UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Tesis

Efecto de la inclusión de harina de larva de mosca doméstica (*Musca domestica L.*) en dietas para cuyes sobre el perfil hepático y pancreático

Presentado por:

Ruth Mery Huamani Álvarez

Para optar el título de Médico Veterinario y Zootecnista.

Abancay, Perú

2026

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

TESIS

Efecto de la inclusión de harina de mosca doméstica (*Musca domestica L.*) en dietas para cuyes sobre el perfil hepático y pancreático

Presentado por **Ruth Mery Huamani Alvarez**, para optar el título de Médico Veterinario y Zootecnista

Sustentado y aprobado el 10 de septiembre del 2026 ante el jurado evaluador:

Presidente:
Dra. Dora Yucra Vargas

Primer Miembro:
Dr. Martin Equicio Pineda Serruto

Segundo Miembro:
PhD. Jhonatan Steve Inga Moreano

Asesores :
Dr. Ludwing Angel Cardenas Villanueva.

Mg. Isai Ochoa Pumaylle

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

Constancia de similitud

Informe de Tesis
Constancia 34-2026-UDI-FMVZ-UNAMBA

El director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

Hace constar:

Que, **Ruth Mery Huamani Álvarez,** egresado(a) de la Escuela Académico Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, presentó el informe de tesis titulado:

Efecto de la inclusión de harina de larva de mosca doméstica (*Musca domestica L.*) en dietas para cuyes sobre el perfil hepático y pancreático

Para ser evaluado mediante el software de detección de similitud.

Se utilizó el software Turnitin, considerando los siguientes filtros: excluir citas, excluir bibliografía, excluir fuentes que tengan menos de 18 palabras. Se obtuvo el siguiente resultado:

Porcentaje de índice de similitud: 9 %

Parte de esta constancia forman los anexos donde figuran los resultados del Turnitin.

Se expide la presente, a solicitud de la persona interesada, para fines de trámites en la UNAMBA.

Abancay, 30 de setiembre de 2026

Atentamente,

Dirección de Unidad de Investigación
Dr. Ulises S. Quispe Gutiérrez
Director

investigacion.fmvz@unamba.edu.pe
cc/.Arch.

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

Agradecimiento

Agradezco profundamente a nuestro creador por permitir seguir con vida, también por inspirar en mi persona perseverancia, y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudios.

Con gran cariño y agradecimiento a mis queridos padres Faustino Huamani Muños y María Zocorro Alvarez Gonzales, por el apoyo indispensable que me brindaron para poder concluir con mis estudios superiores.

Expreso también mi gratitud a mis asesores de tesis Dr. Ludwing Angel Cárdenas Villanueva y Mg. Isai Ochoa Pumaylle, por su orientación, conocimientos y dedicación en el desarrollo de este trabajo.

Asimismo, agradezco a mis docentes y compañeros de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, que contribuyeron son sus enseñanzas y apoyo a lo largo de mi carrera universitaria.

Finalmente, agradezco a mis hermanos y amigos por ser parte de mis triunfos y fracasos, por los consejos brindados.

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

Dedicatoria

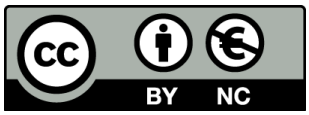
Este trabajo se lo dedico a mis padres por el deseo de superación y amor que me brindaron cada día para poder cumplir mis metas, a fin de poder honrar mi carrera profesional con los conocimientos adquiridos; a mi querido hijo Samim por ser mi motor y motivo, también a mis hermanos, amigos y familiares, protagonistas de mis victorias y dificultades.

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

Efectos de la inclusión de harina de larva de mosca doméstica (*Musca domestica L.*) en dietas para cuyes sobre el perfil hepático y pancreático

Línea de investigación: Ciencias veterinarias

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Descripción del problema	4
1.2 Enunciado del problema	6
1.2.1 Problema general	6
1.2.2 Problemas específicos	6
1.2.3 Justificación de la investigación	6
CAPÍTULO II	8
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	8
2.1 Objetivos de la investigación	8
2.1.1 Objetivo general	8
2.1.2 Objetivos específicos	8
2.2 Hipótesis de la investigación	8
2.2.1 Hipótesis general	8
2.2.2 Hipótesis específicas	8
2.3 Operacionalización de variables	9
CAPÍTULO III	10
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	10
3.1 Antecedentes	10
3.2 Marco teórico	14
3.2.1 El cuy (*Cavia porcellus*)	14
3.2.1.1 Nutrición y alimentación del cuy	15
3.2.2 Harina de insectos en la alimentación animal	16
3.2.3 Metabolismo hepático en animales domésticos	17
3.2.3.1 El perfil hepático	18
3.2.4 Metabolismo pancreático y digestión	20
3.2.4.1 El perfil pancreático	20
3.3 Marco conceptual	22
CAPÍTULO IV	25

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

METODOLOGÍA 25
4.1 Tipo y nivel de investigación 25
4.2 Diseño de la investigación 26
4.3 Descripción ética de la investigación 26
4.4 Población y muestra 27
4.5 Procedimiento 28
4.5.1 Aprobación ética y planificación experimental 28
4.5.2 Evaluación clínica y sanitaria preexperimental 28
4.5.3 Selección y adaptación de los animales 28
4.5.4 Formulación y suministro de las dietas experimentales 29
4.5.5 Desarrollo del periodo experimental 31
4.5.6 Obtención de muestras biológicas 32
4.5.7 Análisis bioquímico 32
4.6 Técnica e instrumentos 35
4.6.1 Técnicas 35
4.6.2 Equipos e instrumentos 36
4.6.3 Reactivos bioquímicos 37
4.6.4 Materiales 37
4.7 Análisis estadístico 38
CAPÍTULO V 40
RESULTADOS Y DISCUSIONES 40
5.1 Análisis de resultados 40
5.1.1 Perfil hepático de cuyes según el tipo de dieta 40
5.1.2 Perfil pancreático de cuyes según el tipo de dieta 41
5.2 Contraste de hipótesis 42
5.3 Discusión 43
5.3.1 Perfil hepático de cuyes según el tipo de dieta 43
5.3.2 Perfil pancreático de cuyes según el tipo de dieta 46
CAPÍTULO VI 47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 47
6.1 Conclusiones 47
6.2 Recomendaciones 47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 48
ANEXOS 52

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Operacionalización de variables de investigación 10

Tabla 2. Composición porcentual de las dietas experimentales 30

Tabla 3. Composición nutricional calculada de las dietas experimentales 31

Tabla 4. Efecto de la inclusión de harina de larvas en dieta sobre indicadores bioquímicos 41

Tabla 5. Efecto de la inclusión harina de larvas en la dieta sobre el perfil pancreático 42

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cuyes de engorde en el proceso de suplementación	53
Figura 2. Colecta y centrifugado de muestras de sangre	53
Figura 3. Evaluación del perfil bioquímico de cuyes	54
Figura 4. Evaluación del perfil pancreático de cuyes	54
Figura 5. Prueba de normalidad para las variables evaluadas	55
Figura 6. Medidas de resumen según variable	55

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

INTRODUCCIÓN

La crianza de cuyes representa una actividad pecuaria importante en la región andina, debido a su aporte a la seguridad alimentaria, su valor económico para las familias rurales y su potencial como fuente de proteína animal [1]. En este contexto, la alimentación es uno de los factores más determinantes del rendimiento productivo, por lo que resulta necesario evaluar insumos alternativos que contribuyan a mejorar la eficiencia alimenticia de los animales [2].

