3.2.1. Muestreo	63
3.2.1.1. Universo.....	63
3.2.1.2. Tamaño de la muestra	63
3.2.1.3. Procedimiento de muestreo.....	63
3.2.2. Métodos de evaluación	63
3.2.2.1. Metodología de la experimentación.....	63
3.2.2.2. Recopilación de la información	64
3.3. Variables de respuesta	65
3.4. Evaluación estadística.....	66
3.4.1. Diseño experimental	66
3.4.1.1. Unidades experimentales	66
3.4.1.2. Análisis estadístico	66
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
4.1. Resultados y Discusión.....	68
4.1.1. Producción y crianza de larva de <i>Tenebrio molitor</i>	68
4.1.2. Producción de harina de larva de <i>Tenebrio molitor</i>	74
4.1.3 Características organolépticas de la harina de larva de <i>Tenebrio molitor</i> ..	78
4.1.4 Determinación del análisis proximal de la harina de larva de <i>Tenebrio molitor</i>	79
CAPITULO V: CONCLUSIONES	85
CAPITULO VI: RECOMENDACIONES.....	87
CAPITULO VII: REFERENCIAS	89
ANEXOS	95
ANEXO N° 01: INSTRUMENTOS	96
ANEXO N° 02: POE's	101
ANEXO N° 03: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	106
ANEXO N° 04: SECUENCIA FOTOGRÁFICA	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01:	Clasificación taxonómica del <i>Tenebrio molitor</i>	27
Tabla N° 02:	Composición porcentual del <i>Tenebrio molitor</i> comparada con la de fuentes proteicas habituales en alimentación animal	41
Tabla N° 03:	Composición química del <i>Tenebrio molitor</i> en tres fases de crecimiento (% en base seca)	55
Tabla N° 04:	Pesos y rendimiento de harina de larva de <i>Tenebrio molitor</i>	77
Tabla N° 05:	Características organolépticas de la harina de larva de <i>Tenebrio molitor</i>	78
Tabla N° 06:	Parámetros nutricionales de harina de larva de <i>Tenebrio molitor</i>	79



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vista microscópica de los huevos de <i>Tenebrio molitor</i>	28
Figura 2: Exoesqueletos desprendidos de larva de <i>Tenebrio molitor</i>	29
Figura 3: Larva de <i>Tenebrio molitor</i>	30
Figura 4: Larva de <i>Tenebrio molitor</i> apunto de pupar	30
Figura 5: Pupa de <i>Tenebrio molitor</i>	31
Figura 6: Escarabajos adultos de <i>Tenebrio molitor</i> copulando.....	32
Figura 7: Medida aproximada de escarabajo	33
Figura 8: Escarabajo de <i>Tenebrio molitor</i> recién salido de la crisálida.....	33
Figura 9: Escarabajo juvenil rojizo (aun no adulto) de <i>Tenebrio molitor</i>	33
Figura 10: Escarabajo de <i>Tenebrio molitor</i> adulto	34
Figura 11: Mandíbulas del escarabajo del gusano de la harina	34
Figura 12: Dimorfismo sexual de los segmentos abdominales en un escarabajo hembra (A) y macho (B) de <i>Tenebrio molitor</i>	35
Figura 13: Dimorfismo sexual en un escarabajo macho (A) y hembra (B) de <i>Tenebrio molitor</i>	35
Figura 14: Medidas aproximadas de escarabajo macho (A) y hembra (B) de <i>Tenebrio molitor</i>	36
Figura 15: Porcentaje de proteína por especie	40

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama N° 01: Producción de <i>Tenebrio molitor</i>	68
Diagrama N° 02: Secuencia del ciclo biológico del <i>Tenebrio molitor</i>	72
Diagrama N° 03: Ciclo biológico del <i>Tenebrio molitor</i>	73
Diagrama N° 04: Flujograma de la producción de harina de larva de <i>Tenebrio molitor</i>	76



ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 01: Análisis estadístico de pesos y rendimiento de harina de larva de <i>Tenebrio molitor</i>	107
Cuadro N° 02: Análisis estadístico de los parámetros nutricionales de harina de larva de <i>Tenebrio molitor</i>	107



ÍNDICE DE FOTOGRAFÍA

Fotografía N° 01: Terrarios para larvas	109
Fotografía N° 02: Focos de 100 W	110
Fotografía N° 03: Terrarios con malla mosquitera para la ventilación de las larvas	110
Fotografía N° 04: Termostato y termohigrómetros	111
Fotografía N° 05: Larvas de <i>Tenebrio molitor</i>	111
Fotografía N° 06: Pupas de <i>Tenebrio molitor</i>	112
Fotografía N° 07: Escarabajos de <i>Tenebrio molitor</i>	112
Fotografía N° 08: Escarabajos adultos y juveniles de <i>Tenebrio molitor</i>	113
Fotografía N° 09: Escarabajos adulto de <i>Tenebrio molitor</i> copulando	113
Fotografía N° 10: Terrario de larvas de <i>Tenebrio molitor</i>	114
Fotografía N° 11: Control de temperatura y humedad con termohigrómetro.....	114
Fotografía N° 12: Limpieza de los terrarios	115
Fotografía N° 13: Desechos de larvas de <i>Tenebrio molitor</i> , para ser usado como abono	115
Fotografía N° 14: Congelamiento de las larvas de <i>Tenebrio molitor</i>	116
Fotografía N° 15: Pesaje de larvas húmedas	116
Fotografía N° 16: Deseccación de las larvas en horno microondas	117
Fotografía N° 17: Larvas desecadas	117
Fotografía N° 18: Rotulado de larvas desecadas	118
Fotografía N° 19: Molienda de larvas desecadas.....	119
Fotografía N° 20: Harina de larva de <i>Tenebrio molitor</i>	119



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Enunciado del Problema

Producción y valoración nutricional de harina de larva de *Tenebrio molitor* como fuente proteica no tradicional para su uso en la alimentación animal.

1.2. Descripción del Problema

La falta de fuentes de proteínas para la alimentación humana y animal en varias partes del mundo, está provocando la búsqueda de alternativas locales y mundiales que sean sostenibles y sustentables, la producción de insectos es reconocida como una solución potencial (12).

Razón por la cual en el presente trabajo de investigación se desea experimentar la producción y determinar la valoración proximal de la harina de larva de *Tenebrio molitor*, como fuente nutricional proteica que pueda ser posteriormente incluida en el racionamiento de dietas para animales productivos como fuente proteica no tradicional.

1.3. Justificación del trabajo

1.3.1. Aspecto general

Las larvas y escarabajos de *Tenebrio molitor* son una buena alternativa para realizar su crianza en cantidad, por su fácil criado en cautividad, la versatilidad en su alimentación y el corto ciclo de vida. Estos son criados para fines alimenticios para alimento animal, como la acuicultura y avicultura, y en nuestra región para la crianza del *Cavia porcellus*. Por su contenido de proteínas (identificadas como alpha amilasa animal) de alta digestibilidad se recomienda como promotor del crecimiento en general y de las masas musculares en particular. Su alto contenido de fósforo estimula el metabolismo; acorta los períodos de convalecencia en enfermos; disminuye el porcentaje de mortalidad en recién nacidos; aumenta el porcentaje de postura; mejora el porcentaje de fertilidad y la conversión alimenticia y en general aumenta la productividad de los animales (13).

Es por ello que es necesario generar conocimiento en la crianza y producción de harina de larva de *Tenebrio molitor*, así como saber la composición nutricional a partir de análisis químico proximal de la harina que sirva como fuente proteica no tradicional en la alimentación de animales productivos.

1.3.2. Aspecto tecnológico

El aporte nutricional de la harina de insecto es altísimo, ya que proporcionan nutrientes y proteínas de excelente calidad, muy superior a la carne y al pescado, son ricos en micronutrientes como el hierro, magnesio, el cobre, el selenio, cinc y también posee fibra y no son un riesgo para la transmisión de enfermedades, son de fácil digestión y contienen vitamina B (14). Lo que permitirá su uso como concentrado proteico en la alimentación de animales productivos, siendo una fuente alterna para cubrir las necesidades proteicas requeridas para la alimentación animal.

1.3.3. Aspecto social

El usar insectos como base permite reducir el uso de terreno a solo 45 metros cuadrados para generar 10 kilos de proteína. El consumo de agua y las emisiones de contaminantes de efecto invernadero también disminuyen de una manera drástica. La harina procedente de insectos ofrece a las fábricas de piensos un precio estable, un volumen constante y una producción sostenible en la que se utilizan menos recursos (15).

1.3.4. Aspecto económico

Según la Federación Internacional de Industrias de Piensos, la producción de piensos animales a escala mundial fue de 720 millones de toneladas en 2010. Los insectos pueden complementar las fuentes tradicionales de piensos como la soja, el maíz, los cereales y la harina de pescado. Los insectos que poseen el máximo potencial inmediato

para la producción de piensos a gran escala son las larvas de la mosca soldado negra, de la mosca doméstica y del gusano de la harina (tenebrio), pero se están investigando otras especies de insectos con este fin. Productores en China, Sudáfrica, España y los Estados Unidos ya están criando grandes cantidades de moscas para la acuicultura y los piensos de aves de corral a través de la bioconversión de residuos orgánicos (15).

El encontrar nuevas fuentes proteicas como pienso en la alimentación animal diversificará la demanda de fuentes proteicas de origen animal lo que permitirá en el mercado mayor oferta y mejores costos para su uso por parte de los sistemas de producción animal esto repercutirá en los costos productivos ya que el porcentaje de influencia de la alimentación sobre el costo de unidad de producto está por encima del 45% en la producción animal según la especie producida.

1.3.5. Importancia

Comparado con la fabricación de alimentos convencionales la producción de piensos concentrados a partir de proteínas de insectos ofrece una alternativa ecológica. Las proteínas obtenidas a partir de las larvas de moscas o tenebrio son una alternativa ideal a la harina de pescado en la industria de la alimentación animal. Hay muchas razones para hacer uso de la harina de insectos para concentrados. Se estima que la demanda de proteínas aumentará de unos 50 % – una brecha que la harina de insectos puede compensar sin problemas y respetuoso con el medioambiente (16).

Todo lo anteriormente indicado son razones suficientes para continuar con investigaciones en crianza y producción de harina de insectos como fuentes proteicas en la región de Arequipa, que sirva como fuente alternativa para los sistemas de producción animal y su aplicación como

fuentes de proteína animal sustituyendo las fuentes tradicionales de la harina de soja y pescado.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivos Generales

Producir harina de larva de *Tenebrio molitor*, para su evaluación nutricional, como sustituto proteico, para su uso en la alimentación animal.

1.4.2. Objetivos Específicos

Desarrollar protocolos y procedimiento de operaciones estándar (POES) para la producción de harina de larva de *Tenebrio molitor*.

Evaluar su composición nutricional a partir de análisis químico proximal de la harina de la larva de *Tenebrio molitor*.

1.5. Hipótesis

Dado que: la crianza de *Tenebrio molitor* puede servir para la producción de harina de larva con alto valor proteico y como fuente alternativa en la alimentación animal en sistemas productivos, es probable que:

Se pueda desarrollar protocolos y procedimientos de operaciones estándar (POES) para la producción de harina de larva y evaluar su composición nutricional a partir de análisis químico proximal de la harina de la larva de *Tenebrio molitor*.



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Análisis Bibliográfico

2.1.1. Los insectos como alimento:

El crecimiento constante de la población mundial está provocando una presión cada vez mayor sobre los sistemas ganaderos, comprometiendo su capacidad para asegurar la seguridad alimentaria (es decir, la disponibilidad asegurada de alimentos nutritivos y seguros) a escala global (17) (18).

La mayor parte de los insectos comestibles pertenecen a los ordines *Coleóptera* (escarabajos), *Lepidóptera* (orugas), *Himenóptera* (hormigas y abejas) y *Ortóptera* (grillos, saltamontes y langostas), siendo gran parte de ellos consumidos en etapa larvaria (19).

2.1.2. Características del *Tenebrio molitor*:

El *tenebrio molitor* o gusano de la harina es un insecto perteneciente a la orden *Coleóptera*, conocido por ser destinado a la alimentación de animales exóticos y, también, para entomofagia.

El orden *Coleóptera* es el orden de insectos más rico en especies, siendo alrededor de 300 000 las ya registradas, y el más variable en cuanto a tamaños, pues hay ejemplares desde 0.25 mm hasta 15 cm de longitud. Muchas de sus especies son plagas de las plantas cultivadas y árboles frutales y forestales en las que causan daños solamente comparables a los de las orugas de lepidópteros (20).

El gusano de la harina corresponde a las larvas de dos tipos de escarabajos oscuros de la familia *Tenebrionidae*, el escarabajo amarillo (*Tenebrio molitor* Linnaeus) y el escarabajo oscuro común (*Tenebrio obscurus* Fabricius), esta clase de escarabajos son autóctonos de Europa y actualmente se distribuyen por todo el mundo (21) (11).

El *Tenebrio molitor* es una de las especies más empleada para su crianza en granjas de insectos, sobre todo para alimento vivo (22).

Tanto las larvas como los escarabajos adultos de esta especie se están consolidando como una opción prometedora para la cría en masa en los países occidentales, por su carácter endémico en climas templados, su corto ciclo de vida y su facilidad para ser criado en cautividad (23) (24).

Es lucífugo, es decir de hábitos nocturnos, tiene como característica principal, ser un organismo que vive en medios húmedos y ricos en materia de fácil descomposición.

Se caracteriza por ser uno de los escarabajos más grandes que logran infestar alimentos almacenados, ya que en mayor masa total causan daño a los productos vegetales y alimentos almacenados para fines alimenticios.

Es considerado una plaga de menor importancia para los comerciantes, ya que el *Tenebrio molitor* tienden a arruinar los granos, harinas y otros alimentos almacenados. Sin embargo, cumplen un rol fundamental en la naturaleza, por su capacidad de transformar la materia orgánica en compuestos ricos en energía. Por otro lado, y debido a sus propiedades nutricionales, en los últimos años se han llegado a convertir en una importante fuente de alimento de alta calidad, tanto para los animales como para las personas (25).

Hace algunos años atrás la presencia de tenebrios en los molinos de harina eran considerados una plaga que gracias a la tecnificación y mejor en la forma de almacenar la harina se ha podido controlar. Atacan también a las pastas para sopa y pueden roer el papel, cartón y la madera de los embalajes (20).

Las larvas del gusano amarillo de la harina (*Tenebrio molitor L.*) son comestibles. Pertenece a la familia de los escarabajos *Tenebrionidae*. Se produce comúnmente con dietas de cereales mixtos. Su producción en masa

para el uso de piensos para humanos y ganado ha sido bien documentada (26).

Según la FAO, se comprobó que pueden llegar a contaminar o destruir cerca del 10% de la producción mundial de grano, por este motivo es una buena idea darle un buen uso a este insecto y no solo tener conocimiento de ellos por los daños que provocan (27).

Desprovisto de cualquier tipo de olor o picadura, no muerde ni secreta ningún tipo de líquido o sustancias que sean desagradables y perjudiciales para el hombre, y su registro no contiene ningún tipo de enfermedad, y en la mayoría de los escarabajos adultos pueden servir como anfitriones intermedios para algunas especies de parásitos. De todos los alimentos vivos utilizados en la alimentación de las aves, las larvas de *Tenebrio molitor* son la fuente de alimento más práctica, económica y nutritiva, especialmente para los reptiles, ya que son ricas en proteínas animales, carbohidratos y fosfatos. y fibras digestibles (28).

El gusano de la harina amarillo, la larva del escarabajo del gusano de la harina, se encuentra entre las especies de insectos que tienen una producción generalizada en el mundo (29).

Los estadios de larva y pupa del gusano de la harina son ricos en proteínas, y su reproducción y alimentación es sencilla (30).

Crece bien en desechos orgánicos y por lo general se alimentan vivos a los animales, pero también se pueden vender enlatados, secos o procesados en harina (31).

2.1.2.1. Clasificación taxonómica:

Tabla N° 01: Clasificación taxonómica del *Tenebrio molitor*.

Phylum	<i>Artrópoda</i>
Clase	<i>Insecta</i>
Orden	<i>Coleóptera</i>
Familia	<i>Tenebrionidae</i>
Genero	<i>Tenebrio</i>
Especie	<i>Tenebrio molitor</i>

Fuente: (<http://clonopsis.blogspot.com/2016/10/tenebrio-molitor.html?m=1>) (32)

2.1.3. Ciclo biológico del *Tenebrio molitor*:

2.1.3.1. Primera etapa huevo:

Una sola hembra puede poner hasta 500 huevos. El óptimo la temperatura de incubación es de 25 ° C a 27 ° C, en la cual el desarrollo embrionario dura de 4 a 6 días. Al elevarse ligeramente la temperatura, la eclosión se puede acelerar.

El huevo tiene el tamaño de una mota de polvo el cual queda oculto y protegido ya que es pegajoso y atrapa la suciedad (33).

Los huevos son alargados ovoides, cubiertos con una sustancia pegajosa con la que une los huevos al sustrato (34).

Una vez depositado el huevo, este tardara de una a cuatro semanas en convertirse en larva (33).

Figura 1: Vista microscópica de los huevos de *Tenebrio molitor*



Fuente: <http://enciclopediaanimalesvirtual.blogspot.com/2011/10/estado-adulto-del-tenebrionombre.html> (35)

2.1.3.2. Segunda etapa: Larva

En esta etapa se utilizará como alimento vivo o para su producción de harina, haciendo uso de ella cuando alcance un mayor tamaño.

Es común observar la presencia de las pieles en el sitio de desove, porque en esta etapa las larvas permanecen agrupadas, separándose luego con un crecimiento que durará aproximadamente 60 días, en el cual pasaran al estadio de pupa (36).

Pequeñas larvas blanquecinas (de aproximadamente 3 mm de largo) salen de los huevos. Después de unos días, se vuelven amarillentos. y producen un exoesqueleto duro y quitinoso. Una larva adulta pesa aproximadamente 0.2 g mide 25-35 mm de largo (37).

La etapa dura entre nueve a doce semanas como máximo, el exoesqueleto quitinoso mudara aproximadamente de diez a veinte veces (33).

Figura 2: Exoesqueletos desprendidos de larva de *Tenebrio molitor*



Fuente: https://es.123rf.com/photo_54040612_muertos-gusano-de-laharina.html?fromid=ZVR0Y3JlZWVhbnR0RqVHpvKy90MlpVZz09 (38)

Las larvas cambian a un color amarillento y cuentan con 6 patas en los primeros segmentos (39).

El tamaño que puede alcanzar es hasta los 3 cm de largo por 2 mm de grosor y tener unos 0,35 g de peso antes de convertirse en crisálidas. Las larvas tienen que sufrir una metamorfosis, acumulando grasa para superar este proceso. Esta es la etapa más importante, ya que si no logra transformarse en crisálida, nunca se obtendrá el insecto maduro (40).

En esta etapa la acumulación de grasa es importante ya que le permitirá superar el proceso de metamorfosis.

