



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS

MODALIDAD: PROYECTO DE DESARROLLO

Título:

Caracterización nutricional de la larva de libélula (*Anisóptera*) como alternativa
alimenticia

Proyecto de desarrollo previo a la obtención del título de Magíster en Ciencias
Veterinarias.

Autor:

Dr. Sandro Manolo Granja Guerrero

Tutor:

Dr. Rafael Alfonso Garzón Jarrín, PhD

LATACUNGA - ECUADOR

2021

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Caracterización nutricional de la larva de libélula (*Anisóptera*) como alternativa alimenticia” presentado por el Dr. Sandro Manolo Granja Guerrero, para optar por el título Magíster en Ciencias Veterinarias.

CERTIFICO

Que el presente proyecto de desarrollo ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe su exposición y defensa pública.

Latacunga, mayo, 14, 2021



.....

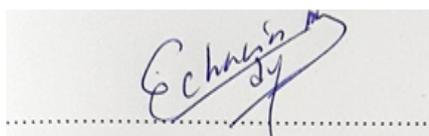
Dr. Rafael Alfonso Garzón Jarrín, PhD

CC. 0501097224

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: “Caracterización nutricional de la larva de libélula (*Anisóptera*) como alternativa alimenticia”, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Ciencias Veterinarias; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

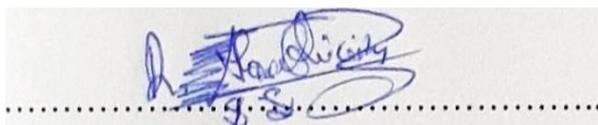
Latacunga, junio, 12, 2021

A handwritten signature in blue ink, reading "Edilberto Chacón Marcheco", written over a horizontal dotted line.

Dr. Edilberto Chacón Marcheco. PhD.

CI. 1756985691

Presidente del tribunal

A handwritten signature in blue ink, reading "Luis Alonso Chicaiza Sánchez", written over a horizontal dotted line.

Dr. Luis Alonso Chicaiza Sánchez, MSc

CC. 0501308316

Lector 2

A handwritten signature in blue ink, reading "Lucia Monserrath Silva Deley", written over a horizontal dotted line.

Ing. Lucia Monserrath Silva Deley, MSc.

CC. 0602933673

Lector 3

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi esposa Jesica Rubio, que siempre ha sido mi apoyo y mi impulso para culminar esta etapa académica, a mis hijos: Dayanna, Andrea, y Mateo que son la inspiración para seguir adelante en mi superación personal.

Manolo Granja G.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitirme ingresar a sus aulas, para culminar con esta aspiración académica, a las autoridades universitarias quienes nos han brindado las facilidades para ocupar sus instalaciones y culminar la parte del ensayo experimental del tema de tesis.

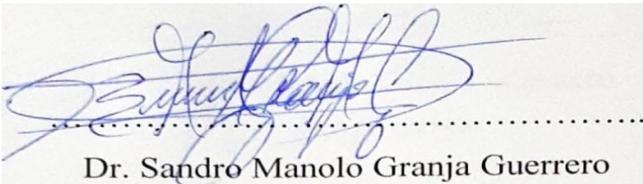
De manera especial a mi tutor el Dr. Rafael Alfonso Garzón Jarrín por ayudarme en la tutoría y la coordinación de la presente investigación.

Manolo Granja G.

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación.

Latacunga, junio, 12, 2021



Dr. Sandro Manolo Granja Guerrero

CC. 0501980759

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien subscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, junio, 12, 2021



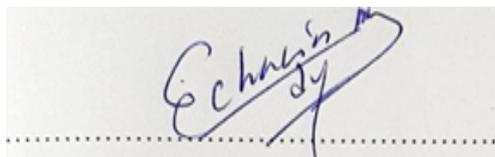
Dr. Sandro Manolo Granja Guerrero

CC. 0501980759

AVAL DEL VEEDOR

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: Caracterización nutricional de la larva de libélula (*Anisóptera*) como alternativa alimenticia, contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, junio, 12, 2021

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink. The signature is written in a cursive style and appears to read "Edilberto Chacón Marcheco". Below the signature, there is a horizontal dotted line.

DMV. Edilberto Chacón Marcheco, PhD.

C.C. 1756985691

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS

Título: Caracterización nutricional de la larva de libélula (*Anisóptera*) como alternativa alimenticia.

Autor: Dr. Sandro Manolo Granja Guerrero

Tutor: Dr. Rafael Alfonso Garzón Jarrín, PhD

RESUMEN

Encontrar fuentes de alimento alternativos que sean amigables con el medio ambiente, económicas y que suplan las necesidades nutricionales en personas y animales, se ha convertido en una preocupación constante para la humanidad. Por ello, el objetivo de esta investigación, es determinar el valor nutricional de la harina de la larva de libélula (*Anisóptera*) como alternativa alimentaria en dieta para cuyes (*Cavia porcellus*). El presente trabajo se desarrolló en la localidad de Latacunga, provincia de Cotopaxi, Ecuador. Se emplearon 24 animales de 15 días de edad realizando un análisis de varianza ANOVA, con tres tratamientos y dos repeticiones cada uno; estos consistieron en la evaluación de alfalfa (T1), alimento balanceado comercial (T2) y alimento balanceado con harina de larva (T3) como alternativa en la dieta del *Cavia porcellus*. Se determinaron las variables peso inicial, final y ganancia, conversión alimenticia. Determinando de esta manera que el alimento en base a harina de larva presenta rendimientos superiores a las otras alternativas, terminando por validar la hipótesis planteada y reafirmando a la harina de este insecto como una excelente alternativa alimenticia, la que, conlleva alrededor de un 78% de costo adicional en cuanto al mercado actual de alimentos.

PALABRAS CLAVE: *Anisóptera*, larva de libélula, alternativa alimenticia, caracterización nutricional.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS

Title: NUTRITIONAL CHARACTERIZATION OF DRAGONFLY LARVAE (*ANISÓPTERA*) AS A DIETARY ALTERNATIVE.

Author: Dr. Sandro Manolo Granja Guerrero

Tutor: Dr. Rafael Alfonso Garzón Jarrín, PhD

ABSTRACT

Finding alternative food sources that are environmentally friendly, economical and that meet the nutritional needs of people and animals has become a constant concern for humanity. Therefore, the objective of this work is to determine the nutritional value of the flour of the dragonfly larva (*Anisóptera*) as a dietary alternative for guinea pigs (*Cavia porcellus*). This work was developed in the town of Latacunga, Cotopaxi province, Ecuador. We used 24 animals 15 days old using an ANOVA analysis of variance, with three treatments and two repetitions each; these consisted of the evaluation of alfalfa (T1), commercial feed (T2) and balanced feed with larval flour (T3) as an alternative in the diet of *Cavia porcellus*. The variables initial weight, final and winning, food conversion were determined. Determining in this way that the food based on larval flour presents superior yields to the other alternatives, ending up validating the hypothesis raised and reaffirming the flour of this insect as an excellent food alternative, which, entails about a 78% additional cost in terms of the current food market.

KEYWORDS: *Anisóptera*, dragonfly larvae, food alternative, nutritional characterization.

Yo, Edison Marcelo Pacheco Pruna con cédula de identidad número. 0502617350 licenciado en idiomas con número de registro de la SENESCYT. 073.; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: Caracterización nutricional de la larva de libélula (*Anisóptera*) como alternativa alimenticia. Del sr. Granja Guerrero Sandro Manolo aspirante a magister de Ciencias Veterinarias.

Latacunga, junio 12 del 2021


Lic. Edison Marcelo Pacheco

C.C. 0502617350

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Hipótesis.....	4
1.4 Objetivos de la Investigación	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos Específicos.....	5
CAPÍTULO II.	6
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
2.1 Antecedentes	6
2.2 Fundamentación epistemológica.....	8
2.2.1 La libélula (<i>Anisóptera</i>)	8
2.2.1.1 Biología y ecología	9
2.2.2 Alimentación humana con insectos.....	10
2.2.3 Alimentación animal con insectos	10
2.2.4 Composición química y valor nutritivo de los insectos	10
2.2.5 Sistemas de producción de insectos	11
2.2.6 Impactos en el medio ambiente.....	12
2.2.7 Producción del cuy.....	12
2.2.7.3 Anatomía y Fisiología del cuy	16
2.2.7.4 Requerimientos nutricionales.....	17
CAPÍTULO III.....	21
MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1 Localización y duración de la investigación	21
3.1.1 Caracterización del lugar.....	22
3.2 Materiales y Equipos.....	22

3.3 Población y muestra	24
3.4 Procesamiento de muestras	24
3.4.1 Colecta de especímenes	24
3.4.2 Caracterización morfológica	25
3.4.3 Análisis bromatológico del insecto	26
3.4.3 Elaboración de la harina del insecto.....	28
3.4.4 Análisis bromatológico de la harina.....	30
3.4.5 Análisis granulométrico de la harina.....	31
3.4.6 Preparación del alimento balanceado.....	31
3.4.7 Inclusión y evaluación de la alternativa alimenticia	33
3.5. Análisis Estadístico	34
3.6. Análisis de Costos	35
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1 Colecta de especímenes.....	36
4.2 Caracterización morfológica	36
4.3 Análisis bromatológico del insecto	37
4.1.4 Elaboración de la harina del insecto.....	39
4.1.5 Análisis bromatológico de la harina.....	39
4.1.6 Análisis granulométrico de la harina.....	40
4.1.7 Preparación del alimento balanceado.....	41
4.1.8 Inclusión y evaluación de la alternativa alimenticia	42
4.1.9 Análisis Económico	49
4.1.10 Análisis Estadístico	50
CAPÍTULO V.....	52
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
5.1 CONCLUSIONES	52
5.2 RECOMENDACIONES	53
CAPÍTULO VI.	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenido de proteína por orden de insectos	11
Tabla 2. Tipos de crianza en cuyes	13
Tabla 3. Requerimientos nutricionales del cuy	18
Tabla 4. Condiciones meteorológicas del sitio experimental.	22
Tabla 5. Composición porcentual del alimento balanceado para cuy.....	32
Tabla 6. Caracterización física de la larva de libélula.	37
Tabla 7. Resultados bromatológicos de la larva Anisóptera en estado natural (adulto).....	37
Tabla 8. Resultados bromatológicos de la larva Anisóptera en estado juvenil.....	38
Tabla 9. Comparación bromatológica entre varias fuentes.....	39
Tabla 10. Resultados bromatológicos de la harina de larva Anisóptera.	40
Tabla 11. Resultados granulométricos de la harina de larva Anisóptera.	41
Tabla 13. Tabla resumen del pesaje de las unidades de estudio.	45
Tabla 12. Pesaje de las unidades de estudio.....	43
Tabla 15. Tabla resumen de la conversión alimenticia de las unidades de estudio.	48
Tabla 14. Conversión Alimenticia.	47
Tabla 16. Costos de elaboración de 30 kg de harina de larva.....	49
Tabla 17. Costos de elaboración de 96 kg de harina de larva	50
Tabla 18. Análisis de varianza ANOVA.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo de vida de la libélula	9
Figura 2 Ciclo de producción del cuy.	16
Figura 3 Colecta de especímenes.	24
Figura 4 Clasificación de especímenes recolectados.	25
Figura 5 Caracterización morfológica de la larva.	26
Figura 6 Tratamiento térmico de los especímenes.	29
Figura 7 Molienda del producto.	30
Figura 8 Preparación del alimento balanceado.	32
Figura 9 Pesaje de especímenes.	34
Figura 10 Resumen de rendimiento T1, T2 y T3.	45

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

Según la ONU (Organización de las Naciones Unidas), el incremento demográfico a nivel mundial presenta un crecimiento continuo y exponencial. De tal forma, que en la actualidad existen aproximadamente 7.730 millones de pobladores, para los cuales, la producción de alimentos nutritivos para el consumo de personas y animales también se ha convertido en una creciente necesidad; dicho enunciado hace indispensable la búsqueda de alternativas alimenticias para la población.