En los últimos años, el uso de insectos en alimentación animal ha despertado creciente interés, ya que constituyen una fuente de proteína con potencial nutritivo y ventajas ambientales frente a insumos convencionales [2–4]. Diversos estudios han señalado que los productos derivados de insectos pueden incorporarse como ingredientes para alimentación pecuaria, siempre que su valor nutricional y sus efectos fisiológicos sean adecuadamente evaluados [5,6].

Entre estas alternativas, las larvas de mosca doméstica (*Musca domestica L.*) destacan por su rápido crecimiento, su capacidad de aprovechar materia orgánica y su composición rica en proteína, lo que las convierte en un recurso prometedor para la elaboración de harinas destinadas a la alimentación animal [7]. Por ello, su empleo en dietas para cuyes plantea una posibilidad relevante desde el punto de vista nutricional y productivo [2].

Sin embargo, la evaluación de un ingrediente alternativo no debe limitarse al comportamiento productivo, sino que también debe considerar su efecto sobre indicadores fisiológicos y metabólicos del animal [8]. En ese sentido, el perfil bioquímico hepático constituye una herramienta útil para valorar la respuesta del organismo frente a cambios en la dieta, especialmente en especies como el cuy, donde aún se requiere mayor evidencia sobre el uso de fuentes proteicas no convencionales en fase de engorde [9].

Por ello, la presente investigación se orienta a evaluar el uso de harina de larvas de mosca doméstica en la alimentación de cuyes en fase de engorde y su efecto en el perfil bioquímico hepático y pancreático, con la finalidad de generar evidencia que contribuya al desarrollo de alternativas alimenticias sostenibles, viables y seguras para la producción animal.

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

RESUMEN

La presente investigación evaluó el efecto de la inclusión de 10 % de harina de larvas de mosca doméstica (*Musca domestica L.*) en la dieta sobre el perfil bioquímico hepático y pancreático de cuyes (*Cavia porcellus*) en fase de engorde. Se realizó un estudio cuantitativo, experimental, prospectivo, longitudinal y analítico. Se utilizaron 10 cuyes machos, distribuidos aleatoriamente en dos tratamientos con cinco animales cada uno: un grupo control alimentado con una dieta convencional y un grupo experimental que recibió una dieta con 10 % de harina de larvas. Cada animal constituyó una unidad experimental independiente. El periodo experimental tuvo una duración total de 28 días, comprendidos por siete días de acostumbramiento y 21 días de alimentación experimental. Al finalizar el ensayo, se obtuvieron muestras sanguíneas para determinar los indicadores hepáticos: alanina aminotransferasa (ALT), aspartato aminotransferasa (AST), fosfatasa alcalina (ALP), proteína total, albúmina, bilirrubina directa y bilirrubina total; y los indicadores pancreáticos: amilasa y lipasa. Los resultados fueron expresados como media ± desviación estándar y comparados mediante la prueba t de Student para muestras independientes, considerando diferencias significativas cuando $p < 0,05$. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en ALT, AST, ALP, proteína total, albúmina, amilasa ni lipasa. En contraste, la bilirrubina directa aumentó de 0.12 ± 0.09 mg/dL en el grupo control a 0.37 ± 0.13 mg/dL en el grupo experimental ($p = 0,0012$), mientras que la bilirrubina total se incrementó de 0,23 ± 0,04 a 0,53 ± 0,15 mg/dL ($p = 0,0007$). Se concluye que la inclusión de 10 % de harina de larvas de mosca doméstica no modificó significativamente la mayoría de los indicadores bioquímicos hepáticos y pancreáticos evaluados; sin embargo, incrementó significativamente las concentraciones séricas de bilirrubina directa y total, lo que sugiere una posible alteración en el metabolismo y excreción de la bilirrubina, sin evidencia concomitante de cambios significativos en las enzimas hepáticas evaluadas.

Palabras clave: *Harina de larvas, mosca doméstica, cuyes, perfil bioquímico.*

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

ABSTRACT

This study evaluated the effect of including 10% housefly (*Musca domestica L.*) larval meal in the diet on the hepatic and pancreatic biochemical profiles of guinea pigs (*Cavia porcellus*) during the finishing phase. A quantitative, experimental, prospective, longitudinal, and analytical study was conducted. Ten male guinea pigs were randomly allocated to two treatments, with five animals per treatment: a control group fed a conventional diet and an experimental group fed a diet containing 10% larval meal. Each animal was considered an independent experimental unit. The experimental period lasted 28 days, comprising a 7-day adaptation period followed by 21 days of experimental feeding. At the end of the trial, blood samples were collected to determine hepatic biomarkers, including alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), alkaline phosphatase (ALP), total protein, albumin, direct bilirubin, and total bilirubin, as well as pancreatic biomarkers, including amylase and lipase. Results were expressed as mean ± standard deviation and compared using an independent-samples Student's t-test, with statistical significance set at $p < 0.05$. No significant differences between treatments were observed for ALT, AST, ALP, total protein, albumin, amylase, or lipase. In contrast, direct bilirubin increased from 0.13 ± 0.04 mg/dL in the control group to 0.37 ± 0.13 mg/dL in the experimental group ($p = 0.0012$), while total bilirubin increased from 0.23 ± 0.04 to 0.53 ± 0.15 mg/dL ($p = 0.0007$). It was concluded that the inclusion of 10% housefly larval meal did not significantly affect most of the hepatic and pancreatic biochemical parameters evaluated; however, it significantly increased serum concentrations of direct and total bilirubin, suggesting a possible alteration in bilirubin metabolism and excretion, without concomitant evidence of significant changes in the hepatic enzymes evaluated.

***Keywords**: Larvae meal, housefly, guinea pigs, biochemical profile.*

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

La crianza de cuyes (*Cavia porcellus*) constituye una actividad productiva de importancia socioeconómica en las zonas altoandinas, debido a su contribución a la seguridad alimentaria, la generación de ingresos y el fortalecimiento de la economía de los pequeños y medianos productores [1]. Sin embargo, la rentabilidad de estos sistemas de producción depende, en gran medida, de los costos de alimentación, los cuales representan una proporción importante de los gastos productivos. Entre los insumos empleados en la formulación de dietas, las fuentes proteicas convencionales, como la harina de soya, pueden presentar costos elevados y una disponibilidad variable [10]. Esta situación limita el acceso a dietas nutricionalmente adecuadas y motiva la búsqueda de fuentes proteicas alternativas que sean accesibles, sostenibles y de disponibilidad local, sin comprometer el desempeño productivo [2].