La larva posee muy buen porcentaje de nutrientes para ser utilizada como alimento.

Probablemente este sea el alimento vivo más fácil de reproducir, algo importante que se debe tomar en cuenta es que estas larvas en

ningún momento deben ser consideradas como una alimentación completa. Una dieta monótona o el abuso en el consume pueden provocar enfermedades de orden nutricional, como deficiencia de calcio (raquitismo, osteoporosis), retraso en el tiempo de coagulación de la sangre, obesidad y congestión alimenticia, entre otras (41).

Figura 3: Larva de *Tenebrio molitor*



Fuente: Velásquez, D. (42)

Figura 4: Larva de *Tenebrio molitor* apunto de pupar.



Fuente: <http://enciclopediaanimalesvirtual.blogspot.com/2011/10/estado-adulto-del-tenebrionombre.html> (35)

2.1.3.3. Tercera etapa: Pupa

En esta etapa ocurre un cambio de color a blanco cremoso, no poseen aparato bucal ni ano, el único movimiento que realiza son de las patas, dando pequeños espasmos.

Mide de 12-18 mm de largo. La duración de esta etapa es de una a tres semanas, en este tiempo transforma sus órganos y cuerpo en un adulto (33).

También puede ser utilizada como alimento vivo, pese a no tener altos valores nutricionales como en el caso de las larvas.

Figura 5: Pupa de *Tenebrio molitor*.



Fuente: Velásquez, D. (42)

2.1.3.4. Cuarta etapa: Adulto

Cuando el escarabajo surge de la fase de pupa, tiene un exoesqueleto blanco y blando, es hexápodo (6 patas). El exoesqueleto se va endureciendo y a medida que esto ocurre su color se oscurece, hasta volverse de color negro. El escarabajo tiene unas alas negras, pero no puede volar.

La cabeza del adulto es frecuentemente quitinizada; es de forma variable, esferoidal, más ancha que larga, o bien muy alargada, las antenas ofrecen También gran diversidad a su forma y al número de sus estructuras (20).

Después de una o dos semanas de vida adulta, los escarabajos se aparean y reproducen (39).

El escarabajo hembra se esconde bajo la tierra y pone cientos de huevos. Esto ocurre pasado unos 4 a 17 días después de la copula (43).

Figura 6: Escarabajos adultos de *Tenebrio molitor* copulando.



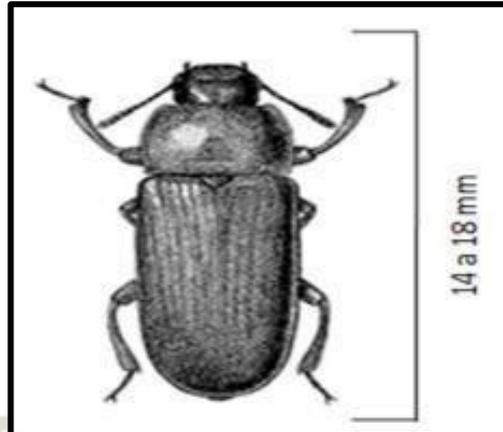
Fuente: <http://enciclopediaanimalesvirtual.blogspot.com/2011/10/es-tad-o-adulto-del-tenebrionombre.html> (35)

En promedio las hembras oviponen entre 200 y 300 huevos (36). Una sola hembra puede poner hasta 500 huevos. La temperatura óptima de incubación es de 25 ° C a 27 ° C, en la cual el desarrollo embrionario dura de 4 a 6 días. Al elevarse ligeramente La temperatura, la eclosión se puede acelerar (43).

El escarabajo de *Tenebrio molitor* adulto vivirá de dos a tres meses (33).

El tamaño de los adultos es de 15-20 mm (39).

Figura 7: Medida aproximada de escarabajo



Sólo el escarabajo es capaz de reproducirse; su tamaño adulto va desde los 1,5 cm hasta los 2,5 cm de largo; a los 7 días la hembra puede poner huevos (40).

Figura 8: Escarabajo de *Tenebrio molitor* recién salido de la crisálida.



Fuente: <http://enciclopediaanimalesvirtual.blogspot.com/2011/10/es-tad-o-adulto-del-tenebrionombre.html> (35)

Figura 9: Escarabajo juvenil rojizo (aun no adulto) de *Tenebrio molitor*.



Fuente: <http://enciclopediaanimalesvirtual.blogspot.com/2011/10/es-tad-o-adulto-del-tenebrionombre.html> (35)

Figura 10: Escarabajo de *Tenebrio molitor* adulto



Fuente: Velásquez, D. (42)

Figura 11: Mandíbulas del escarabajo del gusano de la harina.

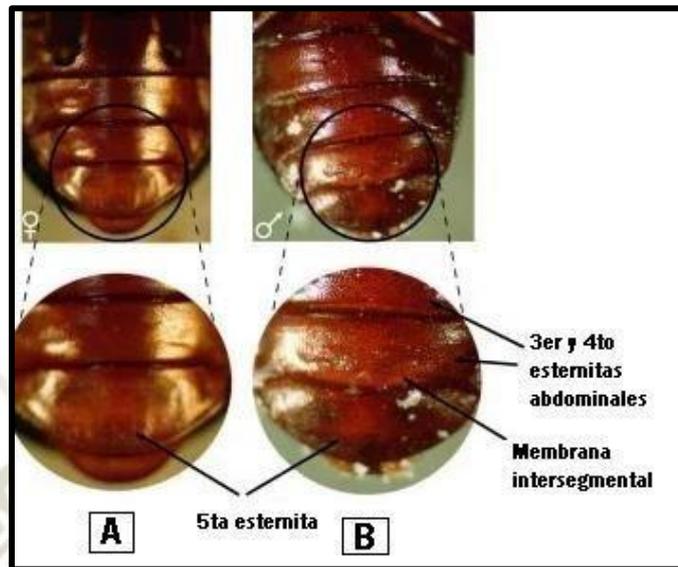


Fuente: https://es.123rf.com/photo_70261259_ampliacion-extrema-mandibulas-escarabajo-gusano-de-la-harina-tenebrio-molitor.html (44)

2.1.4. Dimorfismo sexual en adultos:

Existe un dimorfismo entre los segmentos 5, 6 y 7 de las pupas y adultos algo difícil de observar. En los adultos hay una apertura mayor entre los segmentos de los machos a diferencia de la apertura menor en el de las hembras. En las pupas hembras el séptimo segmento está claramente dividido verticalmente en dos, mientras que en los machos solo se muestra una apertura pequeña en medio. También en los adultos tienen la tibia del primer par de patas curvadas, mientras que las hembras las tienen rectas (39).

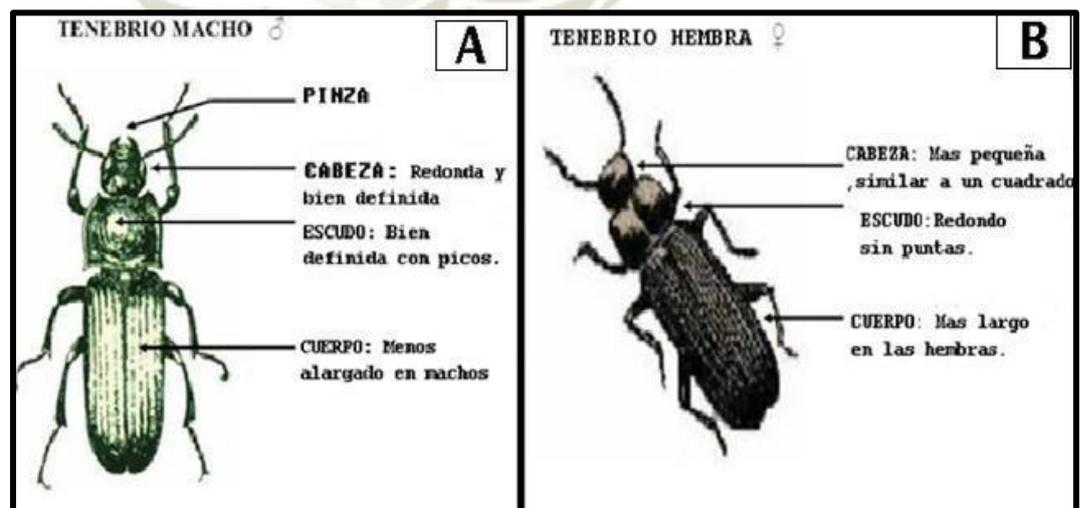
Figura 12: Dimorfismo sexual de los segmentos abdominales en un escarabajo hembra (A) y macho (B) de *Tenebrio molitor*.



Fuente: <https://terrartropoda.wordpress.com/2013/08/11/ficha-gusano-de-la-harina-tenebrio-molitor/> (39)

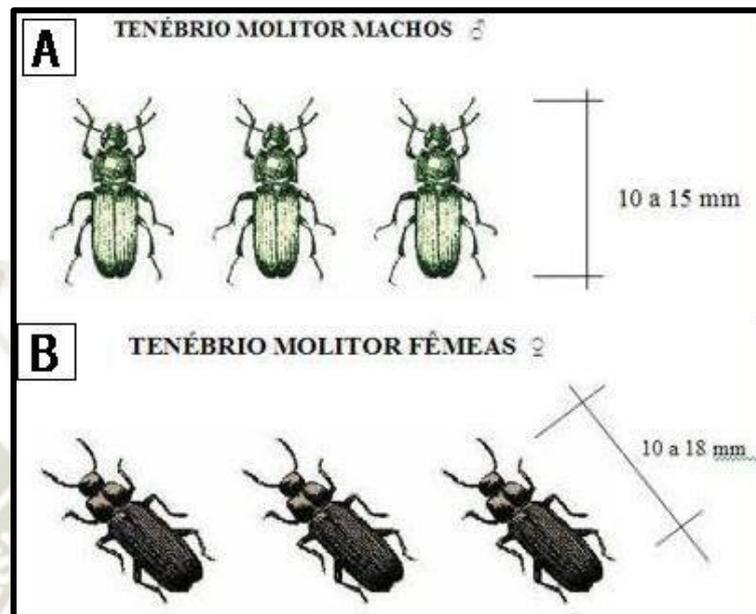
El macho adulto *Tenebrio molitor* (escarabajo) mide de 10 a 15 mm y las hembras son un poco más grandes, entre 10 y 18 mm (28).

Figura 13: Dimorfismo sexual en un escarabajo macho (A) y hembra (B) de *Tenebrio molitor*.



Fuente: <http://labbioeducacaoambiental.blogspot.com/2011/02/pratica-02p-arte-2-tenebriomolitor.html> (28)

Figura 14: Medidas aproximadas de escarabajo macho (A) y hembra (B) de *Tenebrio molitor*.



Fuente: <http://labbioeducacaoambiental.blogspot.com/2011/02/pratica-02parte-2-tenebriomolitor.html> (28)

2.1.5. Crianza del *Tenebrio molitor*

La temperatura adecuada es de 25 °C a 27 °C. A mayor temperatura mayor velocidad de reproducción. No es necesaria una iluminación especial, ya que se observa fotofobia. Es mejor mantenerlos en una zona oscura, no les gusta nada la luz y siempre buscarán un refugio en la oscuridad. La humedad ambiental será suficiente siempre que no baje del 40% (39).

Son muy resistentes, llegando a vivir con alimentos que contienen hasta 1% de agua, cuando existe baja humedad pueden llegar a perder masa, pero mantienen el agua en su metabolismo, para así poder compensar el agua metabólica por la evaporación, para que así la proporción sea constante, una característica que desarrollan en ambientes con bajos niveles de humedad, es que no excretan para evitar perder agua y a su vez pierden carbono para mantener los niveles de humedad (45).

Para empezar un cultivo solo necesitaremos 1 ración o 2 de gusanos. Están disponible les en casi todas las tiendas de animales y algunas tiendas especializadas en la pesca. No hay que hacer nada especial para hacer que se reproduzcan estos animales (39).

Para la cría de tenebrios, debemos contar con mínimo dos contenedores (preferiblemente 3) de 40x40x20 cm, estos contenedores pueden ser fabricados en madera, teniendo en cuenta que hay que revestirlos con papel aluminio para evitar que los escarabajos los dañen, o se pueden utilizar contenedores plásticos con dimensiones similares. Es importante que estos contenedores tengan una tapa para evitar el ingreso de animales a la colonia, así como para evitar fugas, aunque esto último es menos probable (42).

Utilizaremos como sustrato el pienso que utilizaremos para darles de comer, 4 o 5 cm serán suficientes (42).

Generalmente se alimentan de cereales, pan duro, cáscara de fruta, papas, harina de carne o alimento de perros triturado. Deben estar en un lugar cálido y poca luz, cuidar la higiene y retirar cada día las cáscaras o frutas antes que se descompongan, formen hongos y maten las crías. (46) Es importante colocar frutas para que esta sea una fuente de agua y así puedan hidratarse, al igual que estas fuentes de agua aumentan la humedad del medio en el que habita, ya que con humedad baja el proceso de desarrollo del *Tenebrio molitor* se vería afectado.

La comida se transformará en excrementos en forma de un polvo color café, que resulta un excelente abono orgánico (46).

Las tareas de limpieza son bastante arduas puesto que las larvas más pequeñas son de un tamaño minúsculo y se encuentran en el sustrato. Un colador fino es útil en estas ocasiones, pero lo más común es empezar un cultivo nuevo con los individuos que podamos recolectar y desechar el

sustrato gastado como fertilizante para plantas. Una limpieza a fondo solo será necesaria en casos extremos. Normalmente iremos añadiendo más sustrato cuando la capa inicial se haya gastado (39).

2.1.6. Alimentación del *Tenebrio molitor*

Los tenebrios se alimentan de todo tipo de cereales y granos y prefieren los que se encuentran húmedos y en estado de descomposición. Atacan todo tipo de subproductos de la molienda, harinas, semillas, insectos muertos entre otros. Son coleópteros de hábitos nocturnos (47).

Dietas ricas en proteínas y con extracto de levadura (diferentes proporciones) incrementan el peso ganado por las larvas y las tasas de conversión alimenticia al mismo tiempo que disminuyen la mortalidad y los tiempos de desarrollo (48).

La dieta deberá ser balanceada para que tenga cerca del 20% de proteína en base seca. Es importante el suministro de materiales húmedos (frutas y vegetales), ya que los niveles adecuados de humedad permiten un mejor desempeño de la fertilidad, además de aumentar su productividad. Los tenebrios son capaces de transformar desechos de baja calidad en proteína y grasa de excelente calidad en poco tiempo (11).

2.1.7. Depredadores y parásitos que atacan al *Tenebrio molitor*

Entre los depredadores más importantes de *Tenebrio molitor* que actúan en el terrario encontramos al gecko (reptil), el pájaro garrincha (músculos trogloditas) y varias hormigas, las dos primeras que no atacan las cajas, siempre buscan alguna larva desbocada, que de alguna manera constituye un trabajo beneficioso dado el poder destructivo que las larvas ejercen dentro de una residencia. Las hormigas destruyen cualquier terrario, deben ser combatidas a toda costa, de lo contrario perderemos toda la creación (28).

Los parásitos más importantes que infestan las cajas de *Tenebrio molitor*, debido al daño que causan son: arañas (arácnidos): atacan a las larvas en varias etapas de su desarrollo, gorgojos, escarabajos de color rojizo muy ágiles que atacan el sustrato y la polilla (28).

2.1.8. Importancia del *Tenebrio molitor* como alimento:

Las larvas y escarabajos de esta especie son una buena alternativa para realizar su crianza en cantidad, por su fácil criado en cautividad, la versatilidad en su alimentación y el corto ciclo de vida. Estos son criados para fines alimenticios para alimento animal, como la acuicultura y avicultura. Por su contenido de proteínas (identificadas como alpha amilasa animal) de alta digestibilidad se recomienda como promotor del crecimiento en general y de las masas musculares en particular. Su alto contenido de fósforo estimula el metabolismo; acorta los períodos de convalecencia en enfermos; disminuye el porcentaje de mortalidad en recién nacidos; aumenta el porcentaje de postura; mejora el porcentaje de fertilidad y la conversión alimenticia y en general aumenta la productividad de los animales (13).

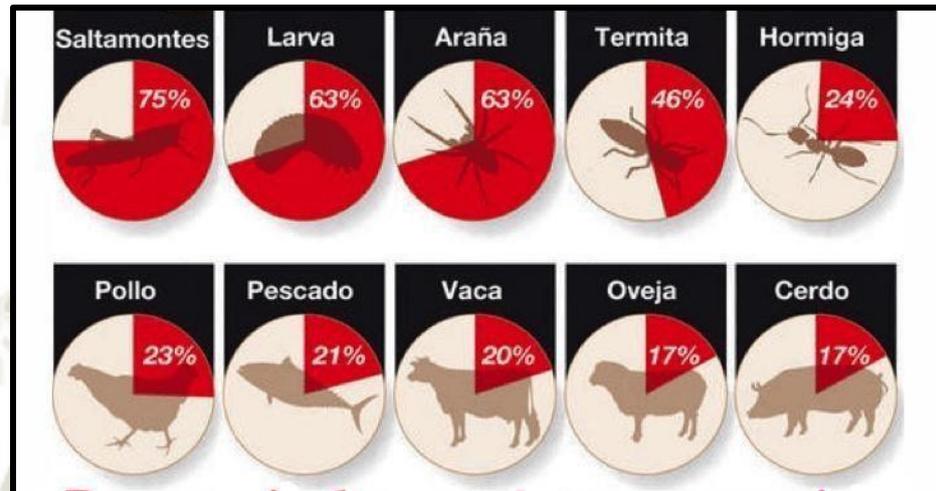
Es una excelente fuente de proteína y lípidos, esta composición nutricional es diferente por cada etapa de desarrollo, la etapa que más se utiliza es la etapa larvaria por contener mayor cantidad de proteínas, ya que los escarabajos tienden a tener sustancias no aptas para el consumo humano, y menor grasa, ya que también desprende un olor fuerte que no les gusta a los animales en cuanto a sabor.

La harina de larvas de gusano de la harina amarillo (YMLM) es rica en proteína cruda (44% - 69%) y grasa cruda (23% - 47%) (49).

Según la FAO, de 2 kg de insectos se obtiene 1 Kg de masa de insecto, mientras que para 1 Kg de carne se necesitan 8 Kg de ganado. Además, su producción implica la emisión de un 99% menos de gases de efecto

invernadero y reduce el consumo de agua, lo que los hace un alimento sostenible que aporta proteína de calidad con un mínimo impacto sobre la salud del planeta (16).

Figura 15: Porcentaje de proteína por especie.



Fuente: <https://www.dietacoherente.com/pro-piedades-nutricionales-de-los-insectos/>
(50)

El *tenebrio molitor* es una larva limpia y sin olor y debido a su alimentación y método de producción no puede ser portadora de Botulismo, Leptospira, Salmonella, Tuberculosis y Toxoplasmosis, entre otras cosas, como lo pudieran ser las fuentes de proteína de origen animal tradicionales (13).

2.1.9. Composición nutricional del *Tenebrio molitor*

El *Tenebrio molitor* destaca a nivel nutricional en los porcentajes de extracto etéreo y proteína.