De esta forma, encontrar fuentes de alimento que sean tanto amigables con el medio ambiente como económicas y que estén enfocadas en personas y animales, se ha convertido en una preocupación constante para la humanidad. Sin embargo, existen fuentes poco abordadas, que pueden representar alternativas naturales y beneficiosas como fuente de proteínas, un claro ejemplo de estas son los **insectos**.

Es así que, debido a su alto valor nutritivo, los insectos representan una fuente de alimento potencial y **sostenible**. Una vez que se seleccionan las especies adecuadas y se desarrollan los métodos de cría apropiados, estos pueden proporcionar una fuente fiable y recalcando “**sostenible**” de proteína animal de elevada calidad (1).

Se han desarrollado diversos trabajos de investigación en cuanto al uso de insectos como fuentes proteicas alternativas en la cría de aves, pez gato, cerdos e inclusive en mascotas; los mismos que evidencian prometedores resultados para la formulación de dietas con la inclusión de harinas de insectos (2).

Cabe destacar que las principales fuentes de proteínas empleadas comúnmente en la dieta animal son la harina de soya y la harina de pescado. Las mismas que en gran parte de los casos son importadas y durante los últimos años han presentado

gran incremento en su costo debido a su alta demanda, lo que podría afectar su disponibilidad a futuro.

Por lo anterior, en el trabajo de investigación se abordó la caracterización nutricional de la larva de libélula *Anisóptera* (de la familia artrópoda, clase *insecta*, orden *odonata*) la cual, por su fácil acceso y su estimado valor nutritivo, representa una potencial alternativa alimenticia.

1.1 Justificación

Según la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura, para el año 2050 se espera que la población de la tierra alcance los 9.000 millones de habitantes (3). Con dicha visión en cuenta, es notable la importante labor de cubrir la demanda en el alimento requerido para la población, desafortunadamente, en la actualidad, el modelo alimentario se basa en el derroche de energía y desgaste del medio ambiente, al igual que la actual era industrial.

Por esto y en base a la gigantesca necesidad de la crianza de animales de consumo, la investigación tanto a nivel internacional como nacional ha enfocado sus esfuerzos para la búsqueda de fuentes alternativas de proteínas para la producción de alimentos balanceados, recordando para esto, que las mismas tienen que mantener la constancia en tres características principales, entre estas, que sean baratas, seguras y sustentables. Para esto, la más prometedora son los **insectos**.

Para esto el presente trabajo de investigación, basa su justificación en la importancia del estudio y evaluación de la larva *Anisóptera* como alternativa alimenticia. De esta manera, se pretende realizar la caracterización de la misma en cuanto a su ecología, nutrición, desarrollo y composición bromatológica, además de la posterior inclusión de la misma en la dieta del *Cavia Porcellus* comúnmente identificado como cuy o conejillo de indias.

Por otro lado, el proyecto es viable debido a que este establecerá el camino metodológico necesario para el estudio y caracterización nutricional de insectos como una alternativa proteica amigable con el medio ambiente; además de que esta

investigación presenta el diseño experimental necesario para la inclusión de dicha alternativa según los requerimientos de la especie en estudio.

Finalmente, es fundamental destacar que el presente trabajo de investigación es relevante, ya que la misma pretende también la vinculación con la comunidad (Parroquia San Buenaventura), abarcando el área de recolección de los especímenes en estudio y proporcionando de esta manera a los pobladores de la zona, la validez teórica necesaria para el inicio de nuevos emprendimientos.

1.2 Planteamiento del problema

Según la ONU y como ya fue expuesto anteriormente, el incremento de la población a nivel mundial es más que evidente, lo que se traduce en una subida exponencial en la demanda de alimentos; los campos de la ganadería, la piscicultura, entre otros, presentarían grandes dificultades y consecuencias a nivel ambiental (4).

La nutrición a nivel mundial se ha convertido en uno de los principales temas de preocupación, esto debido a que según el Programa Mundial de Alimentos alrededor del mundo existen alrededor de 795 millones de personas que no poseen los suficientes alimentos para llevar una vida sana y activa (5).

De esta manera, la demanda de alimentos es y será una preocupación constante en el panorama mundial. Sin embargo, en algunos sectores de Latinoamérica la falta de alimento, la desnutrición y el desconocimiento de la población no es un tema de estimaciones, sino más bien, es una realidad (6).

Es así que, en el Ecuador según la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) se evidencia un gran problema con niños con sobrepeso y sobre todo **malnutrición**, llegando a considerar que uno de cuatro niños sufre malnutrición crónica en el país.

Para esto y con el objetivo de disminuir los efectos de una mala alimentación nace la necesidad de buscar nuevas fuentes de alimentación. Adicionalmente se ha

evidenciado la disminución de las tasas de malnutrición en países en donde tradicionalmente se lleva a cabo la entomofagia (7).

En el Ecuador en varias provincias son notables las costumbres ancestrales y las diferentes culturas basadas en el consumo de insectos. Provincias como Napo y Cotopaxi mantienen la tradición del consumo del chontacuro o gusano de palma y de la larva de libélula (*Anisóptera*) en los meses entre octubre y diciembre; misma de la que se ha reportado poca o nula información en cuanto a su enfoque como alternativa alimentaria en humanos y animales (8).

Por lo ya expuesto, en la presente investigación se dará el seguimiento a la evaluación de la harina de larva como alternativa alimenticia, realizando para esto (en función de prueba) la correspondiente implementación en la dieta animal. Por lo que, el proyecto permitirá la difusión de las bondades nutricionales de esta larva como alternativa alimenticia.

1.3 Hipótesis

Planteamiento con negación:

El uso la harina de larva de libélula (*Anisóptera*) en la alimentación del *Cavia porcellus* no conlleva beneficios en comparación a las metodologías de alimentación comunes.

Planteamiento con afirmación:

El uso la harina de larva de libélula (*Anisóptera*) en la alimentación del *Cavia porcellus* conlleva beneficios en comparación a las metodologías de alimentación comunes.

1.4 Objetivos de la Investigación

1.4.1 Objetivo General

- Determinar el valor nutricional de la harina de la larva de libélula (*Anisóptera*) como alternativa alimentaria en dieta para cuyes (*Cavia porcellus*)

1.4.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar bromatológicamente la harina de la larva de libélula para determinar sus propiedades nutricionales.
- Evaluar los parámetros productivos (Ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento a la canal) para determinar las ventajas de utilizar la harina de larva de libélula en la alimentación del *Cavia porcellus*
- Analizar los costos de producción y su relación beneficio – costo.

CAPÍTULO II.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Antecedentes

Empleando como instrumento la recopilación bibliográfica y el estudio documental, fue factible la recolección de trabajos de investigación, artículos provenientes de revistas académicas, estudios de caso y demás documentos referentes al uso de harinas de insectos como alternativas alimenticias, además de información relacionada a la inserción de dichas alternativas en la dieta del *Cavia Porcellus*, dicha información, será empleada como base teórica y metodológica para el presente proyecto. Entre la información recopilada, es factible destacar los siguientes documentos:

En el trabajo de investigación desarrollado en la Universidad de Zaragoza, denominado “Uso de harinas de insectos en la alimentación de rumiantes: Valoración proteica y tratamiento con taninos”, se realizaron dos ensayos, el primero, valorando cuatro harinas provenientes de insectos por medio de tres diferentes metodologías; el segundo se basó en la evaluación del efecto del tratamiento de dichas harinas con un extracto comercial de taninos, comparándolo con el efecto en la torta de soja. Dicho trabajo de investigación, tiene como objetivo general, la evaluación proteica de las harinas en base a: gusanos de la harina, gusano rey, escarabajo de la cama y grillo doméstico. Las metodologías de análisis y las propuestas teóricas empleadas en este proyecto serán tomadas como bases para la presente investigación (9).

En el proyecto de grado desarrollado en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, denominado “Utilización de harina de insectos en el

distrito de Echarate en la alimentación de pollos-Echarate la convención-cusco”, se determinó la respuesta productiva (consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia) de la harina de insectos complementando a la proteína de la torta de soja, además del análisis cuantitativo de la retribución económica de las dietas con harina de insectos en función de complemento proteico. Dicho trabajo de investigación, presenta el modelo metodológico necesario para la evaluación de la inserción de la alternativa alimenticia según los requerimientos nutricionales de los especímenes en estudio. De igual manera la propuesta inicial y la metodología empleada en este proceso fueron tomadas como bases para el presente trabajo (10).

En el artículo de la Revista Colombiana de Entomología, denominado “Valor nutritivo de larvas y pupas de gusano de seda (*Bombyx mori*) (*Lepidoptera: Bombycidae*)”, se realiza la comparación de la calidad nutricional de larvas y pupas de gusano de seda, realizando para esto el análisis proximal de energía (kcal/kg), minerales (%), proteína (%) y digestibilidad *in vitro*. Determinando con esto que dichas especies pueden ser consideradas como un ingrediente rico en proteínas, grasas y minerales para la elaboración de raciones para humanos y animales. Dicha evaluación de calidad nutricional fue tomada como base metodológica para el presente proyecto (11).

En el trabajo de investigación desarrollado en la Universidad Central del Ecuador, denominado “Evaluación de 2 niveles de fibra y 2 niveles de proteína en la dieta sobre los parámetros zootécnicos en los cuyes”, se realizó la evaluación de los cambios en los parámetros zootécnicos de dicha especie al usar diferentes porcentajes de fibra y proteína incluidas en su alimento balanceado, además de la determinación de los cambios fisiológicos de los mismos mediante pruebas de digestibilidad. Dicho trabajo de investigación, presenta la estructura metodológica necesaria para el estudio comparativo del *Cavia Porcellus*, el mismo que fue tomado como bases para el presente proyecto (12).

Finalmente, en el trabajo de investigación desarrollado en la Universidad Técnica de Ambato, denominado “Utilización de amaranto (*Amarantus caudatus*) como fuente de proteína en raciones suplementarias para cuyes en etapa de

crecimiento”, se presenta la determinación del mejor nivel de inclusión de amaranto como fuente proteica en la dieta del *Cavia Porcellus*, además de la evaluación de costos de producción de las dietas alimenticias con la inclusión de amaranto. Dicho trabajo de investigación, presenta las bases metodológicas necesarias para el estudio de la inclusión de una alternativa proteica en la dieta de cuyes, por lo tanto, este trabajo de investigación regirá como referencia teórica para el presente proyecto (13).

2.2 Fundamentación epistemológica

Este apartado tiene como objetivo presentar una revisión teórica de los conceptos necesarios para el entendimiento holístico del presente trabajo de investigación, para lo cual, es necesario recalcar que dicha información fue obtenida por medio de un estudio bibliográfico de carácter riguroso.

2.2.1 La libélula (*Anisóptera*)

La libélula forma parte de los *anisópteros*, que pertenecen a uno de los dos infraórdenes clásicos del suborden *Epirocta*, conocidas también como caballito del diablo, alguacil, matapijos, folelé, entre otros; sin embargo, estos términos suelen ser confundidos en el amplio marco de los odonatos (orden de insectos compuesto por alrededor de 6000 especies) (14).