En los últimos años, los productos derivados de insectos han surgido como una alternativa proteica con alto potencial nutricional: presentan concentraciones elevadas de proteína, perfiles de aminoácidos esenciales, lípidos funcionales y la posibilidad de reciclar residuos orgánicos en biomasa útil para piensos [11,12]. Estudios en diferentes especies productivas han mostrado que la inclusión de harinas de las formas larvarias de insectos puede sustituir a las fuentes proteicas tradicionales sin causar daños a la salud, y pueden mejorar los parámetros metabólicos y de calidad de producto [13]. Asimismo, investigaciones realizadas específicamente en cuyes han evaluado el uso de harina de *Hermetia illucens* (mosca soldado negra) y han reportado efectos sobre la calidad de la carne y parámetros productivos sin cambios adversos generales, lo que sugiere que las harinas de insectos pueden ser viables como ingrediente en raciones de cuyes [2]. Sin embargo, la respuesta fisiológica a ingredientes alternativos es multifactorial y depende de la especie, el ingrediente, el nivel de inclusión y la formulación de la dieta.

El hígado y el páncreas son órganos clave en la regulación del metabolismo de nutrientes y en la digestión por lo que su estado bioquímico es un indicador sensible de adaptaciones

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

o alteraciones metabólicas derivadas de cambios dietarios [13,14]. En cuyes, estudios sobre metabolitos y enzimas hepáticas muestran variaciones fisiológicas que deben considerarse al introducir ingredientes no convencionales [9].

Aunque existe evidencia sobre el uso de harinas de insectos en la alimentación de animales de producción, todavía persiste un vacío de conocimiento respecto a la inclusión de harina de larvas de mosca doméstica en dietas para cuyes, especialmente en relación con sus efectos sobre el perfil bioquímico hepático y pancreático durante la fase de engorde. La mayoría de los estudios disponibles se ha realizado en otras especies, como peces, aves y porcinos, o ha evaluado harinas procedentes de insectos distintos, entre ellos *Hermetia illucens* y *Tenebrio molitor.* Estos antecedentes evidencian que la incorporación de harinas de insectos puede modificar determinados indicadores metabólicos y hepáticos; sin embargo, sus efectos dependen de la especie animal, del tipo de insecto, del nivel de inclusión y de la composición de la dieta [9,12,13].

Además, investigaciones locales en cuyes con harina de pisonay, han mostrado que cambios en la dieta pueden provocar diferencias en metabolitos hepáticos y enzimas lo que subraya que cada ingrediente y nivel de inclusión exige una evaluación bioquímica cuidadosa antes de promover su uso en sistemas productivos [9]. De igual modo, aunque estudios comparativos y metabolómicos han demostrado efectos metabólicos (positivos o adaptativos) con distintos insectos y niveles de inclusión, esos resultados no son automáticamente extrapolables a larvas de mosca domestica ni a cuyes en fase de engorde [2,15].

Por tanto, la limitada información sobre la inclusión de harina de larvas de mosca doméstica en dietas para cuyes en fase de engorde genera incertidumbre respecto de sus posibles efectos metabólicos. En este contexto, fue necesario evaluar el perfil bioquímico hepático y pancreático de cuyes alimentados con una dieta que incluyó 10 % de harina de larvas de mosca doméstica, con la finalidad de determinar sus efectos sobre los indicadores bioquímicos evaluados y aportar evidencia sobre su potencial utilización como sustituto parcial de fuentes proteicas convencionales en los sistemas locales de producción.

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

1.2 Enunciado del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el efecto de la inclusión del 10 % de harina de larvas de mosca doméstica en la dieta sobre el perfil bioquímico hepático y pancreático de cuyes (*Cavia porcellus*) en fase de engorde?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de la inclusión del 10 % de harina de larvas de mosca doméstica en la dieta sobre los parámetros del perfil bioquímico hepático de cuyes en fase de engorde?

- ¿Cuál es el efecto de la inclusión del 10 % de harina de larvas de mosca doméstica en la dieta sobre los parámetros del perfil bioquímico pancreático de cuyes en fase de engorde?

1.2.3 Justificación de la investigación

Desde el punto de vista científico, la presente investigación se justifica por la necesidad de generar conocimiento específico sobre el uso de fuentes proteicas alternativas en la alimentación de cuyes, particularmente sobre la inclusión de harina de larvas de mosca doméstica, debido a que la información disponible en esta especie aún es limitada. Aunque diversos estudios han demostrado el potencial nutricional de las harinas de insectos en animales de producción, la mayoría de las investigaciones se ha realizado en otras especies animales o ha evaluado harinas procedentes de otras especies de insectos, como *Hermetia illucens* y *Tenebrio molitor*. Estas diferencias limitan la extrapolación directa de los resultados a cuyes alimentados con harina de larvas de mosca doméstica.

Desde una perspectiva práctica, los resultados de esta investigación serán de utilidad para productores, técnicos y profesionales vinculados a la crianza de cuyes, ya que permitirán evaluar la viabilidad y seguridad metabólica de incluir harina de larvas de mosca doméstica como fuente proteica alternativa en la dieta. La generación de información confiable sobre el efecto de este ingrediente en órganos clave permitirá sustentar decisiones técnicas relacionadas con la formulación de raciones, manejo nutricional y mejora de la eficiencia productiva durante la fase de engorde.

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

La producción de cuyes cumple un rol importante en la seguridad alimentaria y el sustento económico de familias rurales. La producción de cuyes cumple un papel importante en la seguridad alimentaria y en el sustento económico de las familias rurales. El desarrollo de fuentes alimenticias alternativas, sostenibles y accesibles puede contribuir a fortalecer esta actividad, mejorar los ingresos de los productores y facilitar el acceso a ingredientes de elevado valor nutricional. Al generar evidencia científica que respalde el uso de ingredientes alternativos seguros, la investigación aporta indirectamente al bienestar social y al fortalecimiento de sistemas productivos locales.

Desde el enfoque ambiental, el uso de harina de larvas de mosca doméstica se alinea con principios de economía circular y sostenibilidad, ya que las larvas pueden producirse utilizando residuos orgánicos, reduciendo la carga ambiental y promoviendo el reciclaje de subproductos. La evaluación de su uso en la alimentación de cuyes contribuye a la búsqueda de sistemas productivos con menor impacto ambiental, menor dependencia de recursos externos y mayor eficiencia en el uso de insumos.

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

CAPÍTULO II
OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la inclusión del 10 % de harina de larvas de mosca doméstica en la dieta sobre el perfil bioquímico hepático y pancreático de cuyes en fase de engorde.

2.1.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la inclusión del 10 % de harina de larvas de mosca doméstica en la dieta sobre los parámetros del perfil bioquímico hepático de cuyes en fase de engorde.

- Evaluar el efecto de la inclusión del 10 % de harina de larvas de mosca doméstica en la dieta sobre los parámetros del perfil bioquímico pancreático de cuyes en fase de engorde.