Tabla N° 02: Composición porcentual del *Tenebrio molitor* comparada con la de fuentes proteicas habituales en alimentación animal

	Cenizas	Extracto etéreo	Fibra	Proteína bruta	Lisina total	Metionina total
<i>Tenebrio molitor</i> (larva)	3.1±0.9	36.1±4.1	6.5*	52.8±4.2	2.86	0.79
Harina de soja (47% PB)	7.0	2.2	5.4	53.4	3.27	0.76
Harina de pescado (67% PB)	16.3	10.1	1.1	71.8	5.31	1.94

* Fibra ácido detergente

Fuente: Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014) (11)

2.1.10. Sistema de producción de insectos

El uso de insectos a gran escala como ingrediente es técnicamente viable y en diversas partes del mundo ya hay empresas consolidadas que están a la vanguardia (51).

Los insectos para la producción de piensos a gran escala son las larvas de la mosca soldado negra, de la mosca doméstica y del gusano de la harina, productores en China, Sudáfrica, España y los Estados Unidos ya están criando grandes cantidades de moscas para la acuicultura y para las dietas de las aves de corral a través de la bioconversión de residuos orgánicos (51).

Los insectos pueden alimentarse a base de residuos biológicos, compost y purines, y pueden transformar estos en proteínas de alta calidad para la alimentación animal (52).

2.1.11. Harina de insectos:

La harina de insectos, es un tipo de harina que se prepara con el ingrediente principal que son, los insectos. Existe una variedad muy amplia de los insectos que se usan para hacer este tipo de harina.

De acuerdo con los criterios de seguridad establecidos por la UE, las especies de insectos que actualmente se crían y cumplen los mencionados criterios para la producción de insectos destinados a la alimentación animal son las siguiente es : Mosca soldado negra (*Hermetia illucens*), Mosca común (*Musca domestica*), Gusano de la harina (*Tenebrio molitor*), Escarabajo de la cama (*Alphitobius diaperinus*), Grillo doméstico (*Acheta domesticus*), Grillo rayado (*Grylodes sigillatus*) y Grillo bicolor (*Gryllus assimilis*) (53).

Las larvas de gusanos de la harina amarillos (*Tenebrio molitor*) son un candidato prometedor debido a su alto contenido de proteínas (50-82% de DM) y su perfil de aminoácidos bien balanceado (53).

2.1.12. Ventajas ambientales:

Por ser los insectos alimentos de especies de sangre fría son muy eficiente para la conversión de alimentos. Con la masa de masa de insecto se puede preparar 2 kilos de alimento en una masa de 1 kilo.

Los insectos se pueden alimentar de residuos biológicos, los cuales los transforma asombrosamente en proteínas, el uso de agua es menor para su crianza (14).

Actualmente, la cría de insectos como fuente alternativa de proteínas en la dieta animal, se origina en el uso de desechos orgánicos como piensos, lo que reduce la contaminación ambiental y transforma los desechos vegetales de baja calidad en proteínas de alta calidad. Esta proteína derivada de insectos podría reemplazar suplementos proteicos cada vez más costosos como la harina de pescado (54) (55) (56) (57) (58).

2.1.13. Importancia nutricional de la harina de insectos:

El aporte nutricional de la harina de insecto es altísimo, ya que proporcionan nutrientes y proteínas de excelente calidad, muy superior a

la carne y al pescado, también son ricos en micronutrientes como el hierro, magnesio, el cobre, el selenio, cinc y también posee fibra y no son un riesgo para la transmisión de enfermedades, son de fácil digestión y contienen vitamina B (14).

2.1.14. Harina de insectos en la alimentación animal:

Según la Federación Internacional de Industrias de Piensos, la producción de piensos animales a escala mundial fue de 720 millones de toneladas en 2010. Los insectos pueden complementar las fuentes tradicionales de piensos como la soja, el maíz, los cereales y la harina de pescado. Los insectos que poseen el máximo potencial inmediato para la producción de piensos a gran escala son las larvas de la mosca soldado negra, de la mosca doméstica y del gusano de la harina, pero se están investigando otras especies de insectos con este fin. Productores en China, Sudáfrica, España y los Estados Unidos ya están criando grandes cantidades de moscas para la acuicultura y los piensos de aves de corral a través de la bioconversión de residuos orgánicos (15).

El usar insectos como base permite reducir el uso de terreno a solo 45 metros cuadrados para generar 10 kilos de proteína. El consumo de agua y las emisiones de contaminantes de efecto invernadero también disminuyen de una manera drástica. La harina procedente de insectos ofrece a las fábricas de piensos un precio estable, un volumen constante y una producción sostenible en la que se utilizan menos recursos (59).

Comparado con la fabricación de alimentos convencionales la producción de piensos concentrados a partir de proteínas de insectos ofrezca una alternativa ecológica. Las proteínas obtenidas a partir de las larvas de moscas son una alternativa ideal a la harina de pescado en la industria de la alimentación animal. Hay muchas razones para hacer uso de la harina de insectos para piensos. Se estima que la demanda de proteínas aumentara

de unos 50 % – una brecha que la harina de insectos puede compensar sin problemas y respetuoso con el medioambiente (16).

T. molitor reúne muchas características favorables para ser producido a gran escala como alimento: puede ser alimentado con desechos orgánicos vegetales, su producción a gran escala es relativamente sencilla, posee un elevado aporte nutricional, con excepción del calcio, hierro y vitaminas A y C y su composición química se puede manipular a través de la dieta. Aunque en Europa hay varias empresas que lo producen a gran escala, en España sólo hay dos y ninguna de ellas se localiza en Navarra, donde es previsible que su producción como parte integrante de una economía circular, utilizando los desechos de las empresas agroindustriales de la ribera navarra, tenga un gran interés (60).

2.1.15. Análisis proximal:

El análisis de alimentos es la disciplina que se ocupa del desarrollo, uso y estudio de los procedimientos analíticos para evaluar las características de alimentos y de sus componentes, existen un número considerable de técnicas analíticas para determinar una propiedad particular del alimento (61).

De ahí que es necesario seleccionar la más apropiada para la aplicación específica. La técnica seleccionada dependerá de la propiedad que sea medida, del tipo de alimento a analizar y la razón de llevar a cabo el análisis. El Análisis Proximal comprende las determinaciones que se realizan más frecuentemente para conocer la composición de los macro componentes presentes en los alimentos (61).

Las características más importantes del análisis proximal son:

- a) Establece la categoría a la cual pertenece un alimento (por ejemplo, por naturaleza grasa o no grasa) y como consecuencia permite establecer su estabilidad.

- b) Da una interpretación apropiada de la fracción de carbohidratos del alimento, lo cual permite conocer qué clase de animal puede aprovecharlo mejor.
- c) Sirve para estimar la energía digestible o metabolizable de un alimento, y por consiguiente para estimar su concentración calórica.
- d) El método proximal sirve para estimar el contenido de materia orgánica.
- e) La industria alimenticia se ha basado en el método próxima y a pesar del avance de esta industria, el método Wendee no ha sido reemplazado. Los nuevos métodos son complementarios al de Wendee (62).

Se puede decir que el método Wendee no define la cantidad de nutrientes de un alimento, sino que es un índice del valor nutritivo m puesto que las fracciones aisladas están correlacionadas con alguna de las propiedades del alimento que tienen importancia nutricional, por lo tanto es una herramienta descriptiva útil para establecer las características de un alimento u como cualquier otra herramienta, su correcto uso potencial requiere de otros juicios y conocimientos nutricionales (62).

2.1.15.1. Cenizas:

Ceniza se refiere a cualquier material inorgánico, como minerales, presentes en los alimentos. Se llama ceniza ya que es un residuo que queda después de que el calentamiento elimina el agua y los materiales orgánicos como la grasa y la proteína. Los científicos de alimentos hacen "cenizas" de alimentos para poder examinar el material sobrante y determinar mejor el contenido de un alimento. Las cenizas pueden incluir tanto compuestos con minerales esenciales como el calcio y el potasio, como materiales tóxicos como el mercurio (63).

Es el residuo inorgánico de una muestra que se obtiene al incinerar la muestra seca a 550°C. Están constituidas por óxidos, carbonatos, fosfatos y sustancias minerales (64).

2.1.15.2. Proteína bruta (PB):

Las proteínas son una clase importante de moléculas que se encuentran en todas las células vivas. Una proteína se compone de una o más cadenas largas de aminoácidos, cuya secuencia corresponde a la secuencia de ADN del gen que la codifica. Las proteínas desempeñan gran variedad de funciones en la célula, incluidas estructurales (citoesqueleto), mecánicas (músculo), bioquímicas (enzimas), y de señalización celular (hormonas). Las proteínas son también parte esencial de la dieta (65).

La Proteína Bruta o Materias Nitrogenadas Totales (MNT) se determinan mediante el método Kjeldahl que data de 1883. Como consecuencia de su estructura a base de aminoácidos individuales, el contenido de nitrógeno de las proteínas varía sólo entre unos límites muy estrechos (15 a 18% y como promedio 16%). Para la determinación analítica del contenido en proteína total o “proteína bruta”, se determina por lo general el contenido de nitrógeno tras eliminar la materia orgánica con ácido sulfúrico, calculándose finalmente el contenido de proteína con ayuda de un factor (en general 6,25) (64).

2.1.15.3. Extracto etéreo o Grasa bruta (GB):

Extracción de los materiales liposolubles de la muestra con éter de petróleo con pesada posterior del extracto tras la evaporación del disolvente.

Con materias de origen vegetal se hace referencia siempre a EE y no a GB ya que, además de grasa, el éter extrae importantes cantidades de pigmentos vegetales, ceras, etc. Con muestras de

origen animal, es conveniente preceder la extracción con una hidrólisis ácida (64).

2.1.15.4. Fibra bruta (FB):

La técnica determina el residuo que persiste después de dos hidrólisis sucesivas, una ácida y otra alcalina. En cierto modo, intenta simular el ataque gástrico e intestinal que se produce *in vivo*. Es una fracción que se encuentra únicamente en las muestras de origen vegetal; las de origen animal han de contener cantidades inferiores a un 2% (64).

2.1.15.5. Carbohidratos:

Los carbohidratos también llamados hidratos de carbono son los azúcares, almidones y fibras que se encuentran en una gran variedad de alimentos como frutas, granos, verduras y productos lácteos. Se llaman hidratos de carbono, ya que a nivel químico contienen carbono, hidrógeno y oxígeno. Los carbohidratos son uno de los grupos alimenticios básicos y son importantes para llevar una vida saludable (66).

2.1.15.6. Energía:

El cuerpo humano requiere energía para realizar todas las funciones corporales, entre ellas el trabajo y demás actividades, así como para el mantenimiento de la temperatura del cuerpo y el funcionamiento cardíaco y pulmonar constante. En los niños, la energía es fundamental para el crecimiento. La energía es asimismo necesaria para la descomposición, la reparación y la formación de los tejidos (67).

2.1.15.7. Humedad:

Todos los alimentos, cualquiera que sea el método de industrialización a que hayan sido sometidos, contienen agua en mayor o menor proporción. Las cifras de contenido en agua varían entre un 60 y un 95% en los alimentos naturales. En los tejidos vegetales y animales, puede decirse que existe en dos formas generales: “agua libre” Y “agua ligada”. El agua libre o absorbida, que es la forma predominante, se libera con gran facilidad. El agua ligada se halla combinada o absorbida. Se encuentra en los alimentos como agua de cristalización (en los hidratos) o ligada a las proteínas y a las moléculas de sacáridos y absorbida sobre la superficie de las partículas coloidales (68).

2.2. Antecedentes de Investigación

2.2.1. Análisis de Tesis

Díaz, G. (69).Desarrollo un trabajo de investigación en la Universidad de Guatemala, lo cual indica como resumen lo siguiente: Se evaluó el uso de la larva de tenebrio como aditivo proteico en la alimentación de codornices de engorde, mejorando los rendimientos productivos en términos de consumo de alimento en gramos, ganancia de peso en gramos, conversión alimenticia y porcentaje de rendimiento en canal. El objetivo percibido fue el de determinar la conveniencia biológica y económica del uso de la larva de tenebrio en aves domésticas. La investigación se realizó en el caserío San Rafael de la aldea el Jicotillo, municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala, evaluando dos tratamientos: el tratamiento “A” alimento balanceado (testigo) ad libitum con 19% de proteína y el tratamiento “B” alimento balanceado ad libitum con 19 % de proteína + larva de Tenebrio (*Tenebrio molitor*) con 53.27% de proteína. Se utilizaron 60 codornices (*Coturno coturno japónica*) hembras de 14 días de nacidas con un peso promedio de 53.86 gramos por ave, siendo la unidad experimental 5 codornices con 6 repeticiones cada tratamiento. En los dos tratamientos se pesaba el alimento rechazado del día anterior, y posteriormente se ofrecía el

alimento y el agua a libre acceso, este proceso se realizó por las mañanas durante cuatro semanas consecutivas para determinar el consumo de alimento. Al tratamiento “B” se le adiciono un gramo de larva fresca de tenebrio por ave por día. Se colocó en las jaulas primero la larva de tenebrio y posteriormente el alimento balanceado. 29 una vez por semana durante 30 días se pesaron las codornices hasta llegar al peso de sacrificio que es de 150 gramos y así obtener la ganancia de peso y conversión alimenticia por semana. Los resultados obtenidos de las variables de consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento en canal presentaron diferencia significativa, en la variable consumo de alimento balanceado fue menor en el tratamiento “B”, demostrando que las codornices tuvieron predilección por la larva de tenebrio en comparación con el alimento balanceado, presentando una ganancia de peso total de 133.71 gramos. con una conversión alimenticia de 2.93 y un rendimiento en canal del 82.29 %. Estos resultados obtenidos fueron comparados con los de la Secretaría de Fomento Agropecuario de México, dando resultados satisfactorios ya que el tratamiento “B” presento menores consumos de alimento balanceado y conversión alimenticia a los parámetros utilizados en México. Por lo cual se concluye que el uso de larva de tenebrio (*Tenebrio molitor*) como aditivo proteico en la dieta de las codornices de engorde, en comparación con el uso de alimento balanceado únicamente, es superior en términos de consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento en canal. El costo de la inclusión de la larva de tenebrio en las explotaciones de codornices de engorde durante treinta días es de 0.30 centavos de quetzal por ave, hubo una disminución del costo del alimento balanceado de Q 0.27, por lo que la inclusión de larva de tenebrio en la alimentación de codornices incurrió en un costo adicional global de Q0.23 centavos de quetzal (69).

Pérez, A. (70) . Comparo los insectos *Tenebrio molitor* y *Gromphadorhina portentosa*, como posibles fuentes alternativas de proteína para consumo animal, con dos fuentes de proteína de uso común en el mercado, harina de

pescado y harina de soya; los resultados del contenido de proteína cruda obtenidos fueron del 69% al 51%, el contenido de grasas tiene un rango del 4% al 22%. La digestibilidad de la materia orgánica fue comparable a la de los ingredientes de uso común e incluso superior en el caso de la harina obtenida a partir de *Gromphadorhina portentosa* con un 90%. El perfil de aminoácidos entre la harina obtenido de larvas de *T. molitor* es similar al de la harina de pescado y es mejor al de la harina de soya, en general los insectos contienen un mejor perfil de aminoácidos esenciales que la harina de soya; si bien la suma de aminoácidos es menor en las harinas de insectos, el total de proteína cruda es mayor y tienen una mejor digestibilidad de la materia orgánica que los ingredientes ya conocidos; además la producción de harinas de insectos es sustentable y tiene una baja huella ecológica, lo que los convierte en un futuro ingrediente para la producción de alimentos balanceados para consumo animal (70).

Vásquez, J. (71) . Evaluó el efecto de la harina de larva de tenebrio (*Molitor linnaeus*) como suplemento proteico en bloques multinutricionales, sobre ganancia de peso (g), consumo de alimento (g), conversión alimenticia y rendimiento en canal (%) en la alimentación de conejos en engorde, y se determinó la tasa marginal de retorno. La investigación se realizó en la Granja Experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. El diseño estadístico utilizado fue completamente al azar con 18 conejos machos Nueva Zelanda de 30 días de edad, con tres tratamientos y seis repeticiones, siendo la unidad experimental un conejo. En relación al consumo de alimento el tratamiento “A” (testigo) consumió 2704.00g, el “B” (1gr de harina de *Tenebrio molitor* por bloque de 112g), 2870.60g y el “C” (2g de harina de Tenebrio por bloque de 112g), 2887.00g, observándose que no presentaron diferencia estadística ($p > 0.01$). El aumento de harina de larva de tenebrio en bloques multinutricionales mejoro los rendimientos de ganancia de peso y conversión alimenticia, ($P < 0.01$), dando el tratamiento A 50.76%, 50.83% el tratamiento B y 50.65% el tratamiento C. El análisis TMR determino que el tratamiento C es el de mayor rentabilidad al retornar

Q.3,62 por cada quetzal invertido, siendo el tratamiento A el menos rentable (71).

Apaza, R. (72). 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 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 kg y 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 % (72).

Barriga, X. (73). 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 ($p < 0,005$) 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* (73).

Chirinos, A. (74). La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar el ciclo biológico de *Hermetia illuciens* 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 tradiciones. 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 (74).

Luperdi, A. (75). Esta investigación propone dar una alternativa de manejo de residuos orgánicos de camal vacuno, sangre de res y las vísceras de aves para que estas sean el sustrato principal en la alimentación de las moscas soldado negra en etapa larval, probando con estos sustratos alimenticios cocidos y crudos, para después de 5 días de alimentación a base de estos sustratos recolectar las larvas y procesarlas a harina de larva como sustituto alimenticio proteico mediante un proceso de desecado y molienda. Nuestra interrogante de investigación era cómo influye el tipo de sustrato alimenticio con los niveles de nutrientes, y en la ganancia de peso y desarrollo de las larvas de *Hermetia Illucens*, así como en su mortalidad. Obteniendo que los mejores sustratos para el desarrollo larval son las vísceras de res sin importar su cocción o no, sin embargo, las vísceras de res cruda tienen un mejor crecimiento (15.86+/-0.22 mm) que las vísceras de res sin cocer (14.72+/-0.35 mm) en comparación con el blanco o T5 (16.03+/- 0.34 mm) y en último lugar siendo el menos viable, son las vísceras de pollo cocido o T7 (14.51+/-0.14 mm). En peso T2 o vísceras de res cruda (1,78+/- 0.22 g) es el mayor incluso que el blanco o T5 (1.76+/- 0.5 g) y T4 o vísceras de res cocida (1.45+/- 0.06g) y T7 o vísceras de pollo cocido (1.66+/- 0.07 g). Posteriormente su procesamiento hasta harina liderando en proteína cruda y grasa se tiene en T4 (vísceras de res cocida) con 53.90 % de proteína cruda y 15.04 % de grasa siendo este el segundo tratamiento viable debido a su crecimiento y mortalidad mediana, mientras que T2 (vísceras de res cruda) es el tratamiento más viable con proteína cruda 50.81 % y 21.88 % en grasa, con un crecimiento igual al blanco y en tercer lugar el T7 (vísceras de pollo cocido) con proteína cruda de % 42.63 y 32.03 % de grasa. Todos estos sustratos se hicieron en comparación del blanco o T5 con 41.11 % y 19.55 % de grasa, tiene mayor porcentaje de proteína y una viabilidad igual o parecida al blanco sobre todo en vísceras de res lo cual indica que los tratamientos son viables, sostenibles y se consiguió una notoria mejora en

obtener harina de larva de mosca altamente proteica incluso mejor que el blanco. Concluyendo que, si es posible que las larvas de *Hermetia Illucens* pueden sobrevivir de manera viable en residuos viscerales de camal, reduciendo con éxito los residuos orgánicos y que después del procesamiento se obtiene harina de larva altamente proteica, incluso más que la harina de larva del blanco o tratamiento establecido, mejorando la calidad de la harina (75).