Para esto, la libélula es un paleóptero, es decir, un insecto que no puede plegar sus alas sobre el abdomen. Este se caracteriza por sus ojos grandes multifacetados, sus dos pares de fuertes alas transparentes y su alargado abdomen. Se alimenta de mosquitos y otros insectos pequeños, tales como polillas, mariposas, abejas, entre otros.

Su habitat natural se localiza en las cercanías de lagos, charcos, ríos y tierras pantanosas, ya que sus larvas son acuáticas (14).

2.2.1.1 Biología y ecología

El ciclo de vida de las libélulas, va desde su fase de huevo hasta su muerte al alcanzar la edad adulta, consta entre seis meses hasta seis o siete años. (Fig. 1). Para esto, los especímenes hembras ponen sus huevos en el agua o cerca de ella, dichos huevos eclosionan en larvas, las que durante su etapa de crecimiento se alimentan de larvas de mosquitos u otros microorganismos acuáticos.

De esta forma, la mayor parte de la vida de la larva se desarrolla en forma de ninfa en un entorno acuático, usando sus mandíbulas extensibles para capturar otros invertebrados o incluso vertebrados pequeños como peces y renacuajos. Para esto, las larvas de libélulas respiran por medio de branquias y se desplazan gracias a un impulso proveniente de expulsiones repentinas de agua a través del ano.

Los estadios (cada etapa en el desarrollo de un artrópodo) de las larvas de libélulas pueden llevar hasta de cinco años. Cuando esta está lista para convertirse en adulto, sube por una planta emergente e inicia su proceso de metamorfosis, transcurrido el tiempo necesario, la piel se abre por detrás de la cabeza y la libélula adulta se despoja de su piel de larva.

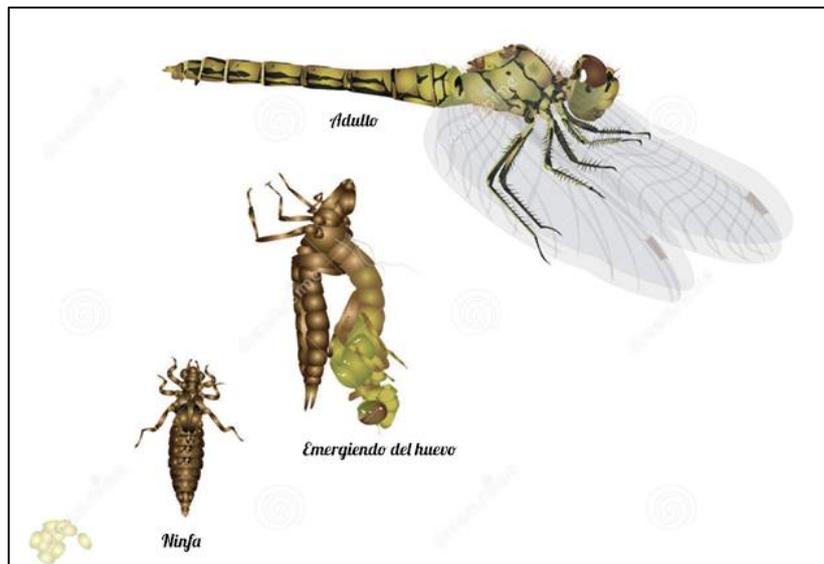


Figura 1 Ciclo de vida de la libélula
Fuente: (14)

2.2.2 Alimentación humana con insectos

Alrededor del mundo, miles de millones de insectos e incluso pequeños invertebrados son consumidos por la raza humana (Paoletti y bukkens, 1997). Entre estos se destacan, las abejas de Ceylan, hormigas mieleras en los Estados Unidos, grillos e insectos acuáticos en Tailandia, larvas de mariposa en Rhodesia, escarabajos en Egipto, langostas en Asia, entre muchos otros casos. A este consumo de insectos, se le denomina “entomofagia”.

De igual manera, en Ecuador, existe una gran herencia cultural sobre el consumo de insectos por una variedad de culturas indígenas; de esta forma, las larvas de *Rhynchophorus palmarum* o chontacuro, es comercializado y consumido en varias provincias de la Amazonía. Al igual que este, muchos otros casos en los que se evidencia hasta la actualidad la entomofagia en cada zona del país (15).

2.2.3 Alimentación animal con insectos

Por otro lado, el consumo de insectos en animales es una práctica cada vez más común, esto debido al gran valor nutricional que estos pueden aportar a los mismos de una forma más económica y sustentable. Es así, que en las grandes industrias avícolas a nivel mundial hoy en día es común el uso de saltamontes, grillos, cucarachas, termitas, abejas, hormigas, entre otros insectos como complementos proteicos para las aves de corral (16).

2.2.4 Composición química y valor nutritivo de los insectos

Los insectos comprenden una gran fuente de nutrientes en general, esto ya que los mismos pueden tener entre 20 y 70 % de proteína bruta, 20 y 60% de aminoácidos y 10 a 50% de grasa (3). Concretamente, especies como el saltamontes *Acrida cinérea* en cuestión de materia seca puede estar constituido hasta del 65,4% de proteína, el 8,3% de grasa, 8,7% de quitina y un 3,5% de ceniza (17).

De esta forma, un sin número de órdenes de insectos han sido estudiadas a través del tiempo, validando a los mismos como fuentes proteicas y potenciales

alternativas alimenticias. A continuación, se presenta el contenido de proteína cruda clasificado por orden de insectos (Tabla 1).

En la cual, se valida de forma teórica el presente trabajo de investigación situando al orden de las odonatas (orden del cual forman parte las libélulas) con el mejor rango de proteínas en su fase de ninfa y adulta.

Tabla 1. Contenido de proteína por orden de insectos

Orden de insecto	Etapas	Rango de proteína %
Odonata	Ninfa y adulto	46-65
Homóptera	Huevo, larva y adulto	45-57
Hemíptera	Larva y adulto	42-74
Coleóptera	Larva y adulto	23-66
Ortóptera	Ninfa y adulto	23-65
Lepidóptera	Larva y pupa	14-68
Himenóptera	Huevo, larva, pupa y adulto	13-77

Fuente: (18).

2.2.5 Sistemas de producción de insectos

En la actualidad, es posible evidenciar grandes empresas consolidadas en función del uso de insectos a gran escala como ingrediente proteico en sus elaboraciones, demostrando la viabilidad técnica del uso de los mismos como alternativas alimenticias (6).

Para esto, los insectos comúnmente empleados 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 los Estados Unidos, China, Sudamérica, España, entre otros, ya han desarrollado grandes sistemas de crianza de estos insectos para su uso en la agricultura y principalmente su inclusión en la dieta de aves de corral.

Es importante destacar, dichos insectos tienen la capacidad de alimentarse de residuos biológicos, compost y purines, y transformarlos en proteínas de alta calidad (6).

2.2.6 Impactos en el medio ambiente

Los insectos pueden formar parte de una alternativa sostenible y por lo tanto respetuosa con el medio ambiente para la alimentación animal. Esto en base a la elevada población de insectos alrededor de mundo, su rápida reproducción y sus elevadas tasas de crecimiento y conversión de piensos, además de la notable relación en el impacto ambiental producido durante todo su ciclo de vida a diferencia de las industrias cárnicas de todo tipo.

2.2.7 Producción del cuy

El Cuy (*Cavia procellus*), es una especie originaria de las regiones andinas del Perú, Colombia, Ecuador y Bolivia, zonas en las cuales, este representa un producto alimenticio nativo, el mismo que tiene bajos costos de producción, pero a su vez elevado valor nutritivo. Por otro lado, su crianza técnica representa una excelente alternativa de negocio con elevados ingresos, esto debido a que este es una especie precoz, prolífica, de ciclos reproductivos cortos y sobre todo de fácil manejo (19).

Sistemas de Producción

A continuación, se presentan los tres diferentes niveles de producción del cuy, clasificados en función de la unidad productiva.

Tabla 2. Tipos de crianza en cuyes

Tipo de Crianza	Características
Crianza familiar	<p>Es el sistema más empleado y es realizado comúnmente bajo las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Baja ganancia de peso (3,20g/animal/día). • Predominante población de cuyes criollos o nativos. • Bajos de niveles de reproducción. • Manejo zootécnico pobre. • Alimentación basada en residuos de cocina, cosechas y pastos varios. • Enfocados en su mayoría para autoconsumo.
Crianza familiar - comercial	<p>Este tipo de crianza es mayormente más técnico, partiendo desde una adecuada infraestructura adeuda a las necesidades de producción. Entre sus principales características se tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mayor ganancia de peso (5,06 gr/animal/día). • Uso de mano de obra calificada. • Poblaciones máximas de 500 especímenes. • Se evidencian programas de control sanitario. • Presentan un manejo de acuerdo a la clase, sexo y edad de los especímenes. • Uso de instalaciones especialidades para la producción.
Crianza familiar - comercial	<p>Esta actividad está orientada exclusivamente al mercado, por lo cual, busca la optimización del proceso productivo para la reducción de costos y la optimización de ganancias. Entre sus principales características se destacan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Predominan poblaciones de líneas de carne selectas. • Se alcanza mayor ganancia de peso (10gr/animal/día). • Se emplea estructura especializada • Se emplea alimento balanceado

- Es factible la producción de especímenes vivos de 900gr entre 9 a 10 semanas.
-

Fuente: (12).

Manejo reproductivo

Debido a él gran número de descendientes que se puede alcanzar con una pareja de esta especie y a la capacidad para multiplicarse que la caracteriza, es necesario establecer un programa de reproducción, el cual no representa a la clasificación y selección de especímenes según su sexo, edad, tamaño y peso. Entre las etapas que conforma dicho programa se tiene (19):

Pubertad

Los cuyes se caracterizan por alcanzar su madurez sexual cuando son muy jóvenes. De esta forma, las hembras llegan a esta etapa entre sus 25 a 30 días de edad y los machos entre los 50 y 70 días.

Empadre

Esta etapa consiste en la junta de las hembras con el macho reproductor, comúnmente llevada a cabo en pozas de empadre, juntando a un macho con entre 10 a 12 hembras. Las características ideales de los reproductores son:

- Peso de hembras 800g.
- Peso de machos 1000g.
- Sin defectos físicos ni atrofas genitales.
- Conformación corporal ancha y larga.
- Pelo llano y lacio (factor dependiente de la raza).

Gestación y preñez

Esta etapa representa la formación de los embriones en el vientre de la hembra y consta en promedio de 67 días y varía según el tamaño de la camada.

Lactancia y destete

A las tres horas de nacidos los cuyes son capaces de alimentarse por sí mismos, sin embargo, es fundamental para las crías el consumo de leche materna, ya que la misma es muy nutritiva y proveerá los anticuerpos que estas necesitan para y resistir las posibles enfermedades. Esta etapa consta de 21 días, luego de este periodo las crías de cuy son trasladadas a otras pozas para su crecimiento y engorde.

Recría I

Esta etapa está compuesta entre las crías destetadas hasta su cuarta semana de edad, iniciando el periodo de sexaje anterior a la etapa de engorde. Para esto los especímenes deben recibir una alimentación con porcentajes altos de proteína (alrededor de un 17%).

Recría II

Esta etapa parte del sexaje de los especímenes hasta su edad de comercialización, la cual está entre la novena o decima semana de edad. En esta, es fundamental la implementación de dietas con elevada energía y baja en proteínas (14%).

A continuación, se presenta lo antes descrito en forma gráfica para su mejor entendimiento (Figura 2).