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.1 Hipótesis general

La inclusión de 10 % de harina de larvas de mosca doméstica (*Musca domestica* L.) en la dieta modifica el perfil bioquímico hepático y pancreático de cuyes en fase de engorde, en comparación con una dieta convencional sin harina de larvas.

2.2.2 Hipótesis específicas

- La inclusión de 10 % de harina de larvas de mosca doméstica en la dieta modifica los parámetros del perfil bioquímico hepático (ALT, AST, ALP, proteína total, albúmina, bilirrubina directa y bilirrubina total) de cuyes en fase de engorde, en comparación con una dieta convencional.

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

- La inclusión de 10 % de harina de larvas de mosca doméstica en la dieta modifica los parámetros del perfil bioquímico pancreático (amilasa y lipasa) de cuyes en fase de engorde, en comparación con una dieta convencional.

2.3 Operacionalización de variables

La Tabla 1 detalla la estructura metodológica del estudio, desglosando las variables en sus definiciones conceptuales, operacionales, dimensiones, indicadores y escalas de medición.

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

Tabla 1

Operacionalización de variables de investigación

Variable independiente					
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala / Tipo
Inclusión de harina de larvas de mosca doméstica en la dieta	Uso de harina obtenida a partir de larvas de mo*sca* domestica como fuente proteica alternativa en la alimentación animal	Porcentaje de harina de larvas de mosca domestica incorporado en la dieta balanceada suministrada a los cuyes durante la fase de engorde	Nivel de inclusión dietaría	Presencia del 10 % de harina de larvas en la dieta	Nominal dicotómica (con inclusión / sin inclusión)

Variable dependiente 1: Perfil bioquímico hepático					
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala / Tipo
Perfil bioquímico hepático	Conjunto de parámetros bioquímicos que reflejan el estado funcional y metabólico del hígado	Valores séricos de enzimas y metabolitos hepáticos determinados mediante análisis bioquímico en muestras de sangre de cuyes	Función hepática	ALT (alanina aminotransferasa)	Razón
				AST (aspartato aminotransferasa)	Razón
				Fosfatasa alcalina (ALP)	Razón
				Proteínas totales	Razón
				Albúmina	Razón
				Bilirrubina total	Razón

Variable dependiente 2: Perfil bioquímico pancreático					
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala / Tipo
Perfil bioquímico pancreático	Conjunto de parámetros bioquímicos que reflejan la función digestiva y metabólica del páncreas	Valores séricos de enzimas pancreáticas obtenidos mediante análisis bioquímico en muestras de sangre de cuyes	Función pancreática	Amilasa	Razón
				Lipasa	Razón

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

a) Rossi *et al*., [14] determinaron la variación biológica de 17 analitos bioquímicos en 16 cuyes adultos clínicamente sanos de la línea Hartley. Las muestras sanguíneas fueron

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

obtenidas mediante venopunción yugular a intervalos semanales durante seis semanas y procesadas en una sola corrida analítica. Entre los indicadores relacionados con la función hepática, se registraron valores medios de 34,4 para albúmina, 156,8 para fosfatasa alcalina, 27,1 para alanina aminotransferasa, 34,9 para aspartato aminotransferasa, 7,6 para gamma-glutamil transferasa y 56,0 para proteína total. Los coeficientes de variación intraindividual fueron de 3,4 % para albúmina, 22,3 % para fosfatasa alcalina, 16,6 % para ALT, 19,4 % para AST, 22,1 % para GGT y 3,5 % para proteína total. Asimismo, los valores de cambio de referencia fueron de 9,84 % para albúmina, 52,16 % para fosfatasa alcalina, 38,93 % para ALT, 45,30 % para AST, 52,12 % para GGT y 9,80 % para proteína total. Los autores señalaron que la mayoría de los analitos presentó índices de individualidad intermedios, por lo que recomendaron interpretar los resultados considerando conjuntamente los intervalos de referencia poblacionales y la variación individual de cada animal. Estos hallazgos evidencian que los valores bioquímicos pueden presentar una variabilidad fisiológica considerable aun en cuyes clínicamente sanos, aspecto que debe considerarse al analizar los efectos de tratamientos dietéticos.

b) Hasdai *et al*., evaluaron el efecto del procesamiento de la harina de soya sobre el crecimiento, la digestibilidad de la proteína y la actividad de enzimas pancreáticas e intestinales en cuyes jóvenes. El estudio comprendió dos ensayos en los que se suministraron dietas con 120 y 190 g de proteína/kg, formuladas con harina de soya cruda o harina de soya sometida a tratamiento térmico. Los cuyes alimentados con harina de soya cruda presentaron una menor tasa de crecimiento y una menor eficiencia de conversión alimenticia que aquellos que recibieron harina de soya tratada térmicamente. Asimismo, la digestibilidad aparente de la proteína osciló entre 0,49 y 0,53 en los animales alimentados con soya cruda, mientras que en el grupo alimentado con soya tratada térmicamente varió entre 0,67 y 0,76. Aunque el peso del páncreas fue similar entre los tratamientos, la actividad de tripsina, quimotripsina y amilasa en el páncreas fue significativamente menor en los cuyes que consumieron harina de soya cruda. También se observaron menores actividades enzimáticas en el yeyuno y el íleon, con diferencias significativas según el nivel de proteína y el procesamiento de la fuente proteica ($p < 0,05$). Los autores concluyeron que el consumo de harina de soya cruda redujo la actividad de las enzimas digestivas y afectó negativamente el aprovechamiento de la proteína y el crecimiento de los cuyes [16].

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

c) Donadelli *et al*., evaluaron los efectos de la sustitución de proteínas vegetales por harina de larvas de *Hermetia illucens* y harina de subproductos avícolas sobre la salud hepática y los metabolitos séricos de la dorada (*Sparus aurata*) y la lubina europea (*Dicentrarchus labrax*). Los tratamientos comprendieron una dieta control basada en proteínas vegetales (CV), una dieta con sustitución del 40 % por harina de *H. illucens* (H40), una dieta con 40 % de harina de subproductos avícolas (P40) y una dieta combinada con 10 % de harina de insecto y 30 % de subproductos avícolas (H10P30). En la dorada, la mediana de la actividad sérica de ALT fue aproximadamente de 3,9 U/L en el grupo control, 3,2 U/L en H40, 2,8 U/L en P40 y 3,0 U/L en H10P30. La ALT fue significativamente menor en el tratamiento H40 respecto del control, mientras que P40 y H10P30 presentaron valores intermedios ($p < 0,05$). Por su parte, la mediana de AST fue aproximadamente de 32 U/L en el grupo control, 30 U/L en H40, 37 U/L en P40 y 51 U/L en H10P30; no obstante, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Los autores observaron respuestas diferenciadas entre especies, debido a que la dorada mostró una adecuada adaptación metabólica a las dietas experimentales, mientras que en la lubina se evidenció una mayor acumulación de lípidos hepáticos. Se concluyó que la sustitución parcial de proteínas vegetales por harinas de insectos y subproductos avícolas puede modificar determinados indicadores séricos y la condición hepática, dependiendo de la especie y de la formulación de la dieta [15].