Medrano, 2019 (76). En una tesis sobre el estudio de larvas de gusano de la harina (*Tenebrio molitor*), como alternativa proteica en la alimentación animal reporta que el *Tenebrio molitor* está compuesto principalmente por agua, proteínas, grasa, carbohidratos, minerales y otras sustancias, que en conjunto dan cuenta de su valor nutricional. El insecto vivo está compuesto por 20% de proteína, 13% de grasa, 2% de fibra y 62% de agua, mientras que las larvas secas se componen aproximadamente de 53% de proteína, 28% de grasa, 6% de fibra, y 5% de agua.

Sin embargo, su composición química puede variar de acuerdo a su alimentación, estado de desarrollo y hábitat (76).

Tabla N° 03: Composición química del *Tenebrio molitor* en tres fases de crecimiento (% en base seca).

COMPONENTE	LARVA	PUPA	ADULTO
Humedad	62	61	62.1
Proteínas	49.5	54.6	66.3
Extracto etéreo	38.1	30.8	14.9
Cenizas	2.8	3.4	3.3

Fuente: Medrano, 2019 (76).

2.2.2. Análisis de trabajos de investigación

En un artículo publicado en la revista *Veterinaria y Ciencia Animal*, realizado por Shariat, Z., Kheiri, F., Faghani, M. (77). Se examinaron los efectos de la inclusión de la harina de larvas de *Tenebrio molitor* (TM) en las dietas como sustituto de la harina de pescado y el aceite de soja en el rendimiento del crecimiento, los rasgos de la canal, la calidad de la carne y la morfología intestinal de las codornices japonesas (*Coturnix japonica*). Se pesaron un total de 160 codornices mixtas a los siete días de edad y se asignaron a 20 jaulas. Los tratamientos dietéticos fueron los siguientes: grupo de control (C) que contenía 370 g de harina de soja (SBM) / kg de dieta y 30 g de harina de pescado (FM) / kg de dieta y cuatro grupos de harina de larvas de *T. molitor* (TM), en los que la comida TM se incluyó como un reemplazo para FM y aceite de soja en 7.5 (7.5), 15 (TM15), 22.5 (TM22.5) y 30 (TM30) g TM / kg de dieta. El uso de TM a los niveles de 22.5 y 30 g / kg de dieta significativamente ($P < 0.05$) aumentó el peso corporal (BW) de las aves en comparación con otros grupos. Las codornices alimentadas con 22.5 y 30 g TM / kg de dieta tuvieron mejores valores de FCR en comparación con otros grupos. El rendimiento en canal y pechuga obtenido en aves alimentadas con 30 g TM / kg de dieta fue significativamente ($P < 0.05$) mayor que en otros grupos. Se encontraron aumentos significativos en la altura de las vellosidades y la profundidad de la cripta en aves suplementadas con TM ($P < 0.05$). La capacidad de retención de agua, el enrojecimiento y el color amarillento mejoraron con la suplementación de comida TM ($P < 0.05$). En conclusión, nuestros datos indicaron que aumentar la inclusión de TM hasta 30 g / kg de alimento en las dietas de codorniz podría mejorar el peso corporal, la FCR, el rendimiento de la canal, la calidad de la carne y la histología del yeyuno (77).

Un artículo publicado en la revista *Ciencia y tecnología de alimentación animal*, realizado por Piccolo, G., Iaconisi, V., Marono, S., Gasco, L.,

Loponte, R., Nizza, S., Bovera, F., Parisi, G. (78) Evaluaron los efectos de la inclusión de la harina de larvas de *Tenebrio molitor* en dietas prácticas para la dorada dorada sobre el rendimiento del crecimiento, la digestibilidad de los nutrientes, los índices somáticos y comercializables. Se llevaron a cabo dos ensayos separados: en el primero, se asignaron aleatoriamente un total de 153 doradas ($105,2 \pm 0,17$ g de peso corporal inicial promedio) en 9 tanques de fibra de vidrio de 220 l (17 peces por tanque) en un sistema de recirculación de agua en interiores. Los peces fueron alimentados con tres dietas isoenergéticas e isoprotéicas formuladas para contener niveles crecientes de inclusión de harina TM y precisamente: una dieta de control (TM0), en la que la harina de pescado era la principal fuente de proteínas; Dietas TM25 y TM50, en las cuales 25% y 50% de *Tenebrio molitor* harina de larvas se añadió a la dieta, respectivamente. Estas tasas de inclusión correspondieron al 30% y al 60% de inclusión en bases proteicas y al 35% y 71% de la sustitución de harina de pescado en bases proteicas para las dietas TM25 y TM50, respectivamente. Cada dieta se asignó aleatoriamente a 3 tanques y la prueba duró 163 días. En el segundo ensayo, los coeficientes de digestibilidad aparente de las 3 dietas se midieron en 72 peces distribuidos aleatoriamente en 3 unidades de tanque de digestibilidad (24 peces por unidad, peso corporal promedio: $86,97 \pm 2,3$ g) utilizando un método indirecto (ceniza insoluble en ácido). El grupo alimentado con TM25 mostró una mayor ($P < 0,05$) peso final, tasa de crecimiento específico, % de ganancia de peso, índice de eficiencia de proteínas y un índice de conversión de alimento más bajo en comparación con los otros 2 grupos. Los coeficientes de digestibilidad aparente estimados de proteína cruda y extracto de éter de las dietas fueron más bajos ($P < 0,01$) en TM50 que en los otros 2 grupos. No se han encontrado diferencias significativas entre los grupos de harina de larvas de TM0 y *Tenebrio molitor* en las características morfométricas y relacionadas con el producto, a excepción del rendimiento de vestido y el índice viscerosomático (VSI), que resultaron los más bajos y más altos, respectivamente, en TM50. La evaluación general de los resultados demuestra que la harina de larvas de *Tenebrio molitor*

puede reemplazar la harina de pescado hasta un 25% de inclusión en la dieta para *Sarus aurata* sin efectos negativos sobre el aumento de peso, proteína cruda y digestibilidad del extracto de éter, índices comercializables después de 163 días de alimentación. Por el contrario, cuando la harina de larvas de *Tenebrio molitor* se incluyó al 50%, se penalizó la digestibilidad de los nutrientes y el rendimiento del aderezo (78).

Rawski, M. , Mazurkiewicz, J. , Kieronczyk, B., Jozefiak, D. (79) Este estudio proporciona datos sobre el uso de *harina integral de la mosca soldado negra (Hermetia illucens)* (BSFL) en el esturión siberiano (*Acipenser baerii*) nutrición, examen de las propiedades físicas de los gránulos, rendimiento del crecimiento, aceptación y utilización del alimento, proteína aparente y digestibilidad de la grasa. El estudio consistió en: evaluación de la calidad del alimento; un desempeño de crecimiento; aceptación de alimento; Ensayos de digestibilidad. Se investigó el efecto del uso de BSFL como reemplazo de la harina de pescado (MF) y el aceite de pescado (FO). Las cuotas de BSFL aplicadas fueron 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% de la dieta, reemplazando hasta el 61,3% de FM y permitiéndonos reducir el uso de FO hasta en un 95,4% en el caso de 30% de incorporación. La sustitución aplicada afectó la calidad del alimento, aumentando la tasa de expansión y disminuyendo la densidad del alimento, la velocidad de hundimiento y la estabilidad del agua. Sin embargo, el aumento de peso corporal, la tasa de crecimiento específico, los índices de conversión de alimentos y proteínas mejoraron en los grupos alimentados con BSFL. Además, La aceptación de alimento aumentó con tratamientos que contenían de un 10 a un 30% de BSFL. No se observaron efectos sobre la digestibilidad de los nutrientes. Los resultados muestran que el uso de BSFL como reemplazo de FM y FO puede tener efectos positivos sobre el rendimiento del crecimiento del esturión, y BSFL puede desarrollarse como un material de alimentación alternativo prometedor (79).

Reategui, J., Barriga, X., Obando, A., Moscoso, G., Manrique, P., Salazar, I. (80) 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 (80).



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Localización del trabajo

3.1.1.1. Espacial

El presente trabajo se realizó en el laboratorio e Insectario del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Católica de Santa María, Fundo la católica Majes en el distrito del Pedregal, departamento de Arequipa, geográficamente ubicado en latitud Sur $16^{\circ} 20' 35''$ y longitud Oeste $72^{\circ} 09' 09,56''$ a una altitud de 1 498 m.s.n.m. (MAP, 805, Pampa Majes)

Limita por el noreste con el distrito de Lluta; por el sureste con los distritos de Santa Isabel de Siguan y San Juan de Siguan; por el sur con los distritos de Quilca y Samuel Pastor; por el noroeste, con el distrito de Nicolás de Piérola, de la provincia de Camaná, y los distritos de Uraca y Huancarqui, de la provincia de Castilla (81).

3.1.1.2. Temporal

El trabajo de campo se desarrolló entre los meses de diciembre del 2019 a diciembre del 2020, el análisis, tabulación e interpretación de resultados se realizó entre noviembre a diciembre del 2020.

Durante el periodo de estudio se desarrolló actividades de crianza, alimentación, selección de larvas de *Tenebrio molitor*, para su procesamiento en harina y posterior análisis proximal de esta asimismo se realizó la tabulación, análisis e interpretación de los resultados.

3.1.2. Materiales biológicos

- Larvas de *Tenebrio molitor*.

3.1.3. Materiales de laboratorio

- Contenedores de plástico

- Termostato
- Termohigrómetro
- Focos de 100 W
- Sustrato
- Envases de cartón para transportar huevos
- Tubos de cartón de papel higiénico
- Balanza
- Cámara digital
- Guantes estériles
- Barbijos
- Colador
- Bandejas de plástico
- Platos de loza
- Pinzas
- Bolsas con cierre hermético

3.1.4. Materiales de campo

- Mandil blanco

3.1.5. Equipos y maquinarias

- Refrigerador
- Horno Microondas
- Molino

3.1.6. Otros materiales

- Material de escritorio
- Calculadora

3.2. Métodos

3.2.1. Muestreo

3.2.1.1. Universo:

Como universo se consideró 4000 larvas de *Tenebrio molitor*, a partir de las cuales se obtuvo el ciclo de crecimiento completo hasta obtener larvas de primera generación que sirvieron como fuente para la elaboración de harina de larva, fueron compradas de un criadero de alimento vivo para mascotas exóticas ubicado en la ciudad de Lima, las cuales fueron criadas hasta obtener escarabajos adultos, estos colocaron huevos y se hizo la crianza y cosecha de las larvas nacidas por este núcleo de escarabajos, las cuales fueron procesadas para la producción de harina.

3.2.1.2. Tamaño de la muestra:

Para la obtención de la muestra de harina se desecaron en promedio 231,33 gr de larva, las que se procesaron para la producción y envío de harina de larva al laboratorio, realizándose 4 repeticiones del estudio.

3.2.1.3. Procedimiento de muestreo:

De forma aleatoria se seleccionó en promedio 231,33 gr de larva, para el procesamiento a harina, se obtuvo en promedio 103 gr de harina de larva que fue enviada para la evaluación fisicoquímica a laboratorio especializado.

3.2.2. Métodos de evaluación

3.2.2.1. Metodología de la experimentación

El proceso de crianza de *Tenebrio molitor* se desarrolló de forma estándar para cada una de las muestras de larva húmeda, a partir de una población de 4 000 larvas obtenidas de un núcleo de crianza. En resultados se muestra el procedimiento de operación estándar para la crianza de *Tenebrio molitor*.

Así mismo se desarrolló protocolos y procedimientos de operación estándar (POE's) para la producción de harina de larvas de *Tenebrio molitor*, estos son un conjunto de instrucciones que describe todos los pasos y actividades relevantes de un proceso o procedimiento.

Luego de obtenida la harina de larva de *Tenebrio molitor* se hizo la evaluación de la composición nutricional y caracterización fisicoquímica de la harina, mediante un análisis proximal, para ello se remitieron muestras al laboratorio, el mismo que uso la siguiente metodología.

- Las muestras de harina se analizaron de acuerdo con el método AOAC Internacional (82).
- La humedad se midió secando a un peso constante a 105 °C durante 6 horas o hasta que se alcanzó un peso constante.
- La proteína bruta (N×6,25) se analizó por el método Kjeldahl después de la digestión ácida con un auto digestor (FOSS, Tecator, Hoganos, Suecia).
- El lípido bruto se determinó mediante el método de extracción con éter utilizando el sistema Soxtec System HT (Soxtec System HT6, Tecator, Suecia).
- El contenido de ceniza se determinó en un horno de mufla operado a 550 °C durante 6 h.

3.2.2.2. Recopilación de la información

a) En el campo

Crianza y producción de *Tenebrio molitor* y harina de larva.

b) En el laboratorio

Se realizaron los análisis físico químicos proximales a cada una de las muestras remitidas de harina de *Tenebrio molitor*.

c) En la biblioteca

Para la contribución de resultados, discusión y conclusiones 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

Comunicaciones con especialistas del área, consultores y revisión de páginas web generadores de información científica.

3.3. Variables de respuesta

TIPO	VARIABLE	INDICADOR	SUB INDICADOR	
DEPENDIENTE	Análisis proximal	Carbohidratos	%	
		Cenizas	%	
		Energía	Kcal / 100 gr	
		Fibra cruda	%	
		Grasa	%	
		Humedad	%	
		Proteína	%	
	Harina de larva de <i>Tenebrio molitor</i>	Características organolépticas		Color
				Olor
				Sabor
	Producción de harina de larva de <i>Tenebrio molitor</i>	Cantidad producida	gr	

3.4. Evaluación estadística

3.4.1. Diseño experimental

3.4.1.1. Unidades experimentales

Se considera como unidad experimental, la harina de larva de *Tenebrio molitor*.

3.4.1.2. Análisis estadístico

La tabulación de los resultados se realizó mediante hojas de cálculo de sistematización de datos, el análisis estadístico se realizó mediante estadística descriptiva, utilizando medidas de tendencia central y medidas de dispersión de datos.





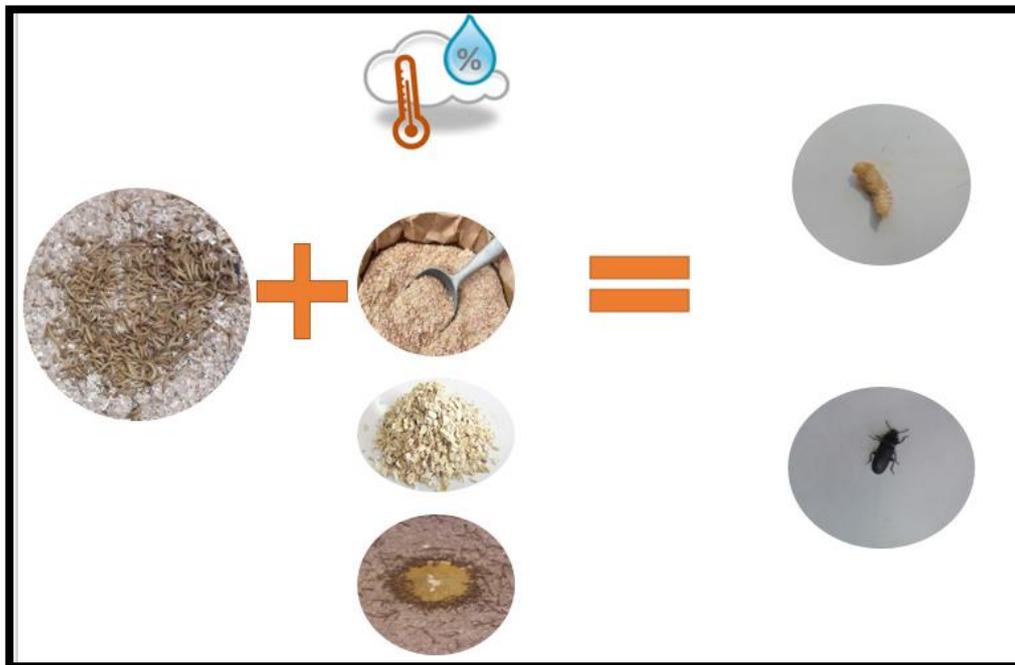
CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados y discusión

4.1.1. Producción y crianza de larva de *Tenebrio molitor*

Diagrama N° 01: Producción de *Tenebrio molitor*.



Ambiente y temperatura

Para la obtención de harina de *Tenebrio molitor* se procedió a la adquisición de un lote de larvas, el mismo que formó el núcleo inicial de crianza, conformado por 4000 larvas de *Tenebrio molitor*.

Fotografía N° 01: Larvas de *Tenebrio molitor*



Se procedió a su crianza en terrarios de plástico de 35 cm de largo, 29 cm de ancho y 27 cm de alto, los que estaban ubicados en un ambiente de poca luz y a una temperatura de 26 °C a 27°C promedio y una humedad mayor a 40%, para aumentar el grado de humedad se les adicionaba rodajas de naranja y se humedeció el sustrato, teniendo mucho cuidado de no exceder de esta para evitar la aparición de ácaros y hongos.

Fotografía N° 02: Terrarios para larvas de *Tenebrio molitor*.



El lugar fue ventilado acondicionando, de malla mosquitera, respiradores en la tapa del contenedor, también para así evitar el ingreso de otros insectos como moscas o polillas.

Para mantener la temperatura de los terrarios se usó focos de 100 W de potencia, los mismos que estaban conectados a un termostato que automatizaba su encendido y apagado.

Fotografía N° 03: Termostato y termo higrómetros para control de temperatura y humedad.



El criadero consto de cuatro terrarios: dos terrarios grandes de 35 cm de largo, 29 cm de ancho y 27 cm de alto para la crianza de larvas, un terrario para pupas de 21 de largo, 15 cm de ancho y 14 cm de alto y un último terrario de 21 de largo, 15 cm de ancho y 14 cm de alto, para crianza de escarabajos adultos.

Se hizo la separación de contenedores ya que en el ciclo biológico del *Tenebrio molitor* el escarabajo adulto puede alimentarse de los estados larvarios y pupas. Así mismo el mantener contenedores separados permitía un mejor monitoreo de la alimentación y cambio de estado biológico según su crecimiento y desarrollo.