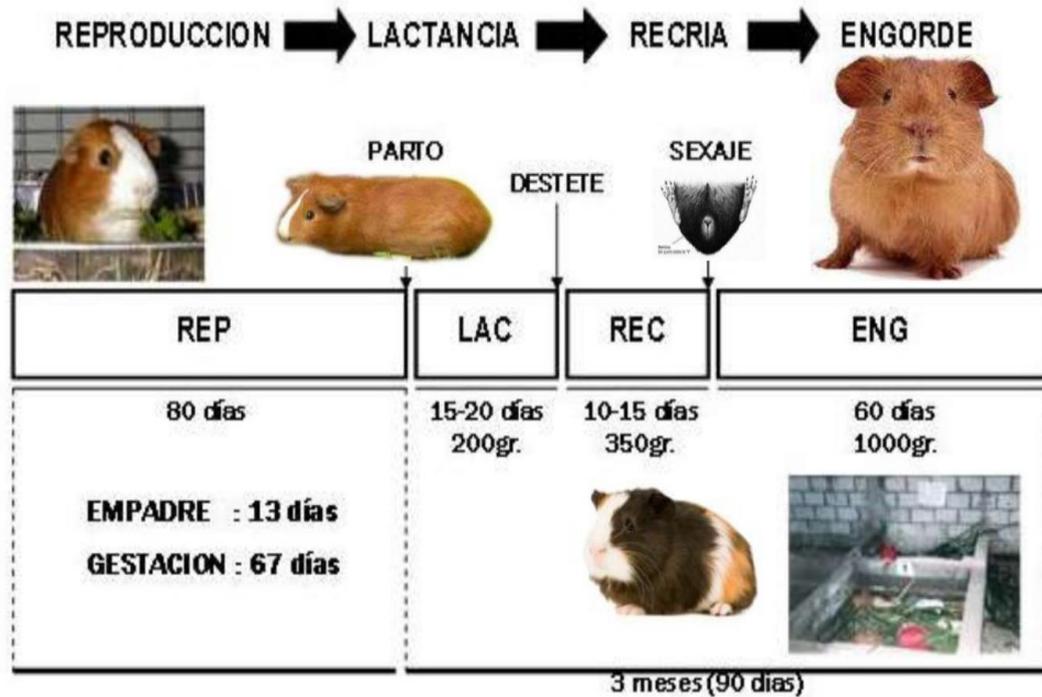


Figura 2 Ciclo de producción del cuy.

Fuente: (19).

2.2.7.3 Anatomía y Fisiología del cuy

Según la (6), el cuy es una especie herbívora monogástrica, la cual tiene un estómago en donde tiene lugar su digestión enzimática y un ciego funcional en donde se lleva a cabo la fermentación bacteriana, el ciego es un órgano grande del cuy que constituye cerca del 15% de su peso total. Esta especie realiza la cecotrofia para la reutilización de nitrógeno, lo que posibilita un buen comportamiento productivo empleando raciones con niveles medios – bajos de proteína.

De esta manera, el cuy está clasificado según sus características gastrointestinales como “fermentador post - gástrico”, esto debido a los microorganismos que posee a nivel del ciego. Para esto, el movimiento de la ingesta por medio del estómago e intestino delgado es rápido, además, se conoce que la celulosa en la dieta del cuy retarda los movimientos del contenido intestinal, permitiendo una mejor eficiencia en la absorción de nutrientes (12).

2.2.7.4 Requerimientos nutricionales

De igual manera que en otras especies, los requerimientos fundamentales del cuy son:

- El agua.
- Proteína (aminoácidos).
- Fibra.
- Energía.
- Ácidos grasos esenciales.
- Minerales.
- Vitaminas.

Cabe destacar que dichos requerimientos dependen de la edad, genotipo, ambiente de crianza y estado fisiológico. A continuación, se especifican las necesidades anteriormente mencionadas:

Proteína

El cuy se caracteriza por su facilidad de digestión de la proteína proveniente de los alimentos energéticos y proteicos a diferencia de los fibrosos. Según Maldonado & Mejía (2014), el cuy responde bien a las raciones que poseen entre 14 a 20% de proteína; porcentaje en los cuales se han evidenciado buenos incrementos de peso. De esta forma, para condiciones prácticas, los requerimientos de proteína total correspondientes a las etapas de reproducción, crecimiento y engorde son respectivamente:

- 14 a 16%.
- 16 a 18%.
- 16%.

A continuación, se presenta el cuadro de requerimientos nutricional del cuy (Tabla 3)

Tabla 3. Requerimientos nutricionales del cuy

Nutrientes	Concentración en la Dieta
Proteína, %	18
Energía Digestible, kcal/kg.	3000
Fibra, %	10
Ácido graso insaturado, %	<1,0
Aminoácidos	
Arginina, %	1,2
Histidina, %	0,35
Isoleucina, %	0,6
Leucina, %	1,08
Lisina, %	0,84
Metionina, %	0,6
Fenilalanina, %	1,08
Treonina, %	0,6
Triptófano, %	0,18
Valina, %	0,84
Minerales	
Calcio, %	0,8-1,0
Fósforo, %	0,4-0,7
Magnesio, %	0,1-0,3
Potasio, %	0,5-1,4
Zinc, mg/kg	20
Manganeso, mg/kg	40
Cobre, mg/kg	6
Fierro, mg/kg	50
Yodo, mg/kg	1
Selenio, mg/kg	0,1
Cromo, mg/kg	0,6

Vitaminas

Vitamina A, UI/kg	1000
Vitamina D, UI/kg	7
Vitamina E, UI/kg	50
Vitamina K, UI/kg	5
Vitamina C, UI/kg	200
Tiamina, mg/kg	2
Riboflavina, mg/kg	3
Niacina, mg/kg	10
Piridoxina, mg/kg	3
Ácido Pantoténico, mg/kg	20
Biotina, mg/kg	0,3
Ácido Fólico, mg/kg	4
Vitamina B12, mg/kg	10
Colina g/kg	1

Fuente: (12).

Fibra

Según (19), los porcentajes de fibra de concentrados empleados para el alimento de cuyes van desde el 10 hasta el 18%. El aporte de fibra esta dado básicamente por el consumo de los forrajes, los cuales son la principal fuente alimenticia de esta especie. Cabe destacar que el suministro de fibra de un alimento balanceado pierde importancia cuando los animales consumen un alimento mixto, sin embargo, las raciones balanceadas recomendadas para cuyes no deben estar compuestas de menos de un 18% de fibra.

Energía

Compuestos bioquímicos como carbohidratos, lípidos y proteínas son los responsables de proveer energía al animal. Lo más comunes son los carbohidratos contenidos en los alimentos de origen vegetal. Para esto, el consumo en exceso de energía no representa mayores problemas, excepto por una exagerada deposición

de grasa, lo que puede acarrear en problemas en el desempeño reproductivo (19). Es así que el valor sugerido de energía es de 3000 kcal/kg, valor para el cual, se evidencio una mejor respuesta en ganancia de peso y eficiencia alimenticia.

Grasa

El cuy presenta gran necesidad de grasa y/o ácidos grasos no saturados en su alimentación, esto debido a que la carencia de estos produciría un retardo en su crecimiento, además de problemas como: dermatitis, úlceras en la piel, caída de pelo y pobre crecimiento del mismo.

Dichas sintomatologías son susceptibles de corregirse incrementando los niveles de grasa en la alimentación de esta especie. Para esto, se delimita que un 3% de grasa es suficiente para mantener un buen crecimiento, así como para prevenir los problemas antes mencionados (19).

Agua

Este factor de necesidad está directamente relacionado al tipo de alimentación que reciben los cuyes. Es decir, si se les suministra un forraje en grandes cantidades (>200g), la necesidad de agua es suplida con la humedad proveniente del forraje. Por otro lado, si el forraje es restringido a 30g por animal, se requerirá 85 ml de agua, siendo su requerimiento diario de 105ml/kg de peso vivo. De esta forma los cuyes de recría requieren entre 50 y 100 ml de agua por día; factor que puede variar según la temperatura ambiental.

Minerales

Estos requerimientos se refieren a elementos minerales tales como el calcio, potasio, sodio, magnesio, fósforo y cloro, los cuales, son de alta importancia para el cuy, sin embargo, sus requerimientos cuantitativos no han sido determinados (19).

CAPÍTULO III.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo basado en la comparación entre 2 alimentos comúnmente empleados en la alimentación del cuy (*Cavia Porcellus*) versus un alimento balanceado elaborado en el presente trabajo en base a la harina de larva de libélula. La modalidad empleada fue la de campo, manteniendo para esto el uso de una investigación teórica - experimental, evaluando con esto la validez del uso de este insecto como alternativa proteica en la alimentación del cuy.

3.1 Localización y duración de la investigación

El trabajo de investigación fue realizado en el Centro Experimental Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el “Área de proyecto de cuyes”, cuya locación está en la ciudad de Latacunga, perteneciente a la provincia de Cotopaxi, Ecuador a 0° 46’ de latitud Sur y 78° 38’ de longitud oeste a una altitud de 3008msnm. El desarrollo del diseño experimental tuvo una duración de 140 días, distribuidos en 20 días dedicados a la recolección, caracterización y preparación de la harina de la larva de libélula (*Anisóptera*), 12 días para la adecuación de las pozas, 90 días de crecimiento y engorde de los especímenes y 18 días para el análisis y evaluación de los resultados obtenidos.

3.1.1 Caracterización del lugar

Tabla 4. Condiciones meteorológicas del sitio experimental.

Clima	Vientos de 1,86m/s; predomina la dirección Sur-suroeste.
Temperatura anual promedio	12,08 °C
Humedad relativa anual	66,22%
Precipitación pluvial anual	125cc

3.2 Materiales y Equipos

A continuación, se exponen los materiales y equipos utilizados para las etapas correspondientes al procesamiento de muestras estudiadas en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

3.2.1 Colecta de especímenes

- Botas
- Chompa de aguas
- Red de mano de 50 cm de diámetro.
- Frascos de vidrio de 1000 ml.
- Balde de plástico de 15 Litros, con agua del medio para la colecta de especímenes.
- Alcohol de 70

3.2.2 Caracterización morfológica

- Calibrador Vernier de acero.
- Balanza analítica de 0,0001g de precisión.
- Papel aluminio.

3.2.3 Análisis bromatológico del insecto

- NA.

3.2.4 Elaboración de la harina del insecto

- Horno o mufla con ventilación.
- Prensa mecánica.
- Molino de mano.
- Envases plásticos de 1000ml de capacidad.

3.2.5 Análisis bromatológico de la harina

- NA.

3.2.6 Análisis granulométrico

- NA.

3.2.7 Preparación del alimento balanceado

- Balanza de laboratorio de 0,01 g de precisión.
- Procesador de alimentos industrial.

3.2.7 Inclusión y evaluación de la alternativa alimenticia

- Malla inmovilizadora.
- Balanza de laboratorio de 0,01 g de precisión.
- Bandejas de suministro de agua.
- Bandejas para el alimento seco.
- Material para cama (viruta).
- Recipientes de recolección.
- 6 pozas de cemento de 0.50x0.50x0.40m.

3.3 Población y muestra

Para el desarrollo del presente trabajo se emplearon como unidad experimental 24 cuyes machos mestizos destetados de 15 días de edad, en los cuales se reporta un peso inicial promedio de 291g (Figura 3). Dichos especímenes representan la población y muestra de estudio para el presente trabajo.