d) Ramos y Cárdenas, evaluaron el perfil bioquímico hepático de 100 cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con dietas que contenían 10, 20 y 30 % de harina de hojas de pisonay (*Erythrina edulis*), obtenidas a los 4, 8 y 12 meses de edad de rebrote. Los animales fueron distribuidos en diez tratamientos y evaluados durante 56 días. Se determinaron proteína total, albúmina, bilirrubina total, alanina aminotransferasa (ALT), aspartato aminotransferasa (AST), fosfatasa alcalina (FA) y gamma-glutamil transpeptidasa (GGT). La actividad de ALT varió entre 29,84 y 64,22 UI/L; los mayores valores se registraron con 10 % de harina de hojas de cuatro meses de rebrote, mientras que el menor valor correspondió a la inclusión de 30 % de harina de 12 meses. La AST presentó valores entre 48,79 y 85,37 UI/L, mostrando igualmente una disminución conforme aumentaron la edad de rebrote y el nivel de inclusión. Tanto la ALT como la AST fueron afectadas significativamente por el tratamiento, la edad de rebrote y el nivel de inclusión ($p < 0,01$), sin interacción significativa entre la edad y la inclusión. Por el contrario, la fosfatasa alcalina osciló entre 118,16 y 137,59 UI/L y no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$). La GGT varió entre 19,58 y

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

24,88 UI/L; fue afectada por el tratamiento y la edad de rebrote ($p < 0,01$), pero no por el nivel de inclusión ni por la interacción entre ambos factores. Los autores concluyeron que la incorporación de harina de hojas de *E. edulis* no produjo alteraciones hepáticas adversas, debido a que los metabolitos evaluados se mantuvieron dentro de valores considerados aceptables para la especie [9].

e) Herrera et al. (2022) evaluaron el efecto de la sustitución de harina de soya por harina de larvas de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) sobre la calidad de la carne de cuyes (*Cavia porcellus*). Se utilizaron 60 cuyes machos de la línea Perú, distribuidos en tres tratamientos: 0, 50 y 100 % de sustitución de la harina de soya. No se observaron diferencias significativas en el contenido de proteína, perfil de aminoácidos, pH, color ni capacidad de retención de agua de la carne. Sin embargo, las grasas consideradas deseables aumentaron de 3,9 ± 0,2 en el grupo control a 5,2 ± 0,3 y 5,9 ± 0,1 con 50 y 100 % de sustitución, respectivamente. Los autores concluyeron que la harina de H. illucens puede sustituir parcial o totalmente a la harina de soya sin afectar negativamente la calidad de la carne. Este antecedente respalda el uso potencial de las harinas de insectos en la alimentación de cuyes y justifica complementar su evaluación mediante indicadores bioquímicos hepáticos y pancreáticos [2].

f) Dabbou et al., evaluaron el efecto de la inclusión de 0, 5, 10 y 15 % de harina parcialmente desgrasada de larvas de Hermetia illucens en dietas para 256 pollos de engorde. La actividad sérica de AST fue de 379,57 UI/L en el grupo control, 367,52 UI/L con 5 % de inclusión, 366,33 UI/L con 10 % y 358,78 UI/L con 15 % de harina de larvas. Aunque se observó una reducción numérica progresiva de la AST, las diferencias no fueron estadísticamente significativas, tanto para la respuesta lineal ($p = 0,437$) como para la cuadrática ($p = 0,904$). Los autores concluyeron que la inclusión de harina de H. illucens no produjo alteraciones significativas en los parámetros sanguíneos evaluados. Este antecedente evidencia que la incorporación de hasta 15 % de harina de larvas no modificó significativamente la actividad de AST en pollos de engorde [17].

g) Elahi et al., evaluaron el efecto de la harina de larvas de mosca doméstica (*Musca domestica*) como sustituto parcial de la harina de soya sobre el rendimiento productivo, las características de la carcasa, la calidad de la carne y el perfil sanguíneo de pollos de engorde. Para ello, utilizaron 720 pollos machos de un día de edad, distribuidos en tres tratamientos dietéticos, en los cuales la harina de larvas sustituyó a la harina de soya en

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

niveles de 0 %, 4 % y 8 %, durante un periodo experimental de 42 días. La harina de larvas presentó 62,98 % de proteína cruda, 5,58 % de grasa, 9,64 % de fibra cruda y una energía bruta de 4 658 kcal/kg. Los autores encontraron que su inclusión no afectó significativamente el peso corporal, la ganancia diaria de peso ni el consumo diario de alimento. Asimismo, la mayoría de los indicadores bioquímicos sanguíneos, las características de la carcasa y la calidad de la carne no presentaron alteraciones relevantes. Aunque se observaron variaciones en la fosfatasa alcalina, proteína total y ácido úrico, estos valores se mantuvieron dentro de los rangos fisiológicos. En consecuencia, concluyeron que la harina de larvas de mosca doméstica puede sustituir hasta el 8 % de la harina de soya en dietas para pollos de engorde sin ocasionar efectos adversos sobre el desempeño productivo ni sobre el estado fisiológico de las aves [18].

h) Salehizadeh et al., evaluaron el efecto de la inclusión de harina de larvas de mosca doméstica y de un suplemento multienzimático-probiótico sobre el rendimiento productivo, la calidad del huevo y el perfil bioquímico sanguíneo de 192 gallinas ponedoras Lohmann LSL-Lite de 56 semanas de edad. El ensayo tuvo una duración de 10 semanas y se desarrolló bajo un arreglo factorial 4 × 2, con niveles de 0, 5, 10 y 15 % de harina de larvas y dos niveles del suplemento, 0 y 0,05 %. La inclusión de harina de larvas modificó significativamente la actividad de las enzimas hepáticas ($p < 0,001$). La AST disminuyó de 183,00 UI/L en el grupo control a 177,13, 165,50 y 143,75 UI/L con 5, 10 y 15 % de inclusión, respectivamente. Por el contrario, la ALT aumentó de 24,37 UI/L en el control a 27,50, 27,87 y 33,00 UI/L, alcanzando el valor más alto con 15 % de harina de larvas. La fosfatasa alcalina también disminuyó desde 705,25 UI/L en el control hasta 295,00, 554,75 y 545,88 UI/L en los tratamientos con 5, 10 y 15 %, respectivamente. La albúmina presentó valores entre 2,26 y 2,41 g/dL, sin diferencias significativas entre los niveles de inclusión ($p = 0,064$). Los autores concluyeron que la inclusión de 10 % de harina de larvas, con o sin el suplemento, constituyó una alternativa nutricionalmente eficiente y metabólicamente segura; sin embargo, el incremento de ALT observado con 15 % de inclusión sugirió una posible respuesta de estrés hepático [19].

3.2 Marco teórico

3.2.1 El cuy (*Cavia porcellus*)

El cuy es una especie doméstica de origen andino que ha sido criada tradicionalmente en países como Perú, Ecuador y Bolivia, donde constituye una fuente importante de

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

proteína animal [20]. Su producción se caracteriza por requerir baja inversión inicial, adaptarse a diversos sistemas de crianza y presentar una alta eficiencia reproductiva, lo que la convierte en una alternativa productiva para pequeños y medianos productores [1].