Alimentación

La alimentación del *Tenebrio molitor* fue de un sustrato a base de afrecho, avena y rodajas de naranja, alimento similar para todo el ciclo de vida, alimentándolos de forma ad libitum, con un sustrato de alimento de 1 a 2 cm, esparcido en una bandeja de alimentación ubicado dentro del contenedor de crianza.

Fotografía N° 04: Larvas de *Tenebrio molitor* alimentándose de naranja.



Para monitorear el consumo, se fue añadiendo sustrato alimenticio, cuando el alimento inicial fue consumido por los tenebrios.

Manejo del *Tenebrio molitor*:

Todos los días se monitoreaba temperatura y humedad, así mismo se alimentaba con una frecuencia monitoreada por la cantidad de alimento residual.

Se colocó recipientes de cartón para el transporte de huevos como ovopositores en el estadio adulto dentro de los contenedores del escarabajo.

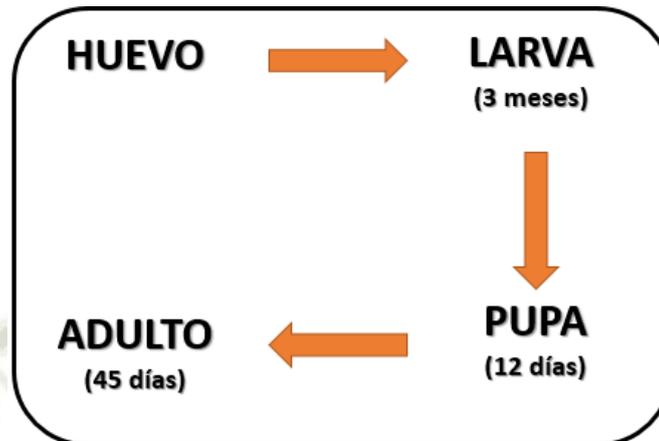
En otros estadios como medios de refugio se utilizaron tubos de cartón de 9 cm x 4,5 cm de diámetro.

La limpieza del terrario de las larvas fue semanalmente, separando los residuos de las larvas para aprovechar de este como un abono natural.

Así mismo la limpieza del terrario de los escarabajos fue bastante ardua, puesto que las larvas más pequeñas fueron de un tamaño minúsculo, y se encontraban inmersas en el sustrato, fue casi imposible separar a todas las larvas para hacer la limpieza del terrario, para ello utilizamos un colador fino.

Ciclo de vida:

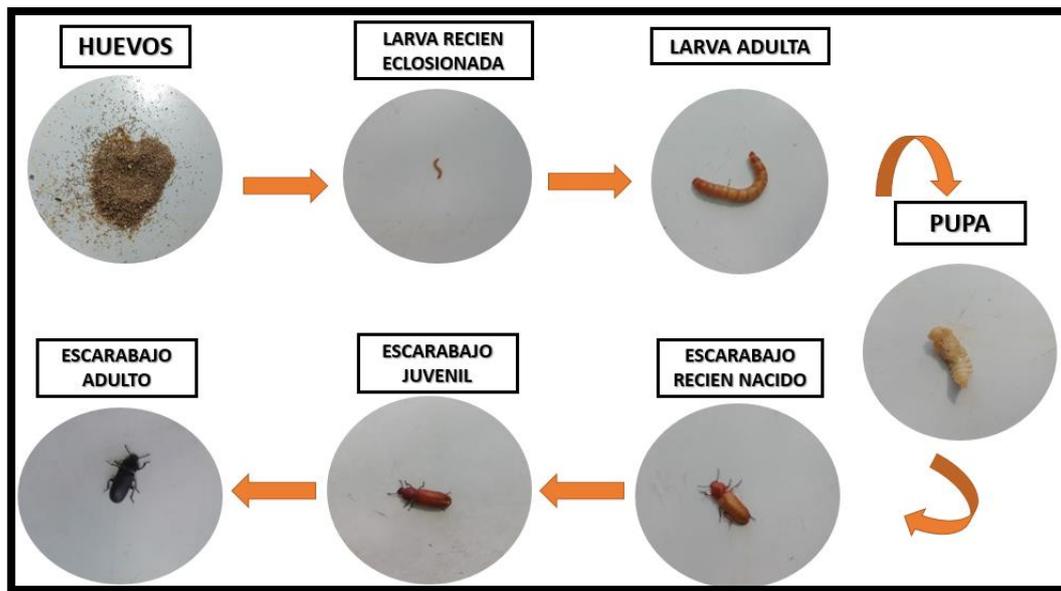
Se adquirieron larvas de *Tenebrio molitor* en fase final, las cuales comenzaron la etapa de pupa a partir de los 10 días de adquirirlas, las pupas estuvieron en dicha fase por unos 12 días aproximadamente, seguido a esto se observó que poco a poco iban saliendo de la crisálida, dando como resultado escarabajos con el caparazón blando y blanquecino, lo que nos indica que estos son los recién eclosionados.

Diagrama N° 02: Secuencia del ciclo biológico del *Tenebrio molitor*.

Pasado un día, estos escarabajos tomaban una coloración rojiza clara en el caparazón siendo indicativo que son escarabajos juveniles, aun no aptos reproductivamente, pasado dos días aproximadamente, estos escarabajos tuvieron un caparazón duro y de color negro, en esta fase, los escarabajos son maduros sexualmente, y aquí comienza la fase de copulación, en dicha fase las hembras hicieron la ovoposición de los huevos en los lugares más oscuros y escondidos, puestos en el criadero, los adultos tuvieron un tiempo de vida de 45 días aproximadamente, los escarabajos que ya concluyeron su ciclo de vida fueron muriendo.

Pasado unos 20 días, se comenzó a observar pequeñas larvas las cuales eclosionaron de los huevos puestos por las hembras adultas. Estas larvas tuvieron muchas mudas, las cuales fueron a diario, lo que fue indicativo que estas estaban en pleno crecimiento, el ciclo de larva duro aproximadamente 3 meses.

Diagrama N° 03: Ciclo biológico del *Tenebrio molitor*.



Mostramos en el anexo N° 02 el POE correspondiente a crianza de *Tenebrio molitor*.

El ciclo de larva fue similar al tiempo reportado por Sandrigo y Bar (36), quienes reportaron 60 días.

En el estadio de pupa el portal web Insectos a la carta (33), el cual reportó un tiempo de 7 a 21 días, a comparación con nuestra crianza la cual tuvo un tiempo de 12 días en el estadio de pupa.

Haciendo la comparación con el portal web Insectos a la carta (33), quien reportó que el escarabajo tiene un tiempo de vida de 2 a 3 meses, nuestros escarabajos tuvieron un tiempo de vida promedio de 45 días.

4.1.2. Producción de harina de larva de *Tenebrio molitor*:

Para la elaboración de la harina de larva de *Tenebrio molitor*, se procedió de la siguiente manera:

Se seleccionaron las larvas por tamaño, seleccionando las larvas más grandes para el desecado correspondiente.

Para proceder al sacrificio de las larvas, estas fueron congeladas en tapers a -20 °C, hasta lograr una cantidad necesaria para la desecación.

Fotografía N° 05: Congelamiento de larvas de *Tenebrio molitor*.



Previo a la desecación, las larvas fueron descongeladas a temperatura ambiente, en bandejas de plástico, por un aproximado de 4 horas, descongeladas las larvas, se procedió a obtener el peso (peso inicial) para cálculos de rendimiento luego de la desecación.

Fotografía N° 06: Pesaje de larvas húmedas de *Tenebrio molitor*.



El proceso de desecación se realizó en horno microondas, mediante la técnica propuesta por INIA Remehue, a través del Centro de Transferencia Tecnológica y Extensión (CTE) (83), el cual consistió en el siguiente proceso:

- En una balanza con una sensibilidad de 0,1 gr, se colocó el táper y se ajustó a cero con la función de “tara” de la balanza.
- Se mezclaron las larvas y se tomó una muestra representativa.
- Se colocó la muestra sobre el plato, se pesó y registro el dato.
- Se introdujo el plato con la muestra en el microondas por 3 minutos, a una potencia de 900 W.
- Se colocó un vaso con 150 ml de agua fría dentro del horno microondas en una esquina.
- Se retiró el plato con la muestra para registrar el peso.
- Se colocó nuevamente el plato con la muestra en el microondas durante 3 minutos y se cambió el agua del vaso, cada vez que ingreso la muestra al microondas, para evitar que esta hierva.
- Se repitió los pasos con intervalos de 3 minutos, hasta que la muestra se estabilice y no registre más pérdida de peso.

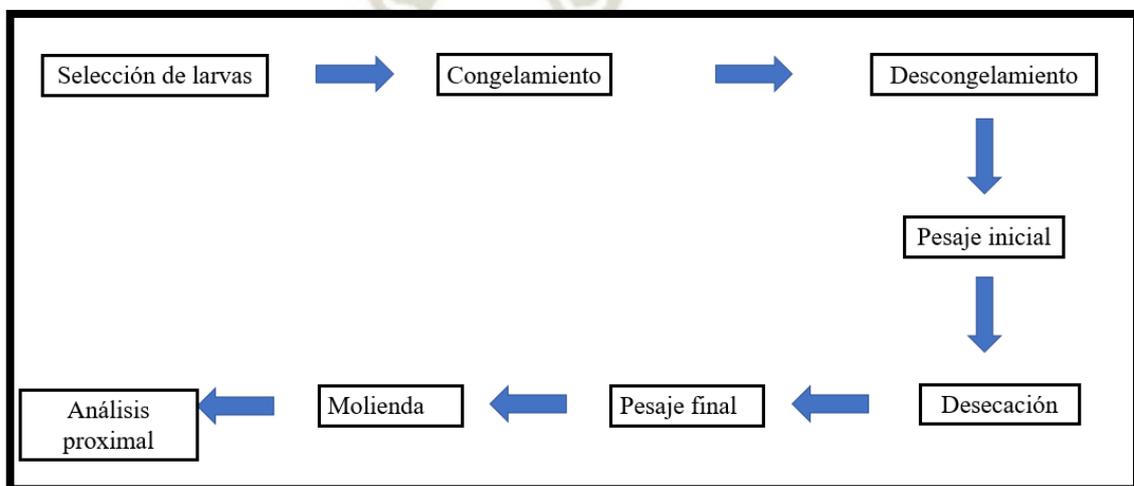
Terminado el proceso de desecación, se procedió a envasar y rotular la muestra, así mismo se realizó la molienda para la obtención de harina de larva de *Tenebrio molitor* y se hizo el envío al laboratorio para el análisis proximal.

Fotografía 07: Molienda de larvas desecadas de *Tenebrio molitor*.



Se muestra en el siguiente esquema el proceso de producción de harina de larva de *Tenebrio molitor*, así mismo presentamos en el anexo N° 02, el POE correspondiente.

Diagrama N° 4: Flujograma de la producción de harina de larva de *Tenebrio molitor*.



Mostramos en la tabla N° 03 los valores obtenidos, en la preparación de la harina de larva de *Tenebrio molitor*.

Tabla N° 04: Pesos y rendimiento de harina de larva de *Tenebrio molitor*.

VALOR	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	μ	s	CV %
Peso larva húmeda	283 gr	231 gr	208 gr	203 gr	231,25	36,59	15,82
Peso larva seca	124 gr	104 gr	92 gr	97 gr	104,25	14,05	13,48
Diferencia	159 gr	127 gr	116 gr	106 gr	127,00	22,99	18,10
Rendimiento	43,81%	45,02%	44,23%	47,78%	45,21	1,78	3,94

Podemos observar que el peso húmedo de la larva promedio es de 231,25 gr \pm 36,59 gr, el peso seco es de 104,25 gr \pm 14,05 gr, mostrando una diferencia de 127,00 gr \pm 22,99 gr, lo que nos dio un porcentaje promedio de rendimiento de larva desecada de 45,21 gr \pm 1,79 gr.

Nuestros resultados pueden ser comparados con el trabajo de investigación de Santamaria e Inga (84) quienes reportaron que con una cantidad de 2,2 kg de *Gryllus assimilis*, se obtuvo 410 gr de harina de grillo, lo que dio un rendimiento de 18,6 %, lo cual se encuentra por debajo del rendimiento obtenido de la larva *Tenebrio molitor*.

Al comparar el rendimiento obtenido en la presente investigación con Portillo et al. (85), quien reportó un rendimiento del 17% utilizando un procedimiento de doble secado de *Gryllus assimilis*, observamos que la larva de *Tenebrio molitor* tiene un mayor rendimiento que el *Gryllus assimilis*.

Así mismos reportó que cosecho 200 gr de larvas húmeda de *Tenebrio molitor*, realizada la producción de harina de larva de *Tenebrio molitor*, obtuvo resultados del 40.14 % de materia seca real, lo cual es menor en rendimiento a comparación del rendimiento que obtuvimos (71).

Se puede comparar la harina de larva con la harina de grillo, teniendo este último menos rendimiento, que la harina de *Tenebrio molitor*, pudiendo esta ser resultado de la mayor cantidad de humedad contenida en el grillo a comparación de la larva de *Tenebrio molitor*.

4.1.3 Características organolépticas de la harina de larva de *Tenebrio molitor*

Tabla N° 05: Características organolépticas de la harina de larva de *Tenebrio molitor*.

Características	Resultado
COLOR	Café oscuro
OLOR	Pop corn
SABOR	Cereal

La observación organoléptica de la harina de *Tenebrio molitor*, mostró un color café oscuro, el olor fue parecido al pop corn y el sabor fue a cereales.

Entomovit (86), reporta que la harina de grillo, tiene un sabor característico a cocoa o nueces, de una coloración café clara u oscura. Valdez y Untiveros (87) hicieron el análisis organoléptico del aceite extraído de la larva de *Tenebrio molitor*, reportando un color 2,5 color ASTM (normal utilizada ASTM D1 500-98), de olor ligeramente a maní y de sabor suave.

El sabor se da de acuerdo al sustrato y alimentación de las larvas, Valdez y Untiveros (87), reportaron que la alimentación de las larvas de *Tenebrio molitor* fue a base de harina, alimento para pollos, salvado de trigo y avena, a comparación de nuestra investigación que fue a base de afrecho, avena y rodajas de naranja.

4.1.4 Determinación del análisis proximal de la harina de larva de *Tenebrio molitor*

El conocimiento de la composición nutritiva de los alimentos es fundamental para la formulación de raciones que suplan los requerimientos de los animales. En esta forma se puede aprovechar en forma eficiente los alimentos disponibles, evitando pérdidas de recursos alimenticios y baja producción animal que afecten los ingresos del productor. El método convencional de evaluación que se usa para determinar el contenido de sustancias nutritivas de un alimento es llamado “Análisis proximal o Análisis de Weende” (62).

Mostramos en el siguiente cuadro los parámetros nutricionales de harina de larva tenebrio obtenidos en la presente investigación.

Tabla N° 06: Parámetros nutricionales de harina de larva de *Tenebrio molitor*

<u>Parámetro Nutricionales</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>MUESTRA 1</u>	<u>MUESTRA 2</u>	<u>MUESTRA 3</u>	<u>MUESTRA 4</u>	<u>μ</u>	<u>σ</u>	<u>CV %</u>
Carbohidratos	%	8,46	7,03	5,24	7,39	7.03	1.34	19.05
Cenizas (CZS)	%	3,05	3	3,47	2,49	3.00	0.40	13.37
Energía bruta	Kcal/100 gr	536,82	502,02	460,80	508,48	502.03	31.37	6.25
Fibra cruda (FC)	%	4,45	3,73	3,05	3,69	3.73	0.57	15.34
Grasa	%	36,14	33,15	28,52	34,80	33.15	3.32	10.02
Humedad (H)	%	7,92	12,93	16,98	13,89	12.93	3.76	29.08
Proteína	%	44,43	43,88	45,79	41,43	43.88	1.82	4.15

Este método es proximal porque no determina sustancias químicamente definibles, sino que asocia combinaciones orgánicas que responden a determinadas reacciones analíticas. Por ello se habla de grupos nutritivos que son: a) Agua - Materia Seca (MS), b) Extracto Etéreo (EE), c) Proteína Cruda (PC), d) Cenizas, e) Fibra Cruda (FC) y Extracto no Nitrogenado (ENN) (62).

Carbohidratos

Al análisis químico proximal de la harina de larva de *Tenebrio molitor*, obtuvimos un promedio de $7,03 \pm 1,33$, con valores máximos de 8,46 y mínimos de 5,24 de carbohidratos.

Comparando con el portal web Insectos a la carta, que reporto un porcentaje de carbohidratos del 5,4 %, encontrándose por debajo de los resultados obtenidos con nuestros resultados.

Cenizas

Al análisis químico proximal de la harina de larva de *Tenebrio molitor*, obtuvimos un promedio de cenizas el cual fue de $3 \pm 0,40$, con valores máximos de 3,47 y mínimos de 2,49.

Comparado con los estudios de otros autores como Barriga (73) , quien reporto que la harina de *Hermetia illucens* tiene un porcentaje de cenizas del 9,78 %, lo que nos indica un porcentaje mucho mayor a comparación de la harina de larva de *Tenebrio molitor*.

Santa María e Inga (84) , reportaron que la harina de *Gryllus assimilis* obtuvo un porcentaje promedio de cenizas del 2,1 %, lo cual se asemeja un poco al porcentaje obtenido de cenizas de *Tenebrio molitor*.

También Podemos determinar con a comparación con otro estudio realizado por las autoras Intriago y Valencia (88) , que analizaron también harina de larva de *Tenebrio molitor* dando como resultados porcentajes de ceniza fueron totalmente diferentes ya que según obtuvo un porcentaje de 1,35 % de cenizas que a comparación de nuestro estudio fue muy bajo, ya que es ese estudio las larvas fueron alimentadas con maíz morado.

Energía bruta

Se obtuvo un promedio de energía metabolizable de $502,03 \pm 31,36$ Kcal/100 gr, con valores máximos de 536,82 y mínimos de 460,80. Reporte del laboratorio, el mismo que podemos verlo en el anexo N 01.

Al análisis realizado sobre este valor lo reportamos como Energía bruta, calculado a partir del valor energético de cada nutriente.

Según FAO (89), reporto que el *Grillus bimaculatus* obtuvo una energía metabolizable de 120 Kcal/100 gr, también se reportó que el insecto *Oecophylla smaragdina* obtuvo una energía metabolizable de 1272 Kcal/100 gr, lo cual supera al *Tenebrio molitor*.

Fibra cruda

Se obtuvo un promedio de fibra cruda de $3,73 \pm 0,57$ %, con un máximo de 4,45 % y mínimo de 3,05 %, haciendo una comparación con los autores Koga, García, Carcelén y Arbaiza (90) que obtuvo un 13 % de fibra cruda en el análisis proximal de *Grillus peruvensis*, que contienen un porcentaje mucho más elevado de fibra cruda a comparación del *Tenebrio molitor*.

Con relación a otra especie de grillo que fue analizada por Santamaria e Inga (84), con un porcentaje de fibra curda de 4,9 %, mostrando porcentajes elevados a comparación de nuestra fibra cruda obtenida.