3.4 Procesamiento de muestras.

Este proceso está dado de acuerdo a la actividad que se dió desde el inicio del proyecto

3.4.1 Colecta de especímenes

En primer lugar, se llevó a cabo la recolección de larvas de libélula *anisóptera* en aguas subterráneas localizadas en el pantano ubicado en la parte sur, sector Santa Marianita, de la parroquia de San Buenaventura entre las 11 am y 14 pm, horario cuando se observó la mayor actividad de las especies. Para lo cual, se empleó una red de mano, la misma que fue sumergida en el sustrato y fue empleada para golpear la vegetación acuática (20), desprendiendo de esta manera a los organismos y facilitando su captura (Figura 3); una vez fuera del agua, las larvas fueron clasificadas según su tamaño y depositados en los recipientes plásticos o de vidrio, según su empleo.(Figura 4).



Figura 3 Colecta de especímenes.



Figura 4 Clasificación de especímenes recolectados.

Posterior a su recolección y clasificación, se procedió a la preservación de los especímenes; procedimiento que consiste en mantener a los ejemplares colectados en las mejores condiciones posibles para su estudio (20). Se realizó una preservación en agua y bajo refrigeración manteniéndolos vivos para su posterior procesamiento, y en alcohol etílico a pocos especímenes que iban a ser estudiados morfológicamente, de esta manera, los ejemplares fueron colocados en frascos de vidrio de diferentes capacidades. Cabe destacar que las muestras fueron refrigeradas a la brevedad posible, para evitar la desnaturalización de las proteínas contenidas en los organismos.

3.4.2 Caracterización morfológica

En vista de establecer los factores físicos de las larvas de libélula; parámetros con los que posteriormente se realizaron las consideraciones necesarias para el análisis económico de la presente propuesta, se procedió a seleccionar una muestra de 15 especímenes por etapa (huevo, ninfa, larva joven, larva adulta), los mismos que fueron examinados en cuanto a su largo, ancho y peso.

Para la determinación del ancho y largo de los especímenes fue empleado un Calibrador Vernier de acero (Figura 5), colocando a las larvas en una superficie plana y recopilando los datos dimensionales obtenidos. Por otro lado, para el pesaje de los organismos se empleó una balanza analítica de 0.0001 g de precisión, los

especímenes fueron colocados en papel aluminio previamente tarado en la balanza y de igual manera se procedió a la recolección de datos.



Figura 5 Caracterización morfológica de la larva.

3.4.3 Análisis bromatológico del insecto

Esta etapa constó del estudio bromatológico de los especímenes en su etapa de larva joven y adulta. El laboratorio seleccionado fue SETLAB (Servicios de transferencia tecnológica y Laboratorios Agropecuarios), el mismo que llevó a cabo el estudio de los siguientes parámetros:

a.- **Humedad total**, este parámetro fue estudiado mediante el método gravimétrico indirecto por desecación (21). Dicho método consta del calentamiento de la muestra en una estufa con circulación forzada de aire a 103°C y a presión atmosférica, en la cual se pretende, retirar el agua de la muestra por evaporación registrando los pesos de la misma hasta que no presente mayor variación en su peso, medido en una balanza analítica de sensibilidad 0.1 mg. Finalmente, se divide el peso de agua registrado en la muestra sobre el peso de la muestra húmeda por cien, obteniendo con esto el porcentaje de humedad correspondiente.

b.- **Materia Seca**, en vista de que la materia seca es lo que queda cuando el agua (humedad) es eliminada de la muestra (22), esta fue obtenida registrando el peso final de la los especímenes tras su calentamiento en la estufa, además de ser verificada restando el porcentaje de humedad por el 100%.

c.- **Proteína**, el porcentaje de proteína de las muestras fue determinado por el método de Kjeldahl, el cual se basa en la destrucción de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado, para formar sulfato de amonio que en presencia de un exceso de hidróxido de sodio libera amoníaco, el mismo que se destila recibiendo en: Ácido sulfúrico y Ácido bórico, los mismos que posteriormente son caracterizados y sus equivalentes se interpretan como la cantidad de nitrógeno por la que la muestra está conformada (23). Para esto, cabe recalcar que toda proteína contiene un grupo amino, el que a su vez contiene nitrógeno, por lo tanto, se establece una relación directa en el estudio.

d.- **Fibra**, este parámetro fue determinado mediante un análisis químico gravimétrico, se basa en el tratamiento secuencial con ácidos y álcalis en condiciones previamente delimitadas. Cabe destacar que con este método se subvalora el contenido de FDT (Fibra dietética total) ya que el mismo pretende la disolución de toda la fibra soluble (24).

e.- **Grasa**, este parámetro es delimitado según el método de Goldfish, el cual tiene como propósito determinar la cantidad de grasas y/o aceites en una muestra. Este se basa en una extracción continua con un solvente orgánico, el mismo que es calentado y volatilizado para su posterior condensamiento sobre la muestra (25).

Para esto, el disolvente gotea continuamente por medio de muestra arrancando la grasa, la misma que es cuantificada por la diferencia de peso entre la muestra o la grasa retirada.

f.- **Ceniza**, este parámetro es delimitado por el método de cenizas totales. En este método toda la materia orgánica se oxida en ausencia de flama a una temperatura aproximada de 600°C, el material inorgánico no volatilizado se transforma en ceniza (26), la misma que es posteriormente relacionada con la materia orgánica.

g.- **Materia Orgánica**, este parámetro se encuentra directamente relacionado con el porcentaje de ceniza, ya que una vez se obtiene la cantidad de cenizas de las muestras en estudio, se asume que el peso restante estaba compuesto por materia orgánica. Es decir, la suma de la materia orgánica y la ceniza completan un 100%.

h.- **Calcio y fósforo**, la determinación de estos parámetros es llevada a cabo una acción colorimétrica reactiva, la misma que se basa en que, al entrar en contacto la muestra previamente digerida con cierto reactivo químico estandarizado, la solución toma ciertas características ópticas, mismas que son determinadas por espectrofotometría. Obteniendo de esta manera la composición porcentual de estos elementos.

3.4.3 Elaboración de la harina del insecto

Una vez obtenidos y caracterizados los especímenes de larva de libélula se procedió a la elaboración de la harina, para lo cual, se emplearon las siguientes etapas:

a.- **Cocinado**, Con la finalidad de parar la actividad microbiológica y enzimática (ambas causantes de la descomposición de la materia orgánica), los especímenes se someten a un proceso térmico (Figura 6) el mismo que coagula las proteínas en fase sólida y permite la separación del aceite y los residuos viscosos líquidos.



Figura 6 Tratamiento térmico de los especímenes.

b.- Prensado, Una vez realizado la etapa de cocinado, la materia obtenida se somete a un proceso de presentado mecánico, se separó la fase líquida de la sólida, obteniendo así una fase líquida y una torta de prensa sólida.

c.- Secado, La torta de prensa fue secada en una mufla hasta alcanzar una humedad menor al 10%, bajo la cual se puede considerar la ausencia de actividad microbiológica. Cabe destacar que este proceso, no excedió los 90°C para no deteriorar los valores nutricionales del producto final.

d.- Enfriamiento, El producto fue enfriado previamente a su envasado, con el fin de evitar la absorción de humedad y por lo tanto su oxidación.

e.- Molienda, El producto pasó por un proceso de molienda (Figura 7), el mismo que facilita la incorporación homogénea a los alimentos.



Figura 7 Molienda del producto.

f.- Envasado, Finalmente, el producto se almacenó en recipientes que aseguren su duración y faciliten su uso.

3.4.4 Análisis bromatológico de la harina

Esta etapa constó del estudio bromatológico de la harina de larva preparada en el presente trabajo de investigación. Para lo cual (de igual manera), el laboratorio seleccionado fue SETLAB (Servicios de transferencia tecnológica y Laboratorios Agropecuarios), el mismo que llevó a cabo el estudio de los siguientes parámetros:

- Contenido de humedad.
- Materia seca.
- Proteína.
- Fibra.
- Grasas.
- Cenizas.
- Materia orgánica.
- Calcio y Fosforo.

Empleando para ello, los métodos previamente descritos en el apartado 3.3.2.

3.4.5 Análisis granulométrico de la harina

En vista de que la granulometría en la elaboración de alimentos balanceados está directamente relacionada con la digestibilidad del alimento (27), se procedió al envío de la muestra para su estudio granulométrico, además de con esto, obtener el tamaño de partícula promedio de la harina elaborada en el presente trabajo de investigación.

Para esto, el laboratorio seleccionado fue de igual manera SETLAB (Servicios de transferencia tecnológica y Laboratorios Agropecuarios).

3.4.6 Preparación del alimento balanceado

Para la preparación del alimento balanceado en base a la harina previamente estudiada, fueron consideradas principalmente las necesidades proteicas establecidas en el marco teórico del presente trabajo de investigación, en donde se incluye la especificación de este requerimiento según su etapa de crecimiento. Es decir, se pretendió que la mezcla final contenga entre 16 y 18 % de proteínas, tal y como lo contiene el alimento balanceado comercial, lo que facilitó su futura comparación.

Para esto, el cálculo de la cantidad y el porcentaje de la composición del alimento fue realizado considerando 56 kilogramos como base para la alimentación de 8 especímenes machos. Se realizó el siguiente cálculo en cuanto a la concentración proteica:

$$Cp1 \times m1 = Cp2 \times m2$$

$$50.82\% \times m1 = 17\% \times 56kg$$

$$m1 = 18.73kg$$

En donde, Cp1 es la concentración proteica de la harina de larva; m1 es la masa requerida de la misma para mantener la concentración Cp2 del 17% de proteínas en un total de 56 kilogramos, lo que representa que la cantidad porcentual ideal de la

harina es del 33,45%. Por otro lado, y con el objetivo de mantener la cantidad de energía digestible (ED) de acuerdo a las necesidades del cuy (3000 – 3250 kcal/kg), los ingredientes restantes fueron tomados de la formulación del Alimento Genérico (reemplazando la torta de soya por la harina de larva), entre los cuales se encuentran: arroz de cebada, avena, sal yodada, vitaminas, carbonato, conservantes y melaza, los mismos que fueron tratados en un procesador de alimentos industrial (Figura 8), bajo las proporciones presentadas en la Tabla 5.



Figura 8 Preparación del alimento balanceado.

Tabla 5. Composición porcentual del alimento balanceado para cuy.

Ingrediente	Porcentaje de composición %
Arroz de cebada	49,79
Avena	10,94
Harina de larva	33,45
Sal yodada	0,53
Vitaminas	0,26
Carbonato	2,11
Conservante	0,93
Melaza	1,99
Total:	100,00%

3.4.7 Inclusión y evaluación de la alternativa alimenticia

Para la evaluación de la alternativa alimenticia se planteó un modelo comparativo, en el que se determinó cual es el alimento que potencie el peso del animal (*Cavia porcellus*), el consumo de alimento, la conversión alimenticia y disminuya la mortalidad en los especímenes de estudio.

Para esto, dicha comparativa fue realizada alimentando 8 de los especímenes solamente con alfalfa, 8 con un alimento balanceado habitualmente comercializado (al cual denominaremos como A.B. Genérico) y los últimos 8 especímenes con el alimento balanceado preparado en el presente trabajo de investigación.

Entre los datos a recolectar para la evaluación alimenticia se tiene:

a.- Peso del animal

El pesaje de los 8 especímenes se lo realizó en los siguientes periodos:

- Peso inicial a los 15 días.
- Peso a los 45 días.
- Peso a los 60 días.
- Peso final a los 75 días.

Para esto y con el objetivo de evitar el movimiento constante de los especímenes y por lo tanto la variación en el peso, se empleó una malla inmovilizadora como se muestra en la Figura 9.