Desde el punto de vista productivo, el cuy tiene ventajas relevantes, como un corto ciclo productivo, rápida ganancia de peso y buen rendimiento de canal [20]. Estas características han impulsado el desarrollo de sistemas de producción más tecnificados, orientados al autoconsumo y al mercado local y regional. Asimismo, la carne de cuy es reconocida por su alto valor nutricional, ya que posee un contenido elevado de proteínas de buena calidad biológica, bajo nivel de grasa y una proporción favorable de ácidos grasos [21].

En el ámbito científico y zootécnico, el cuy ha cobrado mayor importancia como especie de estudio, especialmente en investigaciones relacionadas con nutrición, metabolismo y sanidad [20]. Su fisiología digestiva y metabólica presenta particularidades que requieren ser consideradas al momento de formular dietas, especialmente cuando se incorporan ingredientes no convencionales [22]. Por ello, el cuy representa un modelo adecuado para evaluar el impacto de nuevas fuentes proteicas sobre parámetros productivos y bioquímicos, como la función hepática y pancreática [23].

3.2.1.1 Nutrición y alimentación del cuy

La nutrición es uno de los factores más importantes en la eficiencia productiva, la salud y el bienestar de los cuyes [1]. Una alimentación balanceada y adecuada a los requerimientos nutricionales de la especie es fundamental para asegurar un crecimiento óptimo, un buen estado sanitario y una adecuada calidad del producto final [24]. En este contexto, la proteína desempeña un rol central, ya que participa directamente en la formación de tejidos, la producción de enzimas y hormonas, y el mantenimiento de las funciones metabólicas [23].

Las dietas para cuyes se han basado en forrajes y suplementos concentrados que incluyen fuentes proteicas convencionales como la harina de soya [24]. Sin embargo, el incremento en el costo de estos insumos y su disponibilidad

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

limitada han generado la necesidad de explorar alternativas nutricionales que permitan mantener el rendimiento productivo sin comprometer la salud de los animales [25]. Sin embargo, la inclusión de nuevas fuentes proteicas exige una evaluación integral, no solo desde el punto de vista productivo, sino también metabólico.

El hígado y el páncreas cumplen funciones esenciales en el metabolismo de los nutrientes, siendo órganos clave en la digestión, absorción y transformación de proteínas, lípidos y carbohidratos [23]. Por ello, la alimentación del animal puede influir directamente en su función metabólica, y cualquier modificación en la composición de la dieta puede reflejarse en variaciones de los parámetros bioquímicos hepáticos y pancreáticos [9].

La incorporación de nuevas fuentes proteicas, como la harina de larvas de mosca doméstica, debe sustentarse en estudios que evalúen su inocuidad y sus posibles efectos sobre el metabolismo animal. En este contexto, el análisis del perfil bioquímico hepático y pancreático permite generar evidencia sobre la respuesta fisiológica de los cuyes y contribuir a valorar la viabilidad de esta harina como insumo alimenticio alternativo en sistemas productivos eficientes y sostenibles [11].

3.2.2 Harina de insectos en la alimentación animal

En los últimos años, las harinas de insectos han cobrado creciente interés como alternativa nutricional en la alimentación animal, debido a la necesidad de encontrar fuentes proteicas sostenibles que permitan reducir la dependencia de insumos convencionales como la harina de soya y la harina de pescado [4]. El incremento de los costos de producción, junto con las preocupaciones ambientales asociadas a la producción intensiva de estas materias primas, ha impulsado la búsqueda de ingredientes alternativos con alto valor nutricional y menor impacto ambiental [26].

Los insectos presentan características favorables desde el punto de vista nutricional, ya que sus harinas contienen altos niveles de proteína, con perfiles de aminoácidos esenciales comparables a los de las fuentes proteicas tradicionales [25]. Además, aportan lípidos que pueden contener proporciones relevantes de ácidos grasos

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

monoinsaturados y poliinsaturados, entre ellos los ácidos oleico, linoleico y α-linolénico, aunque su composición varía según la especie de insecto, el sustrato de crianza y el procesamiento de la harina [26]. Estas propiedades han motivado su evaluación en la alimentación de diversas especies productivas, incluyendo aves, peces, porcinos y animales menores [27].

Desde el enfoque productivo, varios estudios han demostrado que la inclusión de harinas de insectos en dietas animales puede mantener o mejorar parámetros como el crecimiento, la eficiencia alimenticia y la calidad del producto final, siempre que se empleen niveles adecuados de inclusión y dietas correctamente balanceadas [28]. Asimismo, se ha reportado que las harinas de insectos pueden sustituir parcial o totalmente fuentes proteicas convencionales sin generar efectos adversos significativos, aunque la respuesta depende de la especie animal, el tipo de insecto y el porcentaje de inclusión [29].

Se han evidenciado que la inclusión de harina de insectos puede inducir adaptaciones metabólicas, particularmente a nivel hepático y digestivo, reflejadas en cambios en parámetros bioquímicos, actividad enzimática y metabolitos séricos [30]. Por esta razón, la evaluación de indicadores bioquímicos resulta importante para determinar la seguridad y viabilidad de estas fuentes proteicas alternativas en la alimentación animal. Desde la perspectiva ambiental, las harinas de insectos representan una opción sostenible, ya que los insectos poseen una alta eficiencia de conversión alimenticia y pueden ser criados utilizando residuos orgánicos animales y agroindustriales, contribuyendo a la economía circular y a la reducción de la huella ambiental de la producción animal [31].

3.2.3 Metabolismo hepático en animales domésticos

El hígado es uno de los órganos más importantes en los animales, ya que cumple funciones esenciales relacionadas con la digestión, absorción, transformación y almacenamiento de nutrientes [15]. Actúa como centro regulador del metabolismo de proteínas, lípidos y carbohidratos, además de participar en la detoxificación de sustancias exógenas y endógenas, la síntesis de proteínas plasmáticas y la producción de bilis, indispensable para la digestión de grasas [32].

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

En el metabolismo proteico, el hígado desempeña un papel clave en la desaminación y transaminación de aminoácidos, la síntesis de albúmina y otras proteínas séricas, así como en el metabolismo del nitrógeno [15]. Asimismo, regula el metabolismo lipídico mediante la síntesis, oxidación y transporte de ácidos grasos, colesterol y lipoproteínas. En cuanto al metabolismo de carbohidratos, el hígado mantiene la homeostasis glucémica a través de procesos como la gluconeogénesis, glucogénesis y glucogenólisis [32].

La función hepática puede verse influenciada directamente por la dieta, especialmente por la calidad y el tipo de fuente proteica utilizada[33]. Cambios en la composición de la dieta pueden generar adaptaciones metabólicas hepáticas, reflejadas en variaciones de enzimas y metabolitos séricos. Por ello, la evaluación del perfil bioquímico hepático, mediante indicadores como las aminotransferasas, fosfatasa alcalina, bilirrubina, albúmina y proteínas totales, permite detectar alteraciones funcionales o adaptaciones fisiológicas asociadas al manejo nutricional [32].