Barriga (73), reporto el 6,64 % de fibra cruda obtenida de la harina de *Hermetia illucens*, lo cual nos indica que la harina de larva de *Tenebrio molitor* posee menos fibra cruda que este insecto.

Grasa

Se obtuvo un promedio de grasa del $33,15 \pm 3,32$ %, con un máximo de 36,14 % y mínimo de 28,52 %.

Un alto contenido en grasa, confieren un mejor sabor a la ración y aportan ácidos grasos esenciales, favorecen la absorción de nutrientes. (62)

Barriga (73), reporto un 19,38 % de grasa en la harina de *Hermetia illucens*, haciendo la comparación con la harina de larva de *Tenebrio molitor* teniendo esta un mayor porcentaje de grasa, deduciendo que alberga mayor cantidad de ácidos grasos monoinsaturados y polinsaturados.

Santamaria e Inga (84), obtuvieron un porcentaje de grasa del 21,3% en la harina de *Gryllus assimilis*.

Koga, García, Carcelén y Arbaiza (90) , obtuvieron un porcentaje de grasa de 8,1% en el *Grillus peruvensis*, indicando que se conoce que gran parte del alimento que consumen los insectos durante su vida larvaria se transforma en grasa y se almacena; parte de esta grasa desaparece durante el período de pupa y otra puede persistir en la fase adulta sirviendo como una reserva energética en el insecto.

Humedad

El porcentaje de humedad tuvo un promedio del $12,93 \pm 3,75$ %, con un máximo de humedad del 16,98 % y mínimo de 7,92 %.

La humedad nos indica el contenido de agua de un alimento y se mide como la pérdida de peso que sufre después de someterlo a algunas técnicas e secado, a mayor contenido de humedad hay mayor propensión de ser contaminados por hongos y bacterias (62)

Koga, García, Carcelén y Arbaiza (90) , reportaron una humedad del 69,3 % en el siendo mayor a la humedad de harina de larva de *Tenebrio molitor* analizada.

También podemos comprar el porcentaje de humedad con el trabajo reportado por Barriga (73) que obtuvo un promedio de humedad del 5,94 % en la harina de *Hermetia illucens*.

Proteína

El promedio de proteína fue de $43,88 \pm 1,82$ %, con un máximo de 45,79 % y mínimo de 41,43 %.

La proteína es el factor más importante del alimento, el contenido proteico de un alimento es una medida indirecta de sus nutrientes digestibles, ya que los componentes proteicos son altamente digestibles comparados con los carbohidratos. (62)

Haciendo una comparación de Barriga (73), en cuanto al porcentaje de proteína de harina de *Hermetia illucens* que fue similar al nuestro con un porcentaje de proteína de 42.16 %, siendo la harina de larva de *Tenebrio molitor* mayor en porcentaje de proteína contenida.

Santamaria e Inga (84) , reportaron un porcentaje mayor de proteína en cuanto a la harina de *Gryllus assimilis* con un 56,7 %, siendo esta harina mucho más proteica que la harina de larva de *Tenebrio molitor*.

Lar harinas de insectos muestran un gran potencial de convertirse en un ingrediente estándar en la alimentación de animales, dada la gran cantidad y calidad de las proteínas que contienen, la baja competitividad del alimento con el de los humanos y la reducción del impacto ambiental al criar los insectos como ingrediente de piensos. (1)

El contenido de proteína cruda de estas fuentes de alternativa es alto: 42 % y 63% y también lo es el contenido de lípidos, arriba del 36 % cuando se habla de aceites de insectos. Existen estudios que han confirmado la palatabilidad (sabor agradable) de estos piensos alternativos que es buena en los animales

y pueden reemplazar hasta un 100 % de las harinas de soya o las harinas de pescado, dependiente de la especie que se está alimentando con estas fuentes de proteínas. (11)

Con una proteína cruda de alta digestibilidad y con un buen perfil de aminoácidos y minerales, el *Tenebrio molitor* se identifica como un alimento excelente de calidad, para suplir los requerimientos de las diferentes etapas en la alimentación animal. (91)

Las proteínas en la alimentación animal juegan un papel fundamental para poder satisfacer la demanda que el mejoramiento genético requiere, deben ser de mejor calidad; es decir, tener la mayor cantidad de aminoácidos indispensables posibles, a fin de satisfacer el aumento de producción establecido en cualquiera de las especies. (92)

Estas forman parte de la estructura básica de los tejidos, como músculos, tendones, piel, albúmina, yema, pezuñas, entre otros, y complementan funciones metabólicas y reguladoras del organismo. (92)



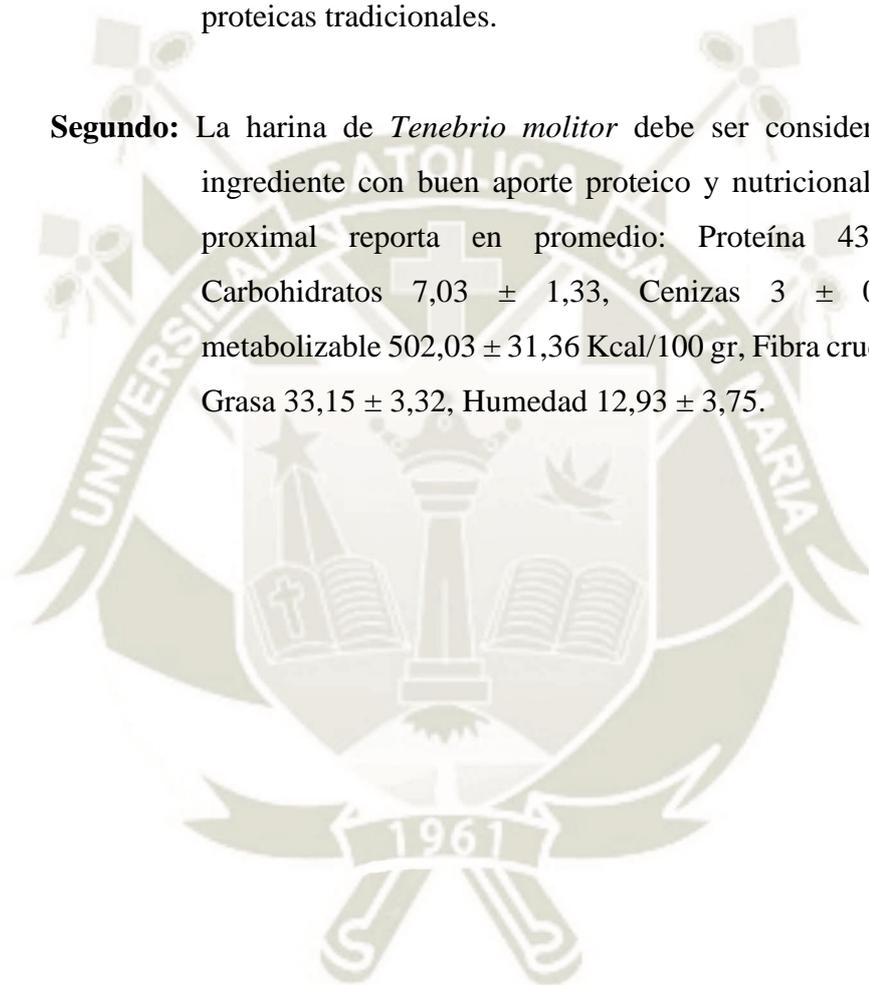
CAPITULO V

CONCLUSIONES

Se concluye que en el siguiente trabajo de investigación:

Primero: Es factible la crianza del *Tenebrio molitor* en condiciones controladas para la producción de harina de larva, siendo una fuente proteica alternativa para el uso en remplazo de otras fuentes proteicas tradicionales.

Segundo: La harina de *Tenebrio molitor* debe ser considerada como un ingrediente con buen aporte proteico y nutricional cuyo análisis proximal reporta en promedio: Proteína $43,88 \pm 1,82$, Carbohidratos $7,03 \pm 1,33$, Cenizas $3 \pm 0,40$, Energía metabolizable $502,03 \pm 31,36$ Kcal/100 gr, Fibra cruda $3,73 \pm 0,57$, Grasa $33,15 \pm 3,32$, Humedad $12,93 \pm 3,75$.





CAPITULO VI

RECOMENDACIONES

- I. Continuar con la investigación del uso de harina de *Tenebrio molitor*, planteando trabajos de investigación que puedan aportar conocimiento nuevo en el uso de nuevas fuentes proteicas tales como costos de producción, perfil aminoacídico, usos de sustratos alimenticios orgánicos para la alimentación de insectos entre otras.
- II. Se recomienda hacer evaluaciones de digestibilidad, palatabilidad y otras que permitan el uso de la harina de larva de *Tenebrio molitor*, como una nueva fuente de proteína, para raciones alimenticias en animales.
- III. Experimentar el uso de la harina *Tenebrio molitor* con fuente proteica sustituto, en proporciones diferente de remplazo en formulaciones de raciones para la alimentación de animales productivos como cuyes y aves.
- IV. Criar y analizar insectos permitidos para el consumo animal, para su posterior uso en alimentación animal.



CAPITULO VII

REFERENCIAS

Referencias

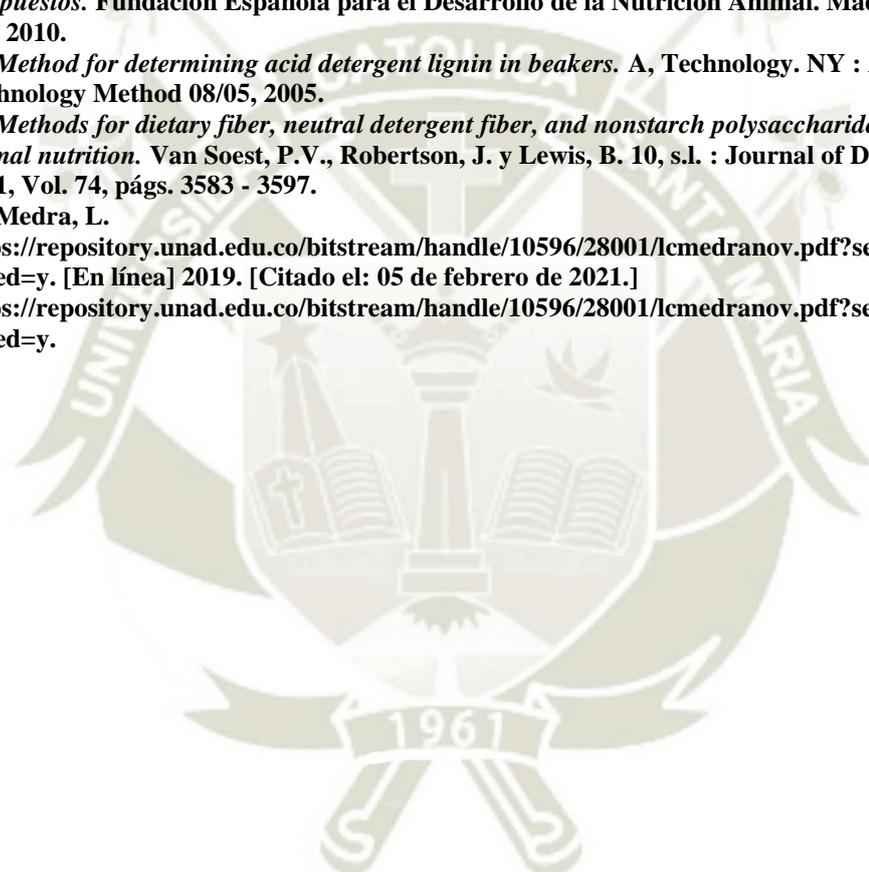
1. *Effects of yellow mealworm larvae (Tenebrio molitor) inclusion in diets for*. **Biasato, I., Gasco, L., De Marco, M., Renna, M., Rotolo, L., Dabbou, S., Schiavone, A.** s.l. : Animal Feed Science and Technology, 2017, Vol. 234, págs. 253-263.
2. *Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce*. **Alexander, P., Brown, C., Arneth, A., Dias, C., Finnigan, J., Moran, D., y Rounsevell, M.** s.l. : Global Food Security, 2017.
3. **Sancho, D., Alvarez Gil, M. d. J., & Fernández Sánchez, L. d. R.** *Insectos y alimentación. Larvas de Rhynchophorus palmarum L, un alimento de los pobladores de la Amazonía Ecuatoriana.* s.l. : Entomotropica. págs. 135-149. Vol. 30.
4. *Nutritional Value of Mealworm, Tenebrio molitor as Food Source*. **Ravzanaadii, N., Kim, S.-H., Choi, W.-H., Hong, S.-J., & Kim, N.-J.** s.l. : International Journal of Industrial Entomology, 2012, Vol. 25, págs. 93-98.
5. *Land Use for Edible Protein of Animal Origin*. **Flachowsky, G., Meyer, U., y Südekum, K.-H.** 3, s.l. : Animals, 2017, Vol. 7.
6. *Ecosystems and human well-being : current state and trends: Millennium Ecosystem Assessment*. **Reid, W. V., Mooney, H. A., Doris, A. C., Capistrano, S. R., Carpenter, K., Chopra, P. D., Thomas, . . . Zurek, M. B.** 2005.
7. *Edible insects: traditional knowledge or western phobia? (Special Issue Trends on the edible insects in Korea and abroad.)*. **Yen, A. L.** s.l. : Entomol Res, 2009, Vol. 39.
8. **Vega, Luis Carlos Medrano.** *Larvas de gusano de harina (Tenebrio molitor) como alternativa proteica en la alimentación animal.* Bogota : s.n., 2019.
9. *Use of Tenebrio molitor larvae meal as protein source in broiler diet: Effect on growth performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits*. **Nizza, A., Piccolo, G., Loponte, R., Marono, S., Bovera, F., Parisi, G., Gasco, L.** 2, s.l. : Journal of Animal Science, 2016, Vol. 94, págs. 639-647.
10. *Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review*. **Sánchez-Muros, M.-J., Barroso, F. G., & Manzano-Agugliaro, F.** s.l. : Journal of Cleaner Production, 2014, Vol. 65, págs. 16-27.
11. *State-of-the-art on use of insects as animal feed*. **Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P.** s.l. : Animal Feed Science and Technology, 2014, Vol. 197, págs. 1-33.
12. **Smetanaa, Sergiy, Schmitt, Eric y Mathys, Alexander. Quakenbrueck.** *Sustainable use of Hermetia illucens insect biomass for feed and food: Attributional and consequential life cycle assessment.* 2019.
13. **quieroapuntes.** [En línea] 16 de octubre de 2019. <https://www.quieroapuntes.com/tenebrio-molitor.html>.
14. **insectos, Harina de.** [En línea] 2019. [Citado el: 21 de octubre de 2019.] <https://harinadeinsectos.com/>
15. **Piensos, Federacion Internacional de Industrias.** [En línea] 2010. [Citado el: 21 de octubre de 2019.] www.ifif.org/uploadImage/2012/1/4/f41c7f95817b4c99782bef7abe8082dd1325696464.pdf.
16. **FAO.** 2016.
17. **Smith, P., Gregory, P. J.** *Conference: Future food and health. Symposium I: Sustainability and food security climate change and sustainable food production.* 72, págs. 21-28.
18. **FAO.** *The future of food and agriculture.* Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018.
19. **Van Huis, A., Itterbeeck, J. V., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., Vantomme, P.** *Edible insects.* Rome (Italy) : Food and Agriculture Organization of the United Nations Forestry Paper 171, 2013.
20. **Moreno, A. A.** *Entomologia Agraria.* 2005.
21. *Extraction and physicochemical characterization of Tenebrio molitor proteins*. **Azagoh, C., Ducept, F., Garcia, R., Rakotozafy, L., Cuvelier, M. E., Keller, S., Mezdour, S.** s.l. : Food Research International, 2016, Vol. 88, págs. 24-31.
22. **Proteinsecta.** [En línea] 2018. [Citado el: 07 de octubre de 2019.] <https://www.proteinsecta.es/tenebrio-molitor-gusan-o-de-la-harina/>.
23. *Edible insects: future prospects for food and feed security.* **FAO, y WUR.**