Figura 9 Pesaje de Especímenes.

b.- Consumo de alimento

En este parámetro se cuantificó la cantidad de balanceado sobrante a diario, lo que permitirá determinar la aceptabilidad del mismo con los especímenes.

c.- Conversión alimenticia

En esta etapa se pretendió determinar la conversión alimenticia obtenida en los periodos de tiempo establecidos; el alimento consumido fue dividido por la ganancia de peso.

d.- Mortalidad

Este parámetro pretendió la cuantificación de especímenes muertos, para descartar cualquier riesgo en la implementación de la alternativa alimenticia.

3.5. Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico del presente trabajo se emplearon los siguientes tratamientos:

El tratamiento experimental T1: se alimenta a 8 de los especímenes únicamente con alfalfa.

El tratamiento experimental T2: se alimenta a 8 de los especímenes con alimento balanceado genérico A.B. en un 70% más un 30% de alfalfa.

El tratamiento experimental T3: se alimenta a 8 de los especímenes con el alimento balanceado en base a harina de larva de libélula como fuente proteica en un 70% más un 30% de alfalfa.

Cabe destacar que estos tratamientos constan de dos repeticiones, es decir fueron evaluados en grupos de cuatro especímenes machos, los mismos que fueron colocados en diferentes pozas.

Para lo cual, en función de validar la alternativa alimenticia propuesta en el presente trabajo de investigación, la información referente al peso de los especímenes en sus tres grupos de estudio fue analizada mediante un análisis de varianza ANOVA de un factor para muestras independientes, mediante la cual se buscó delimitar si existe una diferencia significativa entre el uso del alimento balanceado preparado como parte del proyecto versus dos alternativas alimenticias comunes.

3.6. Análisis de Costos

En función de cuantificar los costos relacionados a la elaboración de la alternativa alimenticia propuesta en el presente trabajo de investigación, se procedió a calcular el costo por kilogramo de harina de insecto en función de los siguientes parámetros:

- Energía, considerando un costo de 0.09 dólares por kWh.
- Materiales de recolección, considerando insumos no recuperables en el proceso.
- Materiales de procesamiento, considerando todos los insumos empleados para la preparación del alimento balanceado.
- Mano de obra., considerando un costo de 3,53 dólares por hora de trabajo según está estipulado para Ecuador.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para los procesos planteados en el Capítulo III del presente trabajo de investigación y su correspondiente discusión.

4.1 Colecta de especímenes

Se recolectaron un total de 71 kilogramos de biomasa de larva de libélula, evidenciando que un 5% de los especímenes recolectados se encuentran en etapa de huevo, 20% en ninfa, 55% en larva joven y 20% en larva adulta. Identificando a la larva joven como la etapa predominante en el sustrato, misma, que prevalecerá en la composición química de la harina preparada en el presente trabajo de investigación.

4.2 Caracterización morfológica

A continuación, se presentan los resultados promedios obtenidos para la caracterización física de la larva de libélula, para la que fueron considerados un total de 60 especímenes previamente clasificados en las etapas de huevo, ninfa, larva joven, y larva adulta (Tabla 6).

Tabla 6. Caracterización física de la larva de libélula.

Etapa	Peso (g)	Ancho (mm)	Largo (mm)
Huevo	0.02 – 0.03	1 - 2	2 - 4
Ninfa	0.2 – 0.4	2 – 3	12 - 15
Larva	0.4 – 0.5	3 – 5	15 - 23
Joven			
Larva	0.6 – 0.9	5 - 8	23 - 35
Adulta			

De esta manera y según los rangos de peso obtenidos por los especímenes, se destacan a las etapas de larva joven y adulta como idóneas para la elaboración de la harina del insecto como propuesta de alternativa alimenticia.

4.3 Análisis bromatológico del insecto

Una vez identificados los especímenes predominantes en cuanto a cantidad y peso (larvas jóvenes y adultas), estos fueron causa de estudio bromatológico. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cuanto a la composición de la larva en estado adulto y joven respectivamente (Tabla 7 y 8).

Tabla 7. Resultados bromatológicos de la larva Anisóptera en estado natural (adulto).

PARAMETROS	RESULTADO (%)	METODO-NORMA
HUMEDAD TOTAL %	55.45	AOAC - Gravimétrico
MATERIA SECA %	44.55	AOAC - Gravimétrico
PROTEÍNA %	37.17	AOAC - Kjeldahl
FIBRA %	N-D	AOAC - Gravimétrico
GRASAS %	7,23	AOAC - Goldfish
CENIZAS %	3,10	AOAC - Gravimétrico
MATERIA ORGÁNICA %	96,90	AOAC - Gravimétrico
CALCIO %	0,73	AOAC - Colorimétrico

Nota: Análisis de laboratorio presentado en el ANEXO I del presente documento.

Tabla 8. Resultados bromatológicos de la larva *Anisóptera* en estado juvenil.

PARAMETROS	RESULTADO (%)	METODO-NORMA
HUMEDAD TOTAL %	7,39	AOAC - Gravimétrico
MATERIA SECA %	92,61	AOAC - Gravimétrico
PROTEÍNA %	50,82	AOAC - Kjeldahl
FIBRA %	N-D	AOAC - Gravimétrico
GRASAS %	8,07	AOAC - Goldfish
CENIZAS %	4,95	AOAC - Gravimétrico
MATERIA ORGÁNICA %	95,05	AOAC - Gravimétrico
CALCIO %	0,93	AOAC - Colorimétrico
FOSFORO, %	0,45	AOAC/Espectrofotométrico

Nota: Análisis de laboratorio presentado en el ANEXO I del presente documento.

Es así que, se evidenció que el rango de proteína contenida en la larva de libélula y por lo tanto el rango esperado en la harina del insecto fue de entre 37,17 a 50,82%, superando con creces al porcentaje proteico necesario para la correcta nutrición del *Cavia porcellus* (especie objetivo de estudio). Lo que demuestra el potencial de este insecto para la elaboración de alimentos balanceados y por lo tanto, su validez como alternativa proteica para la dieta del cuy.

De igual manera, parámetros como el calcio y el fósforo demuestran poder proporcionar al *Cavia porcellus* una nutrición dentro de los estándares adecuados. Además, el porcentaje de grasa brindará el aporte adecuado a la formulación del alimento balanceado y los porcentajes de ceniza y humedad son los adecuados para trabajar en el contenido total de los mismos.

Por otro lado, en comparativa con otras fuentes de proteínas (Tabla 9), la larva de libélula *Anisóptera* presenta un mayor porcentaje proteico, menor humedad, un bajo nivel de grasa y un elevado índice de materia seca, validando la eficiencia de la alternativa alimenticia en cuando a rendimiento.

Tabla 9. Comparación bromatológica entre varias fuentes.

	Larva - Anisóptera	Larva - Chontacuro	Grillo	Carne de res
PROTEINA	37% - 50.8	9.49%	17%	26%
HUMEDAD	55.45%	59.60%	73%	70%
GRASA	7.23%	30.23%	7.8%	8.7%
CENIZAS	3.10%	0.66%	2.3%	6%
MATERIA SECA	44.55%	0.02%	2.6%	
CALCIO	0.73%	2.50% (100gr)	0.5%	

Fuente: (28), (7) y (29)

4.1.4 Elaboración de la harina del insecto

Se prepararon un total de 30 kg de harina de larva de libélula, empleando los 71 kg de biomasa de larva recolectada; esto representa alrededor de un 43,25% de rendimiento en cuanto al peso del producto final versus el peso total de los especímenes empleados para la elaboración de la harina; esto debido al nivel de humedad promedio de los especímenes y a el porcentaje de materia seca correspondiente.

4.1.5 Análisis bromatológico de la harina

A continuación, se presenta la composición bromatológica obtenida del estudio final de la harina de larva de libélula por parte del laboratorio SETLAB.

Tabla 10. Resultados bromatológicos de la harina de larva Anisóptera.

PARAMETROS	RESULTADO (%)	METODO-NORMA
HUMEDAD TOTAL %	7,39	AOAC - Gravimétrico
MATERIA SECA %	92,61	AOAC - Gravimétrico
PROTEÍNA %	50,82	AOAC - Kjeldahl
FIBRA %	N-D	AOAC - Gravimétrico
GRASAS %	8,07	AOAC - Goldfish
CENIZAS %	4,95	AOAC - Gravimétrico
MATERIA ORGÁNICA %	95,05	AOAC - Gravimétrico
CALCIO %	5,93	AOAC - Colorimétrico
FOSFORO, %	0,45	AOAC/Espectrofotométrico

Nota: Análisis de laboratorio presentado en el ANEXO II del presente documento.

Dicho análisis demuestra que la etapa de larva predominante (larva joven), prevalece en la composición bromatológica del producto final, por lo que es ideal debido al porcentaje proteico alcanzado. Por otro lado, el porcentaje de humedad obtenido (menor del 10%) permite prolongar la conservación de este producto, ya que evita la actividad microbiana.

4.1.6 Análisis granulométrico de la harina

A continuación, se presenta el análisis granulométrico obtenido del estudio final de la harina de larva de libélula por parte del laboratorio SETLAB.

Tabla 11. Resultados granulométricos de la harina de larva Anisóptera.

N° Tamiz	du	Wi	Pi	Sumatoria Pi	log di	Wi.log di
1	1680	0,3623	1,811654	1,811654	3,2253093	1,1685296
2	1000	0,7431	3,7158158	5,5274698	3	2,2293
3	707	1,2982	6,4915518	12,019022	2,8494194	3,6991163
4	500	1,8026	9,0137662	21,032788	2,69897	4,8651633
5	400	7,8316	39,161329	60,194117	2,60206	20,378293
6	354	4,2218	21,110794	81,304911	2,5490033	10,761382
7	297	3,7387	18,695089	100	2,4727565	9,2448945
						58,346679
						2,6175564
						414,53u

Cálculos del Diámetro Medio Geométrico (dgw):

Nota: Análisis de laboratorio presentado en el ANEXO III del presente documento.

Tras el análisis de la muestra de harina de larva se evidenciaron diámetros desde 297 micrómetros con un 18,69 % hasta 1680 micrómetros con un 1,81% de la muestra total. De esta manera se determinó un diámetro medio de grano de 414,53 micrómetros, esto equivale a un volumen aproximado de 0.000037296 cm^3 (Bajo la suposición de forma esférica).

4.1.7 Preparación del alimento balanceado

Considerando los requerimientos nutricionales del *Cavia porcellus*, se elaboró un total de 96 kg de alimento balanceado en 5 lotes de 19.2 kg, los mismos que fueron destinados para la alimentación de los 8 especímenes desde el destete hasta la adultez de los mismos.

De esta manera, la harina de larva cumple el papel de fuente proteica reemplazando a la torta de soya empleada en el balanceado genérico A.B. Cabe destacar que la formulación empleada para el alimento balanceado en base a la harina de larva tiene un rango proteico de entre 16 a 18%, es equivalente a la composición del balanceado genérico en estudio.

4.1.8 Inclusión y evaluación de la alternativa alimenticia

En este apartado, se presentan los resultados correspondientes a la evaluación del alimento balanceado preparado en el presente trabajo de investigación en función de alternativa alimenticia para el *Cavia porcellus*, para lo cual se han considerado los siguientes parámetros:

a.- Peso del animal

A continuación, se exhiben los pesos de los 24 especímenes pertenecientes a los tres tratamientos previamente establecidos: alfalfa (T1), alimento balanceado comercial (T2), alimento balanceado en base a harina de larva (T3). Dichos pesos fueron obtenidos a los 15, 45, 60 y 75 días de vida de cada animal. Dichos resultados son el reflejo de la eficiencia y el rendimiento de los tratamientos aplicados.