En animales de producción, y particularmente en cuyes, el análisis del metabolismo hepático es fundamental al introducir ingredientes alternativos en la dieta, ya que el hígado es uno de los primeros órganos en responder a cambios dietarios [9]. La evaluación de su estado funcional contribuye a garantizar que nuevas fuentes alimenticias animal [15].

3.2.3.1 El perfil hepático

El perfil hepático en animales comprende un conjunto de pruebas bioquímicas empleadas para evaluar la integridad celular, la función metabólica y la capacidad excretora del hígado [34]. Este órgano participa en procesos esenciales como el metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas, la síntesis de albúmina y factores de coagulación, la detoxificación de compuestos endógenos y exógenos, y la formación y excreción de bilis. Por ello, la evaluación del perfil hepático es una herramienta importante en medicina veterinaria, nutrición animal, toxicología experimental y estudios productivos [35].

La bioquímica clínica veterinaria permite interpretar las alteraciones metabólicas producidas por enfermedades o cambios fisiológicos en

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

animales domésticos [36]. En este sentido, el perfil hepático no solo permite detectar daño hepático directo, sino también identificar alteraciones secundarias asociadas con nutrición, estrés metabólico, infecciones, intoxicaciones o cambios en el estado fisiológico del animal [37]. Su interpretación debe considerar la especie, edad, dieta, sistema de crianza, condición sanitaria y valores de referencia utilizados por el laboratorio [38].

Los principales indicadores del perfil hepático incluyen enzimas séricas como alanina aminotransferasa (ALT), aspartato aminotransferasa (AST), fosfatasa alcalina (ALP o FA) y gamma-glutamil transferasa (GGT). Estas enzimas se utilizan para valorar distintos tipos de alteración hepática. La ALT y la AST se relacionan principalmente con lesión hepatocelular, debido a que pueden liberarse hacia la sangre cuando existe daño en la membrana de los hepatocitos [32]. Sin embargo, la especificidad de estas enzimas varía entre especies: la ALT tiene mayor utilidad diagnóstica en perros, gatos y animales de laboratorio, mientras que la AST también puede elevarse por daño muscular, por lo que debe interpretarse junto con otros parámetros bioquímicos y clínicos. Boone *et al*., señalan que la ALT y la AST son indicadores recomendados para evaluar lesión hepatocelular en estudios preclínicos, aunque la ALT suele considerarse más específica que la AST en especies como ratas, perros y primates no humanos [39].

Para la interpretación del perfil bioquímico hepático se consideraron valores reportados previamente en cuyes clínicamente sanos y en estudios experimentales realizados en la especie. Rossi *et al*., registraron valores medios de 27,1 UI/L para ALT, 34,9 UI/L para AST, 156,8 UI/L para fosfatasa alcalina, 7,6 UI/L para GGT, 5,6 g/dL para proteína total y 3,44 g/dL para albúmina [14]. Por su parte, Ramos y Cárdenas, reportaron valores de ALT entre 29,84 y 64,22 UI/L, AST entre 48,79 y 85,37 UI/L, fosfatasa alcalina entre 118,16 y 137,59 UI/L, GGT entre 19,58 y 24,88 UI/L, proteína total entre 5,42 y 6,21 g/dL, albúmina entre 2,80 y 3,06 g/dL y bilirrubina total entre 0,11 y 0,32 mg/dL. Estos datos fueron empleados como valores comparativos y no como intervalos de referencia definitivos, debido a las diferencias en población, dieta, metodología analítica y condiciones experimentales [9].

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

3.2.4 Metabolismo pancreático y digestión

El páncreas es un órgano esencial en el proceso digestivo y metabólico, ya que cumple funciones tanto exocrinas como endocrinas [40]. Desde el punto de vista exocrino, el páncreas produce y secreta enzimas digestivas fundamentales para la degradación de los nutrientes, como amilasa, lipasa y proteasas, que permiten la digestión de carbohidratos, lípidos y proteínas, respectivamente [15].

La actividad pancreática está estrechamente relacionada con la composición de la dieta [12]. La cantidad y calidad de proteína, grasa y carbohidratos pueden influir en la secreción y actividad de las enzimas pancreáticas, generando adaptaciones funcionales del órgano [15]. Dietas con ingredientes no convencionales o con factores antinutricionales pueden alterar la secreción enzimática, afectando la eficiencia digestiva y el aprovechamiento de los nutrientes [41].

Además de su función digestiva, el páncreas participa en la regulación metabólica a través de su función endocrina, produciendo hormonas como la insulina y el glucagón, que intervienen en el control de la glucosa sanguínea [40]. Aunque la evaluación endocrina no siempre forma parte de los estudios nutricionales, la función exocrina pancreática constituye un indicador clave del estado digestivo del animal [41].

En cuyes, el metabolismo pancreático adquiere especial relevancia debido a su fisiología digestiva y a la sensibilidad del páncreas frente a cambios en la fuente proteica [40]. Por ello, la evaluación del perfil bioquímico pancreático, a través de enzimas como la amilasa y la lipasa, permite determinar el impacto de nuevas dietas sobre la capacidad digestiva y la salud pancreática durante la fase de engorde [41].

3.2.4.1 El perfil pancreático

El perfil pancreático es importante porque permite valorar la integridad y la funcionalidad del páncreas, especialmente su función exocrina, encargada de la digestión de lípidos, proteínas y carbohidratos.[42] La bibliografía revisada señala que el páncreas exocrino cumple un papel central en la digestión de nutrientes; por ello, alteraciones en su secreción pueden participar en cuadros de malnutrición, mala absorción y deterioro del estado metabólico general [43].

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

Desde el punto de vista clínico, el perfil pancreático permite detectar alteraciones en enzimas como amilasa y lipasa, además de otros indicadores relacionados con la secreción pancreática, como el bicarbonato o la respuesta a estímulos digestivos [42]. Farges *et al*., describen que, en sujetos de edad avanzada, se ha observado una disminución significativa de la secreción exocrina pancreática, incluyendo bicarbonato, lipasa y producción enzimática. Esto demuestra que el estudio del perfil pancreático no solo permite identificar daño agudo, sino también cambios funcionales asociados con la edad, el estrés metabólico o la desnutrición [44].

Su importancia aumenta en situaciones de estrés fisiológico, como endotoxemia, inflamación sistémica, ayuno prolongado, enfermedad grave. En estas condiciones, una función pancreática disminuida puede limitar la digestión y absorción de nutrientes justo cuando el organismo requiere mayor aporte energético y proteico [45]. En el estudio de Farges *et al*., la suplementación con extracto pancreático en ratas envejecidas y endotoxémicas limitó la pérdida de masa muscular inducida por lipopolisacárido y aumentó el contenido muscular de glutamina. Estos hallazgos sugieren que una adecuada actividad pancreática favorece la eficiencia de la nutrición, especialmente durante estados hipermetabólicos o catabólicos [44].