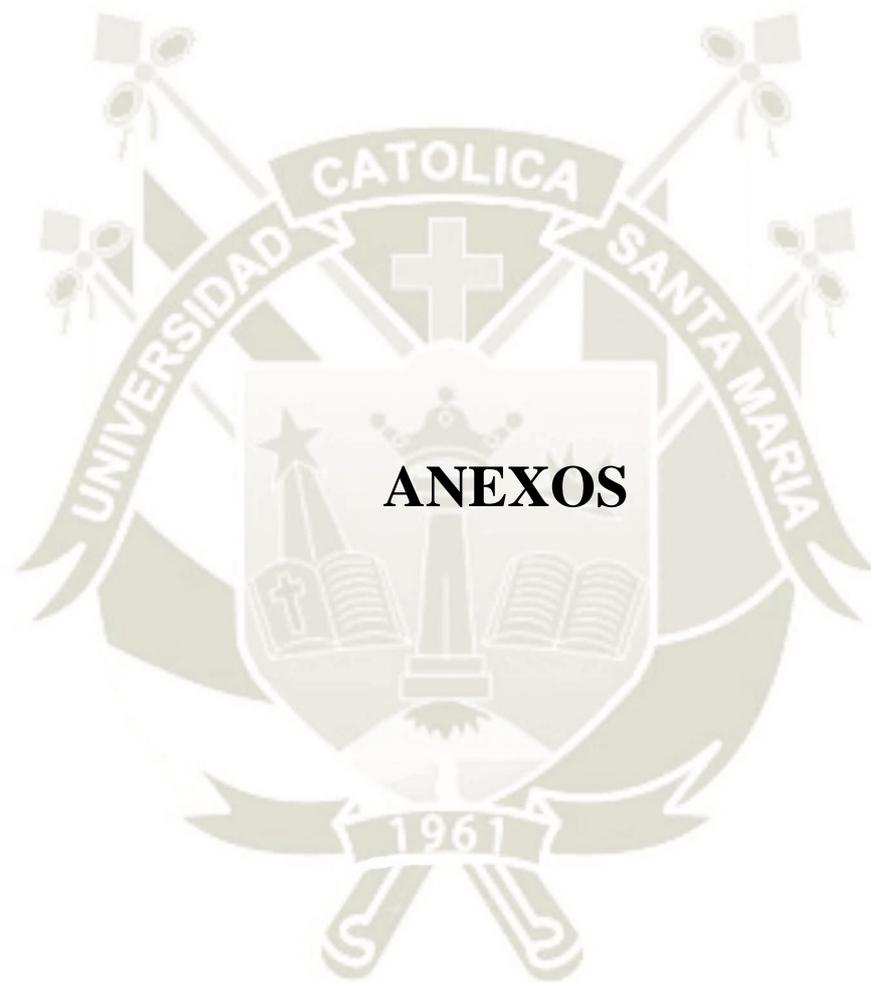
24. *Impact of adult weight, density, and age on reproduction of Tenebrio molitor (Coleoptera: Tenebrionidae)*. Morales-Ramos, J. A., Rojas, M. G., Kay, S., Tedders, W., y Shapiro Ilan, D. I. s.l. : Journal of Entomological Science, 2012, Vol. 47, págs. 208-220.
25. Paradais sphynx. [En línea] [Citado el: 07 de octubre de 2019.] <https://invertebrados.paraais-sphynx.com/artro-podos/gusanos-de-la-harina-tenebriomolitor.htm>. 2529-895X..
26. *Reemplazo de la harina de pescado por el gusano de la harina (Tenebrio molitor) sobre el rendimiento del crecimiento y las respuestas inmunológicas del camarón blanco (Litopenaeus vannamei)*. In-Hag Choi, Joo-Min Kim, Nam-Jung Kim, Jeong-Dae Kim, Parque Chul, Parque Jong-Hwan, Tae-ho Chung. 16 de Agosto de 2018, Vol. 40.
27. FAO.
28. Labbioeducacaoambiental. [En línea] [Citado el: 07 de octubre de 2019.] <http://labbioeducacaoambiental.blogspot.com/2011/02/pratica-02p-arte-2-tenebriomolitor.html>.
29. *Use of Tenebrio molitor (Coleoptera:Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens*. Ramos-Elorduy, J., Gonzalez, E.A., Hernandez, A.R. & Pino, J.M. 1, s.l. : J. Econ. Entomol, 2002, Vol. 95, págs. 214-220.
30. Ghaly, A.E. & Alkokaik, F.N. *The yellow mealworm as a novel source of protein*. s.l. : Am. J. Agric. Biol. Sci., 2009. págs. 319-331. Vol. 4.
31. Bovera, F., Piccolo, G., Gasco, L., Marono, S., Loponte, R., Vassalotti, G., Mastellone, V., Lombardi, P., Attia, Y. A. & Nizza, A. *Yellow mealworms larvae (Tenebrio molitor L.) as protein source for broilers: Effects on growth performance and blood profiles*. s.l. : Br. Poult. Sci., 2015. págs. 569-575. Vol. 56.
32. CLONOPISIS. [En línea] 2016. [Citado el: 23 de octubre de 2019.] <http://clonopsis.blogspot.com/2016/10/tenebrio-molitor.html?m=1>.
33. Insectos a la carta. [En línea] 2019. <https://insectosalacarta.com/insectos-comestibles/gusanos-de-la-harina-tenebrio-molitor/>.
34. *The yellow mealworm as a novel source of protein*. Ghaly, A.E. and Alkokaik, F.N. 2009, American Journal of Agricultural and Biological Sciences, Vol. 4, págs. 319-331.
35. Enciclopedia virtual de animales. [En línea] [Citado el: 20 de octubre de 2019.] <http://enciclopediaanimalesvirtual.blogspot.com/2011/10/es-tad-o-adulto-del-tenebrionombre.html>.
36. Myriam-Sandrigo-Ybran Tatiana-Bar, D.P.-Oscherov, M.E. *Ciclo de vida de Tenebrio molitor (Coleoptera,Tenebrionidae) en condiciones experimentales*. [En línea] 1999. https://www.researchgate.net/publication/267942372_Ciclo_de_Vida_de_Tenebrio_molitor_Coleoptera_Tenebrionidae_en_Condiciones_Experimentales.
37. *Characteristics of maize flour tortilla supplemented with ground Tenebrio molitor*. AguilarMiranda, E.D., Lopez, M.G., Escamilla-Santana. s.l. : Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, Vol. 50, págs. 192-195.
38. P, Bumrungburee. [En línea] 2019. [Citado el: 21 de octubre de 2019.] https://es.123rf.com/photo_54040612_muertos-gusanos-de-laharina.html?fromid=ZVR0Y3JZW XNEY0RqVHpVky90MlpVZz09.
39. TERRARTROPODA. [En línea] 2013. [Citado el: 07 de octubre de 2019.] <https://terrartropoda.wordpress.com/2013/08/11/ficha-gusano-de-la-harina-tenebriomolitor/>.
40. *Extracción y caracterización del aceite de las larvas del Tenebrio molitor*. Cesar, Valdez Pantpja. Lima : Sociedad Química, 2010, Vol. 76.
41. *Uso de tenebrio en la alimentación de animales silvestres*. Fuentes, B. Chapingo : s.n., 2012.
42. *Manual de cría de Invertebrados para la alimentación complementaria*. Arellano, Diego Velasquez, Silvia. Venezuela : s.n., 2017.
43. *Larvae of mealworm (Tenebrio molitor L.)*. Siemianowska, E., Kosewska, A., Aljewicz, C., Razvan. [En línea] 2019. [Citado el: 21 de octubre de 2019.] https://es.123rf.com/photo_70261259_ampliacion-de-extremos-mandibulares-de-abeja-y-gusano-de-la-harina-tenebrio-molitor.html.
45. *Análisis de cultivo de Tenebrio molitor*. Michoacan : s.n.
46. *HARINA DE GUSANOS (Larva de Tenebrio molitor)*. Soto, Hugo. Uruguay : El Canario.
47. Intriago Sánchez, T. C., & Valencia Burgos, Y. *Determinación de antocianinas y valor nutricional de los tenebrios (Tenebrio molitor) alimentados con dietas enriquecidas con maíz morado (Zea mais L.)*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Ecuador : s.n., 2014.

48. Garrucho, N. T. *Tenebrio molitor for food or feed: Rearing conditions and the effect of pesticides on its performance*. Politécnico de Coimbra, Portugal. : s.n., 2017.
49. Veldkamp, T., Van Duinkerken, G., Van Huis, A., Lakemand, C.M.M., Ottevanger, E., Bosch, G. & Van Boekel, M.A.J.S. *Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets - a feasibility study*. s.l. : Wageningen Livestock Res., 2012.
50. Dieta coherente. [En línea] [Citado el: 20 de octubre de 2019.] <https://www.dietacoherente.com/pro-piedades-nutricionales-de-los-insectos/>.
51. FAO. Edible insect farming, collecting and marketing in Thailand. [En línea] Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2013. www.fao.org.
52. —. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Aprovechar el potencial de los insectos para la alimentación animal. [En línea] 2014. <http://www.fao.org/news/story/es/item/231855/icode/>.
53. Ferrer, J.M. [En línea] 2017. [Citado el: 21 de octubre de 2019.] <https://www.ainia.es/tecnologia/legislacion/los-insectos-podran-emplearse-para-obtener-proteina-animal/>.
54. *Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets - a feasibility study*. Veldkamp, T., Van Duinkerken, G., Van Huis, A., Lakemand, C.M.M., Ottevanger, E., Bosch, G. & Van Boekel, M.A.J.S., 2012.
55. *Yellow mealworms larvae (Tenebrio molitor L.) as protein source for broilers: Effects on growth performance and blood profiles*. Bovera, F., Piccolo, G., Gasco, L., Marono, S., Loponte, R., Vassalotti, G., Mastellone, V., Lombardi, P., Attia, Y. A. & Nizza, A. s.l. : Sci, 2015, Br. Poult, Vol. 56, págs. 569-575.
56. *Nutritional value of two insect meal (Tenebrio molitor and Hermetia illucens) for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy*. De Marco, M., Martínez, S., Hernández, F., Madrid, J., Gal, F., Rotolo, L., Belforti, M., Bergero, D., Katz, H., Dabbou, S., Kovitvadhi, A., Zoccarato, I., Gasco, L. & Schiavone, A. s.l. : Anim. Feed Sci. Technol, 2015, Vol. 209, págs. 211-218.
57. *Evaluating the nutritive profile of three insect meals and their effects to replace soyabean in broiler diet*. Khan, S., Khan, R.U., Alam, W. & Sultan, A. s.l. : Anim. Physiol. Anim. Nutr., 2017, Vol. 102, págs. 662-668.
58. *Potential of insect meals as protein sources for meat-type ducks based on in vitro digestibility*. Kovitvadhi, A., Chundang, P., Thongprajukaew, K., Tinawattanawanich, C., Srikachar, S. & Chotimaothum, B. s.l. : Anim, 2019, Vol. 9, pág. 110.
59. Palomo, E. El Economista. [En línea] 22 de mayo de 2019. [Citado el: 21 de octubre de 2019.] <https://www.economista.es/empresas-finanzas/agro/noticias/9893106/05/19/Llegan-las-granjas-de-insectos-para-alimentacion-animal-html>.
60. LAINEZ, EDURNE MENDEZA. *Influencia de diferentes dietas en la composición nutricional del insecto*. Universidad Pública de Navarra : s.n., 2017.
61. *Análisis proximal en alimentos Fundamentos teóricos y técnicas experimentales*. Flor Marina Fon Fay Vásquez, Héctor Zumbado Fernández. Ecuador : Colloquium, 2019.
62. Cruchaga, Raul Cañas. *Alimentación y nutrición animal*. Chile : s.n., 1998.
63. Facere, Panem. La ceniza en los alimentos. [En línea] 2018. <https://panemfacere.blogspot.com/2018/09/la-ceniza-en-los-alimentos.html#:~:text=Ceniza%20se%20refiere%20a%20cualquier,la%20grasa%20y%20la%20prote%C3%ADna..>
64. Producción Animal y Gestión de Empresas. [En línea] [https://www.uco.es/zootecnia-y-gestion/menu.php?tema=146#:~:text=Extracto%20et%C3%A9reo%20\(EE\)%20%20Grasa%20bruta%20\(GB\).&text=Con%20materias%20de%20origen%20vegetal,extracci%C3%B3n%20con%20una%20hidr%C3%B3lisis%20%20C3%A1cida..](https://www.uco.es/zootecnia-y-gestion/menu.php?tema=146#:~:text=Extracto%20et%C3%A9reo%20(EE)%20%20Grasa%20bruta%20(GB).&text=Con%20materias%20de%20origen%20vegetal,extracci%C3%B3n%20con%20una%20hidr%C3%B3lisis%20%20C3%A1cida..)
65. Natural Human Genome Research Institute. [En línea] <https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Proteina>.
66. Geo Salud. [En línea] <https://www.geosalud.com/nutricion/hidratos-de-carbono-carbohidratos.html#:~:text=Los%20carbohidratos%20tambi%C3%A9n%20llamados%20hidratos,contienen%20carbono%20%20hidr%C3%B3geno%20y%20ox%C3%ADgeno..>
67. FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. [En línea] <http://www.fao.org/nutrition/requisitos-nutricionales/energia-alimentaria/es/>.
68. Taringa. [En línea] https://www.taringa.net/+apuntes_y_monografias/determinacion-de-humedad-en-alimentos-definicion-y-metodo_11niiio.

69. **USO DE LA LARVA DE TENERNIO (*Tenebrio molitor*) COMO ADITIVO PROTEICO EN LA ALIMENTACION DE CODORNICES (*Coturnix japonica*).** Diaz, G. Guatemala : s.n., 2014.
70. **Valoración nutricional de harinas de cucaracha de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*) y tenebrios (*Tenebrio molitor*), para su uso en .** Perez, A. Aguascalientes : s.n., 2019.
71. **EVALUACIÓN DE BLOQUES MULTINUTRICIONALES CON HARINA DE LARVA DE TENEBRIO (*Molitor linnaeus*) EN EL ENGORDE DE CONEJOS (*Oryctolagus cuniculus*).** Vasquez, J. Guatemala : s.n., 2016.
72. **Ayamamani, Roger Apaza. CORRELACION DE ÍNDICES PRODUCTIVOS CON SUPLEMENTACION DE HARINA DE LARVA DE MOSCA *Hermetia illucens* A TRES NIVELES VERSUS FUENTE PROTEICA ESTÁNDAR EN ALIMENTACION DE POLLOS ROSS.** Arequipa : s.n., 2019.
73. **Marcapura, Ximena Barriga. 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 MIXTAS.** Arequipa : s.n., 2019.
74. **Aguirre, Yoisy Alexandra Chirinos. ESTUDIO DEL CICLO BIOLÓGICO DE *Hermetia illucens* (Diptera: stratiomyidae) BAJO LAS CONDICIONES DE LABORATORIO EN LA IRRIGACIÓN MAJES, CAYLLOMA AREQUIPA.** 2019.
75. **Vega, Alexandra Patricia Luperdi Puente de la. 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.** 2016.
76. **Medrano, L.**
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/28001/lcmedranov.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [En línea] 2019. [Citado el: 05 de febrero de 2021.]
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/28001/lcmedranov.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
77. **. Use of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) as a protein source on growth performance, carcass traits, meat quality and intestinal morphology of Japanese quails (*Coturnix japonica*).** Shariat, Z. , Kheiri, F. , Faghani,M. s.l. : Veterinary and Animal Science, 2019, Vol. 8.
78. **Effect of *Tenebrio molitor* larvae meal on growth performance, in vivo nutrients digestibility, somatic and marketable indexes of gilthead sea bream (*Sparus aurata*).** Piccolo, G. , Iaconisi,V. , Marono,S., Gasco,L. , Loponte,R. , Nizza,S. , Bovera,F. , Parisi,G. s.l. : Animal Feed Science and Technology, 2017, Vol. 226.
79. **Black Soldier Fly Full-Fat Larvae Meal as an Alternative to Fish Meal and Fish Oil in Siberian Sturgeon Nutrition: The Effects on Physical Properties of the Feed, Animal Growth Performance, and Feed Acceptance and Utilization.** Mateusz Rawski , Jan Mazurkiewicz , Bartosz Kierończyk,Damian Józefiak. 11, s.l. : Animals, 2020, Vol. 10, pág. 2119.
80. **J. Reátegui, X. Barriga, A. Obando, G. Moscoso, P. Manrique, I. Salazar. 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.** 2020.
81. **Wikipedia.** [En línea] https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Majes.
82. **Association of official analytical chemists.** AOAC. s.l. : Official methods of analysis, 1990.
83. **Rolando Demanet F., Carlos Canseco M., Antonella Reyes M.,Edith Cantero M. Consorcio lechero.** [En línea] <https://www.consorciolechero.cl/chile/documentos/fichas-tecnicas/24junio/determinacion-de-materia-seca-con-horno-microondas.pdf>.
84. **Determinación de la digestibilidad proteica in vitro de harina de grillo "*Gryllus assimilis*".** Williams Manuel Santamaria Arce, Brahams Emanuel José Inga Uruchi. Lima : s.n., 2019.
85. **E., Portillo. Estimación piloto de los costos en la producción y proceso de harina de grillo (*Acheta domesticus*), como fuente de proteína para dieta humana, en la finca Santa Marta, Morazán, El Salvador.** [En línea] 2017. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6159>.
86. **Entomovit.** [En línea] <https://entomovit.com/producto/harina-de-grillo-454g/>.
87. **Extracción y caracterización del aceite de las larvas del *Tenebrio molitor*.** César Valdez Pantoja, Graciela Untiveros Bermúdez. 4, Lima : Revista de la Sociedad Química del Perú, 2010, Vol. 76.
88. **Thalia Intriago Sanchez, Yamilet Valencia Burgos. DETERMINACION DE ANTOCIANINAS Y VALOR NUTRITIVO DE LOS TENEBRIOS (*TENEBRIO MOLITOR*)**

- ALIMENTADO CON DIETAS ENRIQUECIDAS CON MAIZ MORADO (ZEA MAYS L.).* Quito : s.n., 2014.
89. FAO. 2012.
90. *VALOR NUTRICIONAL DEL Gryllus peruviansis (ORTHOPTERA: GRILLIDAE).* Roberto Koga, Fred García, Fernando Carcelén , Teresa Arbaiza. 1, s.l. : Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 1999, Vol. 10.
91. Ramos, J. , Pino, J. *Contenido de vitaminas de algunos insectos comestibles en Mexico.* 2001.
92. M., Gilbert P. abc. [En línea] <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/abc-rural/proteinas-en-nutricion-animal---dr-p-m-gibert-1770556.html>.
93. *Can dried mealworm (Tenebrio molitor) larvae replace fish meal in.* X. Ao, J.S. Yoo , Z.L. Wu , I.H. Kim. 2020, LIVESTOCK SCIENCE.
94. bcrp. [En línea] [Citado el: 13 de noviembre de 2019.] [http://www.bcrp.gob.pe/do cs/Sucursales/A requipa/A requipa-C aracterizacion.pdf..](http://www.bcrp.gob.pe/do%20cs/Sucursales/A%20requisito/A%20requisito-C%20caracterizacion.pdf)
95. FEDNA. *Tablas de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos.* Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid,España : s.n., 2010.
96. *Method for determining acid detergent lignin in beakers.* A, Technology. NY : ANKOM Technology Method 08/05, 2005.
97. *Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition.* Van Soest, P.V., Robertson, J. y Lewis, B. 10, s.l. : Journal of Dairy Science, 1991, Vol. 74, págs. 3583 - 3597.
98. Medra, L.
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/28001/lcmedranov.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [En línea] 2019. [Citado el: 05 de febrero de 2021.]
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/28001/lcmedranov.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.