Tabla 12. Pesaje de las unidades de estudio.

Tratamiento:		T1, Alfalfa				Peso	T2, A.B. Genérico + Alfalfa				Peso	T3, A.B. de harina de larva +				Peso
Perio do	Grupo de estudio	E 1 (g)	E 2 (g)	E 3 (g)	E 4 (g)	promed io (g)	E 1 (g)	E 2 (g)	E 3 (g)	E 4 (g)	promed io (g)	Alfalfa				promed io (g)
												E 1 (g)	E 2 (g)	E 3 (g)	E 4 (g)	
15 días	Grupo 1 (Machos)	272,5	302,1	306,4	293,6	293,7	282,6	299,0	305,2	223,2	277,5	311,4	298,5	286,4	300,2	299,1
	Grupo 2 (Machos)	284,6	301,4	308,6	293,2	297,0	275,2	295,3	301,2	296,3	292,0	295,4	252,3	301,4	283,2	283,1
45 días	Grupo 1 (Machos)	550,9	580,2	546,7	552,6	557,6	603,5	622,3	601,2	576,2	600,8	652,6	583,2	692,4	678,8	651,8
	Grupo 2 (Machos)	546,7	581,6	556,4	559,8	561,1	598,3	602,4	597,6	612,5	602,7	622,0	673,1	701,1	682,2	669,6
Ganancia de peso promedio (g):		264,0					317,0					369,6				
60 días	Grupo 1 (Machos)	659,8	688,5	702,2	704,2	688,7	748,3	802,3	766,3	794,8	777,9	893,2	929,8	776,0	854,8	863,5
	Grupo 2 (Machos)	676,3	700,9	706,9	695,3	694,9	742,0	769,3	777,0	802,3	772,7	780,0	820,0	812,0	790,0	800,5
Ganancia de peso promedio (g):		132,4					173,5					171,3				

75 días	Grupo 1	1356,	1388,	1390,	1342,	1369,3	1511,	1560,	1480,	1500,	1513,2	1612,	1603,	1598,	1600,	1603,7
	(Machos)	6	2	3	2		3	1	4	9		2	5	2	9	
	Grupo 2	1388,	1325,	1380,	1388,	1370,8	1422,	1499,	1484,	1503,	1477,5	1602,	1622,	1632,	1607,	1616,4
	(Machos)	4	4	9	6		3	2	5	8		5	4	8	9	
	Ganancia de peso promedio (g):			678,3					720,0					778,1		

En función del correspondiente análisis estadístico, se elaboró la siguiente tabla resumen:

Tabla 13. Tabla resumen del pesaje de las unidades de estudio.

	T1	T2	T3
	Peso promedio (g)	Peso promedio (g)	Peso promedio (g)
15 días	293,7	277,5	299,1
	297,0	292,0	283,1
45 días	557,6	600,8	651,8
	561,1	602,7	669,6
60 días	688,7	777,9	863,5
	694,9	772,7	800,5
75 días	1369,3	1513,2	1603,7
	1370,8	1477,5	1616,4

En cuanto al peso de los especímenes en estudio, por la simple comparación del peso promedio por tratamiento, es factible determinar que el alimento balanceado que contiene la harina de larva es de mayor rendimiento y por lo tanto de mayor conversión alimenticia. Esto se puede evidenciar en la Figura 10.

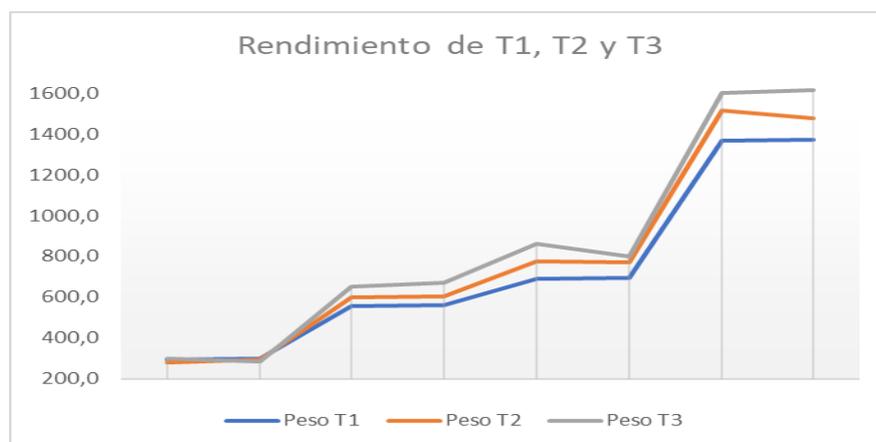


Figura 10 Resumen de rendimiento T1, T2 y T3.

b.- Consumo de alimento

No se evidencio una diferencia significativa en el consumo de alimento por parte de los tres tratamientos implementados, obteniendo valores promedio de alimento sobrante de:

- 103mg de 15 a 45 días.
- 100 mg de 45 a 60 días.
- 122 mg de 60 a 75 días.

De esta manera se evidencio una muy buena aceptación del alimento balanceado por parte de los especímenes en estudio.

c.- Conversión alimenticia

En este punto, se presenta la conversión alimenticia de los 24 especímenes pertenecientes a los tres tratamientos previamente establecidos: alfalfa (T1), alimento balanceado comercial (T2), alimento balanceado en base a harina de larva (T3). Dichas conversiones fueron obtenidas en los periodos de 15 a 45 días, 45 a 60 y 60 a 75 días (Tabla 14).

Tabla 14. Conversión Alimenticia.

Tratamiento:		T1, Alfalfa				Conversi ón Promedi o	T2, A.B. Genérico + Alfalfa				Conversi ón Promedi o	T3, A.B. de harina de larva + Alfalfa				Conversi ón Promedi o
Perio do	Grupo de estudio	E 1	E 2	E 3	E 4		E 1	E 2	E 3	E 4		E 1	E 2	E 3	E 4	
45 días	Grupo 1 (Machos)	3,7	3,9	3,6	3,7	3,7	4,0	4,1	4,0	3,8	4,0	4,4	3,9	4,6	4,5	4,3
	Grupo 2 (Machos)	3,6	3,9	3,7	3,7	3,7	4,0	4,0	4,0	4,1	4,0	4,1	4,5	4,7	4,5	4,5
60 días	Grupo 1 (Machos)	2,6	2,8	2,8	2,8	2,8	3,0	3,2	3,1	3,2	3,1	3,6	3,7	3,1	3,4	3,5
	Grupo 2 (Machos)	2,7	2,8	2,8	2,8	2,8	3,0	3,1	3,1	3,2	3,1	3,1	3,3	3,2	3,2	3,2
75 días	Grupo 1 (Machos)	3,9	4,0	4,0	3,8	3,9	4,3	4,5	4,2	4,3	4,3	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
	Grupo 2 (Machos)	4,0	3,8	3,9	4,0	3,9	4,1	4,3	4,2	4,3	4,2	4,6	4,6	4,7	4,6	4,6

A continuación, se presentan las conversiones alimenticias promedio correspondientes (Tabla 15):

Tabla 15. Tabla resumen de la conversión alimenticia de las unidades de estudio.

	T1	T2	T3
	Conversión alimenticia (g/g)	Conversión alimenticia (g/g)	Conversión alimenticia (g/g)
45 días	3,7	4,0	4,3
	3,7	4,0	4,5
60 días	2,8	3,1	3,5
	2,8	3,1	3,2
75 días	3,9	4,3	4,6
	3,9	4,2	4,6

Obteniendo por parte del alimento balanceado elaborado en el presente trabajo de investigación, un promedio de 4,4 puntos de conversión alimenticia desde la etapa de destete hasta los 45 días, 3,35 puntos hasta los 60 días (recreía) y 4,6 puntos en engorde hasta los 70 días. Superando en promedio a los otros dos tratamientos en cada etapa.

De igual manera, la conversión alimenticia representanta el rendimiento potencial del tratamiento en estudio, obteniendo para esto que T3 obtuvo mayor conversión que T1 y T2, sienta a su vez, T1 el que presentó la peor conversión de todos.

Para esto, en trabajos previos en donde se han estudiado alternativas alimenticias para la especie en estudio, como la utilización de caña de azúcar (30) y amaranto como fuente proteica (13), se han obtenido en promedio las siguientes conversiones:

- 2,5 puntos entre la primera y cuarta semana desde el destete.
- 3,6 puntos en recreía.

- 4,87 puntos en engorde.

Dichos valores, superan al alimento balanceado elaborado en el presente trabajo de investigación en las etapas de recría y engorde. Sin embargo, la conversión alimenticia total promedio de estas alternativas es de 3,65, mientras que la conversión total alcanzada en este trabajo es de 4,11.

d.- Mortalidad

Ninguno de los individuos (parte de la unidad muestral) murió en la implementación de los tratamientos establecidos. La tasa de mortalidad cero evidenciada, permite concluir que el alimento además de eficiente es seguro para esta especie.

4.1.9 Análisis Económico

A continuación, se presenta el estudio económico relacionado a la elaboración del alimento balanceado con base a la harina de larva de libélula. Inicialmente se estimó el costo de recolección y procesamiento de especímenes en 0,89 dólares americanos por kilogramo de producto terminado, tal y como se muestra en la Tabla *Tabla 16. Costos de elaboración de 30 kg de harina de larva.*

Costos	Valor
Costo por especímenes	\$0,00
Costo por mano de obra	\$24,71
Costo por recursos energéticos	\$0,23
Costo por insumos empleados	\$2,00
Total:	\$26,94

De esta manera y una vez delimitado el costo por kilogramo de la harina del insecto, se procede a presentar el estudio de costos relacionado a la elaboración del alimento balanceado (Tabla 17).

Tabla 17. Costos de elaboración de 96 kg de harina de larva

Ingrediente	Porcentaje de composición %	Cantidades empleadas kg	Costo por kilogramo	Costo por insumos empleados
Arroz de cebada	49,79	47,7984	\$1,20	\$57,36
Avena	10,94	10,5024	\$1,25	\$13,13
Harina de larva	33,45	32,112	\$0,89	\$28,58
Sal yodada	0,53	0,5088	\$0,49	\$0,25
Vitaminas	0,26	0,2496	\$7,00	\$1,75
Carbonato	2,11	2,0256	\$3,00	\$6,08
Conservante	0,93	0,8928	\$8,00	\$7,14
Melaza	1,99	1,9104	\$3,00	\$5,73
Total:	100,00%	96	NA	\$120,01

Finalmente, se estimó un costo de 1,25 dólares por kilogramo de alimento balanceado, los mismos que en comparación con alimentos comerciales para cuy, (los cuales rondan los 0,70 centavos de dólar por kilogramo) es aproximadamente 78% más costoso. Cabe destacar que los costos relacionados a la presente propuesta pueden ser reducidos mediante la optimización industrial del proceso.