ANEXO N° 01
INSTRUMENTOS

Figura 01: Resultado de Análisis de Composición Proximal, Muestra N° 01



BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Figura N° 02: Resultado de Análisis de Composición Proximal, Muestra N° 02

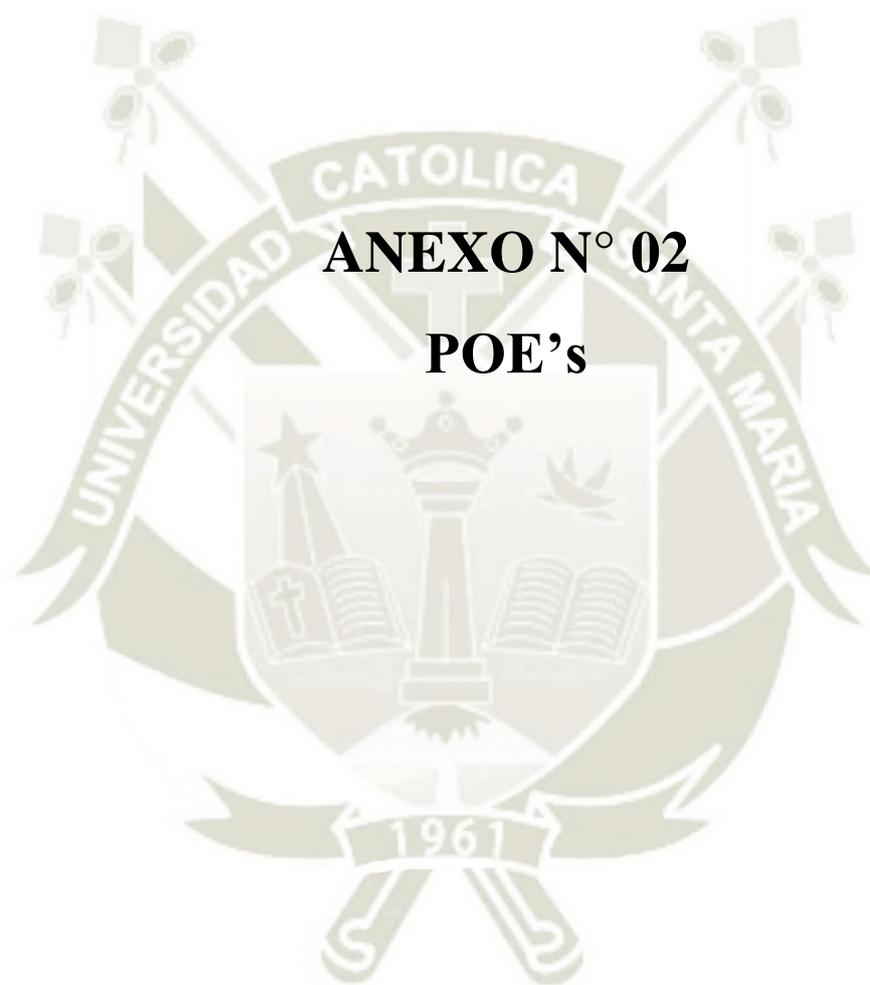


Figura N° 03: Resultado de Análisis de Composición Proximal, Muestra N° 03



Figura N° 04: Resultado de Análisis de Composición Proximal, Muestra N° 04





ANEXO N° 02
POE's



PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN ESTANDAR (POE)

PROCEDIMIENTOS PARA LLEVAR A CABO LA CRIANZA DE TENEBRIO MOLITOR

Fecha de Elaboración: _____ / _____ / _____ Fecha Última Revisión: _____ / _____ / _____
(Mes) (Año) (Mes) (Año)

DESCRIPCIÓN DE LA TAREA

Lugar donde se realizará: Moscario experimental de la UCSM en la irrigación Majes	
Número de personas que participaron: X 1 (Uno) <input type="checkbox"/> 2 (Dos) <input type="checkbox"/> 3 (Tres) <input type="checkbox"/> 4 (Cuatro)	
Nivel de experiencia: Avanzado	
Equipos y accesorios utilizados:	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Contenedores de plástico para larvas ✓ Malla mosquitera ✓ Cinta ✓ Termostato ✓ Focos 100 W ✓ Termohigrometro ✓ Alimento 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cartones de huevo y de papel higiénico ✓ Balanza ✓ Cámara de fotos ✓ Contenedores de plástico para pupas ✓ Contenedores de plástico para escarabajos
Personal: Ejecutora de tesis	
Otros equipos requeridos:	

PRODUCTO TERMINADO O RESULTADO ESPERADO

Obtención de larvas de Tenebrio molitor adultas para su posterior procesamiento en harina.

ALCANCE DE ESTE POE

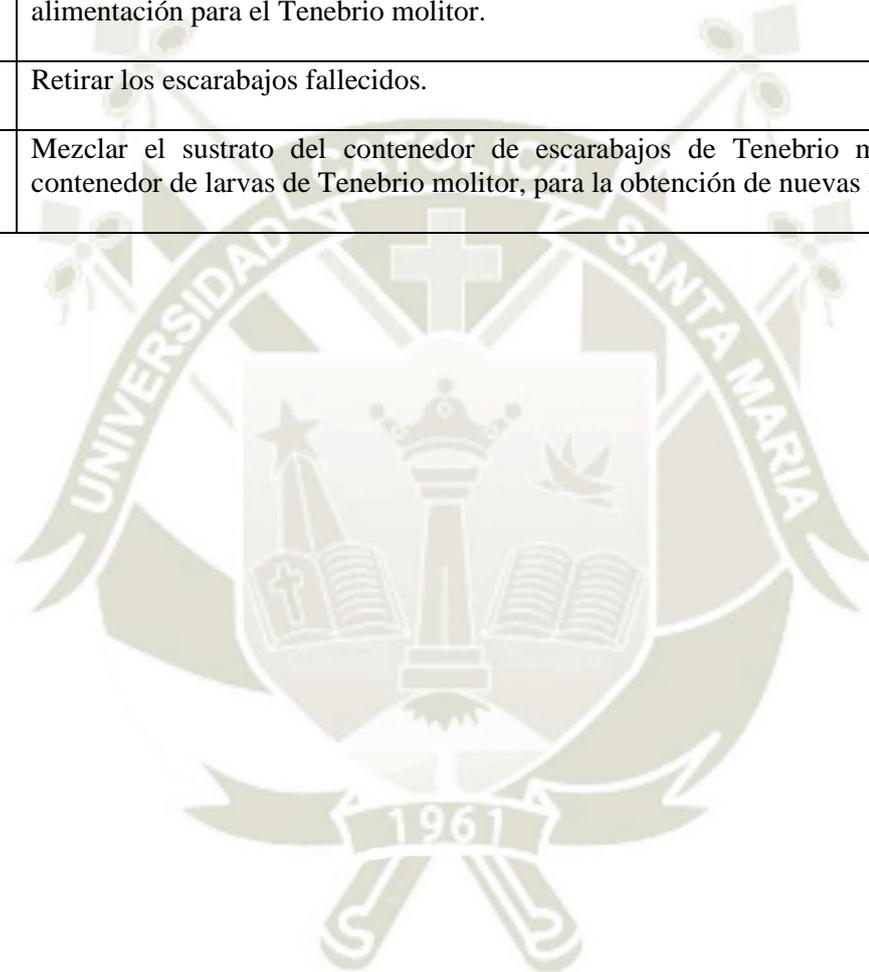
Es necesario obtener larvas de Tenebrio molitor en estadio final, para así hacer su procesamiento en harina.

HABILIDADES ESPECÍFICAS, ENTRENAMIENTO, CERTIFICACIONES Y PERMISO REQUERIDO

Para realizar este estudio, es necesario estar capacitado sobre la crianza y parámetros ambientales exclusivos para el insecto Tenebrio molitor.

PROTOCOLOS POE Nro. 002

Nro.	Pasos y procedimientos comprendidos en esta tarea o proceso	✓
1	Se recepciono el núcleo de larvas de Tenebrio molitor comprado, acondicionando el ambiente y alimento, para que estas puedan proceder con su ciclo de vida.	✓
2	Separar las pupas halladas en los contenedores de larvas de Tenebrio molitor.	✓
3	Separar los escarabajos recién nacidos de las pupas, en otro contenedor, acondicionando el ambiente de acuerdo a los parámetros ambientales indicados y alimentación para el Tenebrio molitor.	✓
4	Retirar los escarabajos fallecidos.	✓
5	Mezclar el sustrato del contenedor de escarabajos de Tenebrio molitor con el contenedor de larvas de Tenebrio molitor, para la obtención de nuevas larvas.	✓





PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN ESTANDAR (POE)

PROCEDIMIENTOS PARA LLEVAR A CABO LA PRODUCCION DE HARINA DE LARVA DE TENEBRIO MOLITOR

Fecha de Elaboración: _____ / _____ / _____ Fecha Última Revisión: _____ / _____ / _____
(Mes) (Año) (Mes) (Año)

DESCRIPCIÓN DE LA TAREA

Lugar donde se realizará: Moscario experimental de la UCSM en la irrigación Majes	
Número de personas que participaron: 1 (Uno) X 2 (Dos) <input type="checkbox"/> 3 (Tres) <input type="checkbox"/> 4 (Cuatro)	
Nivel de experiencia: Avanzado	
Equipos y accesorios utilizados:	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tapers de plástico ✓ Congeladora ✓ Horno microondas ✓ Bandejas de plástico ✓ Platos de loza ✓ Balanza ✓ Pinzas 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bolsas con cierre hermético ✓ Molino ✓ Cámara fotográfica ✓ Útiles de escritorio
Personal: Ejecutora de tesis y encargada del moscario.	
Otros equipos requeridos:	

PRODUCTO TERMINADO O RESULTADO ESPERADO

Obtención de harina de larva de Tenebrio molitor para su posterior análisis proximal.

ALCANCE DE ESTE POE

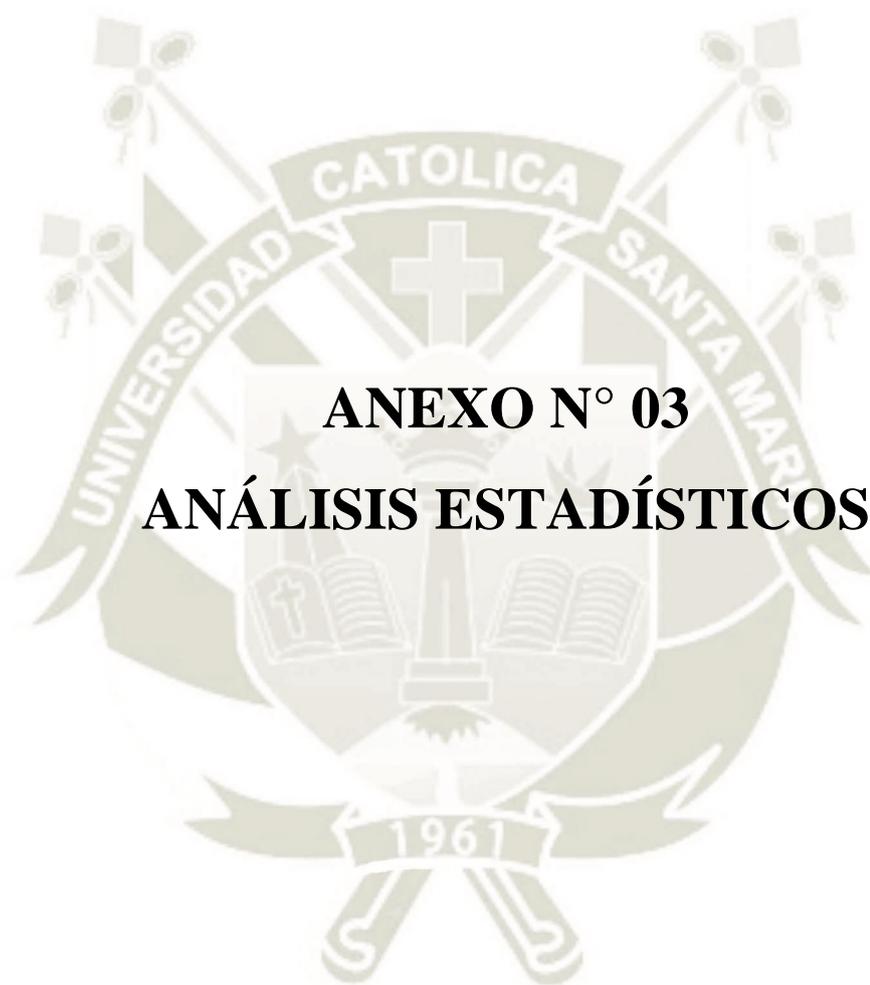
Es necesario obtener harina de larva de Tenebrio molitor, para realizar el análisis proximal correspondiente.

HABILIDADES ESPECÍFICAS, ENTRENAMIENTO, CERTIFICACIONES Y PERMISO REQUERIDO

Para realizar este estudio, es necesario estar capacitado sobre el procedimiento de obtención de harina de larva de Tenebrio molitor.

PROCOLOS POE Nro. 002

Nro.	Pasos y procedimientos comprendidos en esta tarea o proceso	✓
1	Se seleccionaron las larvas.	✓
2	Se congelaron a -20 ° C.	✓
3	Se descongelaron por un tiempo de 4 horas.	✓
4	Se realizo el pesaje inicial.	✓
5	Se introdujo el plato con la muestra en el microondas por 3 minutos, a una potencia de 900 W.	✓
6	Se coloco un vaso con 150 ml de agua fría dentro del horno microondas.	✓
7	Se retiro el plato con la muestra para registrar el peso.	✓
8	Se coloco un vaso con 150 ml de agua fría dentro del horno microondas.	✓
9	Se retiro el plato con la muestra para registrar el peso.	✓
10	Se coloco nuevamente el plato con la muestra en el microondas durante 3 minutos y se cambió el agua del vaso	✓
11	Se repitieron los pasos con intervalo de 3 minutos.	✓
12	Se hizo el pesaje final y calculo de rendimiento.	✓
13	Se envaso y rotulo, las larvas desecadas en bolsas de plástico con cierre hermético.	✓
14	Se realizo la molienda.	✓
15	Se envio a laboratorio para la evaluación proximal.	✓



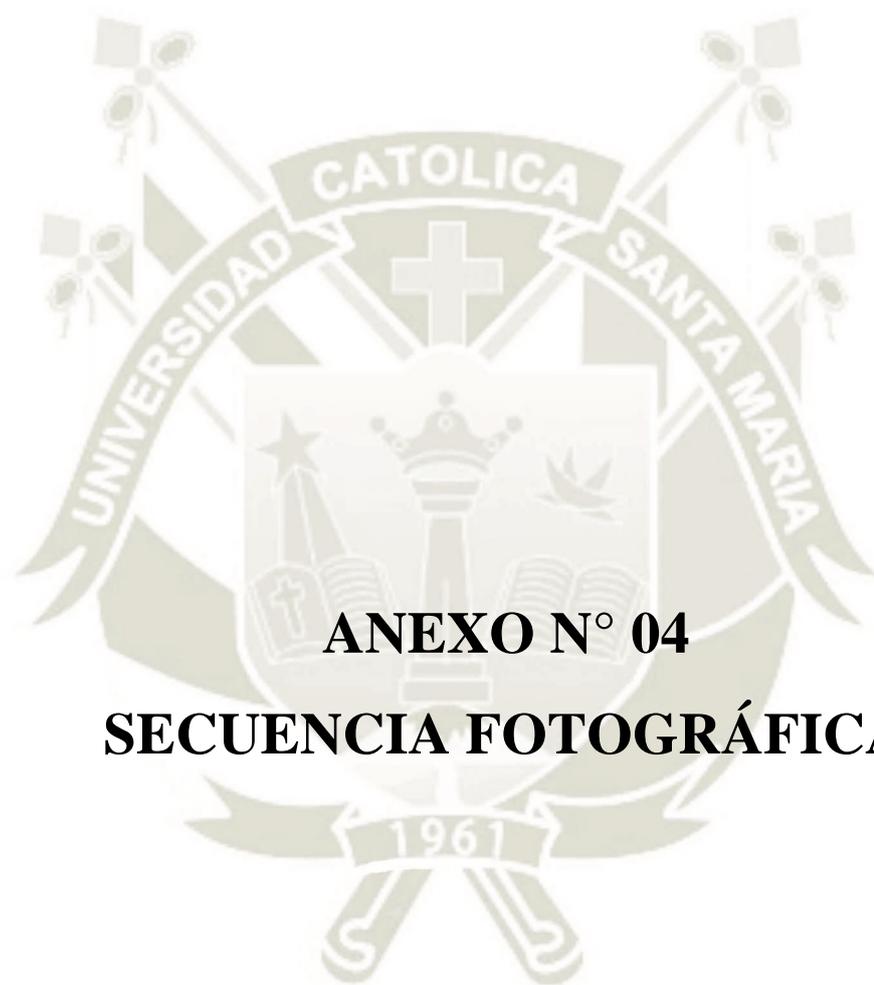
ANEXO N° 03
ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Cuadro N° 01: Análisis estadístico de pesos y rendimiento de harina de larva de *Tenebrio molitor*.

	PL_H	PL-S	P-Dif	Rend%
Sample size	4	4	4	4
Num missings	0	0	0	0
Minimum	203.0000	92.0000	106.0000	43.8100
Maximum	283.0000	124.0000	159.0000	47.7800
Std deviation	36.5912	14.0564	22.9928	1.7853
C.V.	15.8232	13.4834	18.1045	3.9488
Mean	231.2500	104.2500	127.0000	45.2100
Median	219.5000	100.5000	121.5000	44.6250

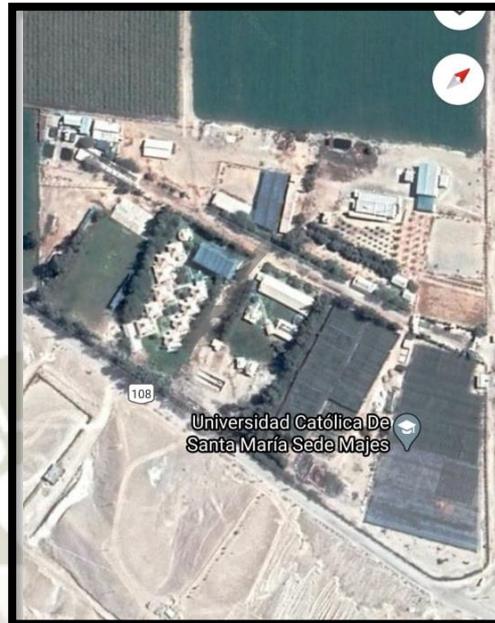
Cuadro N° 02: Análisis estadístico de los parámetros nutricionales de harina de larva de *Tenebrio molitor*.

	CH	CZS	EM	FC
Sample size	4	4	4	4
Num missings	0	0	0	0
Minimum	5.2400	2.4900	460.8000	3.0500
Maximum	8.4600	3.4700	536.8200	4.4500
Std deviation	1.3390	0.4014	31.3680	0.5722
C.V.	19.0467	13.3704	6.2482	15.3417
Mean	7.0300	3.0025	502.0325	3.7300
Median	7.2100	3.0250	505.2550	3.7100
	G	H	PT	
Sample size	4	4	4	
Num missings	0	0	0	
Minimum	28.5200	7.9200	41.4300	
Maximum	36.1400	16.9800	45.7900	
Std deviation	3.3216	3.7605	1.8215	
C.V.	10.0192	29.0836	4.1508	
Mean	33.1525	12.9300	43.8825	
Median	33.9750	13.4100	44.1550	



ANEXO N° 04
SECUENCIA FOTOGRÁFICA

Figura N° 05: Ubicación geográfica del centro de investigación



Fuente: Google maps



Fotografía N° 01: Terrarios para larvas



Fotografía N° 02: Focos de 100 W



Fotografía N° 03: Terrarios con malla mosquitera para la ventilación de las larvas.



Fotografía N° 04: Termostato y termohigrómetros.



Fotografía N° 05: Larvas de *Tenebrio molitor*



Fotografía N° 06: Pupas de Tenebrio molitor.



Fotografía N° 07: Escarabajos de Tenebrio molitor



Fotografía N° 08: Escarabajos adultos y juveniles de *Tenebrio molitor*.



Fotografía N° 09: Escarabajos adulto de *Tenebrio molitor* copulando.



Fotografía N° 10: Terrario de larvas de *Tenebrio molitor*.



Fotografía N° 11: Control de temperatura y humedad con termohigrómetro.



Fotografía N° 12: Limpieza de los terrarios.



Fotografía N° 13: Desechos de larvas de *Tenebrio molitor*, para ser usado como abono.



Fotografía N° 14: Congelamiento de las larvas de *Tenebrio molitor*.



Fotografía N° 15: Pesaje de larvas húmedas



Fotografía N° 16: Dsecación de las larvas en horno microondas.



Fotografía N ° 17: Larvas desecadas.



Fotografía N° 18: Rotulado de larvas desecadas.



Fotografía N° 19: Molienda de larvas desecadas.



Fotografía N° 20: Harina de larva de *Tenebrio molitor*