4.1.10 Análisis Estadístico

En este apartado se presentan los resultados obtenidos del análisis de varianza realizado por medio de la prueba F de ANOVA para un factor de muestras independientes y tres tratamientos, la misma que fue desarrollada por medio de la herramienta de **Análisis de datos** del programa informático Excel. Obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 18. Análisis de varianza ANOVA.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grado s de libertad	Promedi o de los cuadrados	F cal	Probabilid ad	Valor crítico para F tab
	97333,42		48666,71	4,199009		3,466800
Entre grupos	33	2	17	29	0,82107005	11
Dentro de los grupos	5135443,41	21	244544,9			
Total	5232776,83	23				

De esta manera, se evidencia que el valor tabulado de F o valor crítico para F es menor que el F cal, lo que representa que con un 95% de seguridad estadística “las medidas de los tratamientos presentan una diferencia significativa”. Es decir, el alimento que emplea como fuente proteica la harina de larva realmente es más eficiente que las otras dos opciones de alimentación.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La harina de larva de libélula contiene un 55,45% de proteína y un diámetro granulométrico de 414,53 micrómetros.
- Se obtuvieron ganancias de peso significativas y excelente conversión alimenticias frente a dos formas comunes de alimentación para esta especie (alfalfa y alimento comercial). Es decir, la inclusión de la harina de larva como fuente proteica en la dieta del *Cavia porcellus* mejoró el comportamiento de los indicadores productivos valorados.
- Se determinó un valor de 1,25 dólares por kilogramo de alimento balanceado, los mismos que en comparación con alimentos comerciales para cuy, (los cuales rondan los 0,70 centavos de dólar por kilogramo) es aproximadamente 78% más costoso. Cabe destacar que los costos relacionados a la presente propuesta pueden ser reducidos mediante la optimización industrial del proceso.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer evaluaciones de digestibilidad de la harina de larva de libélula.
- Se recomienda el estudio de la variación de porcentaje de harina de larva de libélula en la formulación del alimento balanceado.
- Se recomienda también, el estudio de los procesos relacionados a la elaboración de la harina de larva a nivel industrial para determinar la factibilidad de aplicación mediante la reducción de costos del mismo.

CAPÍTULO VI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ramos J. Insects: a sustainable source of food. 2015.
2. Pérez A. Valor nutricional de harinas de cucharacha de madagascar (Gromphadorhina portentosa) y Tenebrios (Tenebrio molitor), Para su uso en agricultura. Aguascalientes: Universidad Autónoma de Aguascalientes; 2019.
3. FAO. The future of food and agriculture. Alternative pathways to 2050. Italia: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2018.
4. UNDP. Creciendo a un ritmo menor, se espera que la población mundial alcanzará 9.700 millones en 2050 y un máximo de casi 11.000 millones alrededor de 2100. ONU; 2019.
5. Larrea C. Desnutrición, Etnicidad y Pobreza en el Ecuador y el Área Andina. Terranueva: Universidad Andina Simón Bolívar; 2010 p. 1-24. Report No.: 1.
6. FAO 2019. 2019 El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; 2019.
7. Vera H. Caracterización de la composición nutricional de la harina del grillo común (Gryllus assimilis). Quito - Ecuador: Universidad Central del Ecuador; 2020.

8. Unigarro C. Patrimonio cultural alimentario [Internet]. 1.^a ed. Vol. 4. Quito - Ecuador: Ediciones La Tierra; 2010. Disponible en:
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=52870>
9. González Mariana. Uso de harinas de insectos en la alimentación de rumiantes: Valoración proteica y tratamiento con taninos. Zaragoza: Universidad de Zaragoza; 2019.
10. Castro D. Utilización de harina de insectos en el distrito de Echarate, en la alimentación de pollos - Echarate la convención - Cusco. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco; 2018.
11. Rodríguez A, Pino J, Ángeles S. Valor nutritivo de larvas y pupas de gusano de seda (*Bombyx mori*)(Lepidoptera: Bombycidae). Revista Colombiana de Entomología. 2016;42(1):69-74.
12. Maldonado A, Mejía R. Evaluación de 2 niveles de fibra y 2 niveles de proteína en la dieta sobre los parámetros zootécnicos en los cuyes. Quito - Ecuador: Universidad Central del Ecuador; 2014.
13. Chillagano J. Utilización de amaranto (*Amaranthus caudatus*) como fuente de proteína en raciones suplementarias para cuyes en etapa de crecimiento. Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato; 2014.
14. Botero C. Diversidad y preferencia de hábitad de los Odonatos del municipio de Acandí, Chocó. Bogotá: Universidad de los Andes; 2006.
15. Sancho D. Insectos y alimentación. Larvas de *Rhynchophorus palmarum* L, un alimento de los pobladores de la Amazonía Ecuatoriana. Entomotropica. 2015;30(14):135-49.
16. Ravindran V, Blair R. Recursos de alimentación para la producción avícola en Asia y el Pacífico. 1987;49(1):219-35.

17. Wang D, Zhang Q, Chen H. Nutrición del saltamonte chino *Acrida cinerea* para pollos de engorde. *Ciencia y tecnología de alimentación animal*; 2007.
18. Xiaoming C, Ying F, Hong Z. REVIEW OF THE NUTRITIVE VALUE OF EDIBLE INSECTS. 2010;
19. Vivas J. Manual de crianza de cobayos. Managua: Universidad Nacional Agraria; 2009.
20. Márquez J. Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*. 2005;(37):385-408.
21. Martínez E. Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia; 2005 p. 1-5.
22. Heguy J. Importancia de la Materia Seca Y Cómo Medirla. California: University of California; 2008.
23. Salazar A. Implementación del Método Kjeldahl para la determinación de proteína para diferentes matrices en el laboratorio ECUACHEMLAB CÍA. LTDA. Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato; 2016.
24. Grossi G, Ohaco E. Determinacion de Fibra Dietética Total, Soluble e insoluble en hongos comestibles de cultivo. Vol. 1. Bariloche: INTA Ediciones;
25. Mendoza C. Análisis de Alimentos [Internet]. metodosdeanalisdealimentos.blogspot.com. 2019. Disponible en: <http://metodosdeanalisdealimentos.blogspot.com/2019/03/metodo-goldfish.html>
26. UNAM. Fundamentos y Técnicas de Análisis de alimentos. Laboratorio de Alimentos I unam; 2012.

27. Line H. Granulometría del alimento y su importancia. BM Editores [Internet]. 2017;1(1). Disponible en: <http://www.produccion-animal.com.ar/>
28. Mosquera D, Guardia M, Medina H, Hinestroza L. Caracterización bromatológica de especies y subproductos vegetales en el trópico húmedo de Colombia. ACTA AGRONÓMICA. 2013;62(4):326-32.
29. Ospina S, Restrepo D, López J. Microbiological and Bromatological Characterization of Burgers with Addition of Green Banana Fiber Entirety. RevFacNalMedellín. 2011;64(1):5993-6005.
30. Avalos C. Utilización de la caña de azúcar fresca y picada (20, 40, 60 y 80%) más alfalfa en crecimiento y engorde de cuyes. Riobamba - Ecuador: Escuela Superior Politécnica De Chimborazo; 2010.

CAPÍTULO VII. ANEXOS

ANEXO I: ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA LARVA DE LIBÉLULA

SETLAB

SERVICIOS DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA Y
LABORATORIOS AGROPECUARIOS

REPORTE DE RESULTADOS

CODIGO DE MUESTRA Nº 06571

Nombre del Solicitante / Name of the Applicant

DR. RAFAEL GARZON

Domicilio / Address

Teléfonos / Telephones

LATAJUNGA

Producto para el que se solicita el Análisis / Product for which the Certification is requested

LARVAS DE INSECTOS

Marca comercial / Trade Mark

No tiene

Características del producto / Ratings of the product

Color, Olor y sabor característico

Resultados Bromatológico

PARAMETRO	RESULTADO	METODO/NORMA
HUMEDAD TOTAL, %	55,45	AOAC/Gravimetrico
MATERIA SECA, %	44,55	AOAC/Gravimetrico
PROTEINA, %	37,17	AOAC/ Kjeldahl
FIBRA, %	N/D	AOAC/Gravimetrico
GRASA, %	7,23	AOAC/Goldfish
CENIZA, %	3,10	AOAC/Gravimetrico
MATERIA ORGANICA, %	96,90	AOAC/Gravimetrico
CALCIO, %	0,73	AOAC/Colorimetrico

Emitido en: Riobamba, el 13 de febrero de 2020

SETLAB
Servicio de Transferencia Tecnológica
y Laboratorios Agropecuarios
Galo Viqueza
Dr. William Viqueza
RESPONSABLE TÉCNICO

ANEXO II: ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA HARNINA DE LARVA

SETLAB

SERVICIOS DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA Y LABORATORIOS AGROPECUARIOS

REPORTE DE RESULTADOS

CODIGO DE MUESTRA N° 07518

Nombre del Solicitante / Name of the Applicant

DR. MANOLO GRANJA

Domicilio / Address

Teléfonos / Telephones

LATACUNGA

Producto para el que se solicita el Análisis / Product for which the Certification is requested

HARINA DE LARVAS DE INSECTOS

Marca comercial / Trade Mark

No tiene

Características del producto / Ratings of the product

Color, Olor y sabor característico

Resultados Bromatológico

PARAMETRO	RESULTADO	METODO/NORMA
HUMEDAD TOTAL, %	7,39	AOAC/Gravimetrico
MATERIA SECA, %	92,61	AOAC/Gravimetrico
PROTEINA, %	50,82	AOAC/kjeldahl
FIBRA, %	N/D	AOAC/Gravimetrico
GRASA, %	8,07	AOAC/Goldfish
CENIZA, %	4,95	AOAC/Gravimetrico
MATERIA ORGANICA, %	95,05	AOAC/Gravimetrico
CALCIO, %	5,93	AOAC/Colorimetrico
FOSFORO, %	0,45	AOAC/Espectrofotométrico

Emitido en: Riobamba, el 24 de febrero de 2021


Dr. William Pinan A.
RESPONSABLE TECNICO

SETLAB
Servicio de Transferencia Tecnológica
y Laboratorios Agropecuarios
Calle Plaza 28 - 35 y Jaime Rolón
022346-764

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio
Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el producto analizado.

"EFICIENCIA, CONFIANZA Y SEGURIDAD, EN SINERGIA CON SU EMPRESA"

**ANEXO III: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA HARNINA DE
LARVA**

SETLAB

**SERVICIOS DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA Y
LABORATORIOS AGROPECUARIOS**

REPORTE DE RESULTADOS

CODIGO DE MUESTRA N° 07518

Nombre del Solicitante / Name of the Applicant

DR. MANOLO GRANJA

Domicilio / Address

Teléfonos / Telephones

LATACUNGA

Producto para el que se solicita el Análisis / Product for which the Certification is requested

HARINA DE LARVAS DE INSECTOS

Marca comercial / Trade Mark

No tiene

Características del producto / Ratings of the product

Color, Olor y sabor característico

Resultados de Granulometría

No Tamiz	d_{μ}	W_i	P_i	ΣP_i	$\log d_i$	$W_i \cdot \log d_i$
1	1680	0,3623	1,81165399	1,81165399	3,22530928	1,16852955
2	1000	0,7431	3,71581584	5,52746983	3	2,2293
3	707	1,2982	6,49155178	12,0190216	2,84941941	3,69911628
4	500	1,8026	9,01376617	21,0327878	2,69897	4,86516333
5	400	7,8316	39,1613287	60,1941165	2,60205999	20,378293
6	354	4,2218	21,1107944	81,3049109	2,54900326	10,761382
7	297	3,7387	18,6950891	100	2,47275645	9,24489454
						52,3466787
						2,61755643
Cálculos del Diámetro Medio Geométrico (d_{GM}):						414,53 μ

Emitido en: Riobamba, el 24 de febrero de 2021

**Dr. William Viñan A.
RESPONSABLE TECNICO**

SETLAB
Servicio de Transferencia Tecnológica
y Laboratorios Agropecuarios
Calle Plaza 28 - 55 y Jaime Roldós
032366-744

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el producto analizado.

"EFICIENCIA, CONFIANZA Y SEGURIDAD, EN SINERGIAS CON SU EMPRESA"