Otro punto relevante es que la secreción pancreática no solo participa en la digestión, sino también en el mantenimiento de la troficidad intestinal. La bibliografía señala que la involución de la función pancreática puede afectar la proliferación y adaptación de la mucosa intestinal, lo cual puede comprometer aún más la absorción de nutrientes durante ayuno o enfermedad [8].

La interpretación del perfil pancreático debe hacerse de forma integrada, considerando especie, edad, sexo, estado fisiológico, técnica de muestreo y valores de referencia [43]. Los parámetros bioquímicos pueden variar de manera significativa según edad y sexo, lo que refuerza la necesidad de utilizar intervalos de referencia específicos para evitar interpretaciones

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

erróneas [8]. En cuyes, la información sobre indicadores bioquímicos pancreáticos es limitada y se concentra principalmente en la determinación de amilasa y lipasa, estableciéndose para la amilasa un intervalo de referencia de 726,93 a 1831,55 U/L y 152 U/L para lipasa [16].

3.3 Marco conceptual

a) **Fase de engorde.** Etapa productiva del cuy comprendida entre el destete y el beneficio, cuyo objetivo es alcanzar un peso vivo adecuado para la comercialización mediante una alimentación balanceada. Generalmente, esta fase se inicia después del destete, aproximadamente entre las 2 y 4 semanas de edad, y puede extenderse hasta las 10–13 semanas. Durante este periodo, los cuyes pueden pasar de un peso aproximado de 250–400 g al destete a valores cercanos a 700–1000 g de peso vivo al finalizar el engorde, dependiendo de la línea genética, el sexo, la dieta y las condiciones de manejo [46].

b) **Inclusión dietaría.** Porcentaje de un ingrediente incorporado dentro de la formulación total de una dieta [12].

c) **Metabolismo hepático.** Conjunto de procesos bioquímicos que se desarrollan en el hígado y que regulan el metabolismo de proteínas, lípidos y carbohidratos, así como la detoxificación y síntesis de proteínas plasmáticas [47].

d) **Metabolismo pancreático.** Procesos fisiológicos relacionados con la función exocrina y endocrina del páncreas, principalmente la secreción de enzimas digestivas (amilasa, lipasa y proteasas) y la regulación metabólica [40].

e) **Perfil bioquímico hepático.** Conjunto de parámetros bioquímicos séricos que reflejan el estado funcional del hígado, tales como aminotransferasas, fosfatasa alcalina, bilirrubina, albúmina y proteínas totales [47].

f) **Perfil bioquímico pancreático.** Conjunto de parámetros bioquímicos que permiten evaluar la función pancreática, principalmente a través de enzimas digestivas como amilasa y lipasa [40].

g) **Alanina aminotransferasa (ALT).** Enzima intracelular que participa en el metabolismo de los aminoácidos mediante reacciones de transaminación. Se encuentra

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

principalmente en el citoplasma celular y su actividad sérica es utilizada como indicador de integridad hepatocelular, debido a que puede incrementarse ante alteraciones de la membrana de los hepatocitos. Su interpretación debe realizarse considerando la especie animal y conjuntamente con otros indicadores del perfil hepático [32,39].

h) **Aspartato aminotransferasa (AST).** Enzima intracelular presente tanto en el citoplasma como en las mitocondrias de diferentes tejidos, incluido el hígado, que participa en reacciones de transaminación relacionadas con el metabolismo de aminoácidos. En condiciones fisiológicas presenta una actividad sérica determinada; sin embargo, su incremento puede estar relacionado con daño celular. Debido a que también se encuentra en tejidos extrahepáticos, especialmente músculo, posee menor especificidad hepática y debe interpretarse junto con otros indicadores bioquímicos [32,39].

i) **Fosfatasa alcalina (ALP).** Enzima presente en diversos tejidos del organismo y asociada, a nivel hepático, con el sistema hepatobiliar. Forma parte de las determinaciones bioquímicas utilizadas para valorar la función hepática y los procesos relacionados con la excreción biliar. Debido a su presencia en otros tejidos, su actividad sérica debe interpretarse conjuntamente con otras enzimas y metabolitos hepáticos y considerando las características fisiológicas de la especie [34,47].

j) **Proteína total.** Indicador bioquímico que representa principalmente la concentración conjunta de albúmina y globulinas presentes en el suero. Su evaluación forma parte del perfil hepático debido a la participación del hígado en la síntesis y regulación de diversas proteínas plasmáticas. En animales sanos, sus concentraciones reflejan, entre otros factores, el equilibrio entre síntesis proteica, estado nutricional y metabolismo general; por ello, debe interpretarse conjuntamente con albúmina y otros indicadores bioquímicos [34,47].

k) **Albúmina.** Principal proteína plasmática sintetizada por el hígado, que contribuye al mantenimiento de la presión oncótica y al transporte de diferentes sustancias en la circulación sanguínea. En un hígado funcionalmente sano, su síntesis contribuye al mantenimiento de concentraciones séricas relativamente estables; por ello, su determinación constituye un indicador de la capacidad sintética hepática, aunque su interpretación debe considerar también el estado nutricional y otros factores fisiológicos [34,47].

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

l) **Bilirrubina total.** Pigmento derivado principalmente del catabolismo del grupo hemo que circula en sangre en formas conjugada y no conjugada. El hígado participa en su captación, conjugación y posterior excreción hacia la bilis. La bilirrubina total corresponde al conjunto de sus diferentes fracciones séricas y constituye un indicador de la capacidad metabólica y excretora del sistema hepatobiliar; por ello, sus alteraciones deben interpretarse junto con las enzimas hepáticas y otros hallazgos bioquímicos [34,47].

m) **Bilirrubina directa.** Fracción de la bilirrubina que ha sido procesada principalmente mediante conjugación hepática, adquiriendo mayor solubilidad para facilitar su eliminación a través de la bilis. En condiciones fisiológicas, el hígado permite su procesamiento y excreción adecuados. El incremento de su concentración sérica puede estar relacionado con alteraciones en el transporte o la excreción hepatobiliar, por lo que debe evaluarse conjuntamente con la bilirrubina total y otros indicadores hepáticos [34,47].

n) **Amilasa.** Enzima digestiva secretada principalmente por el páncreas exocrino que participa en la digestión de carbohidratos mediante la hidrólisis de polisacáridos. En condiciones fisiológicas, su producción y secreción contribuyen a la adecuada digestión de los carbohidratos de la dieta. Su determinación forma parte de la evaluación de la actividad pancreática, aunque su interpretación debe realizarse considerando la especie y otros indicadores de función pancreática [40,42,43].

o) **Lipasa.** Enzima digestiva producida principalmente por el páncreas exocrino que participa en la hidrólisis de los triglicéridos y, por tanto, en la digestión y aprovechamiento de los lípidos de la dieta. En un páncreas funcionalmente sano, su secreción contribuye a una adecuada digestión y absorción de las grasas. Su actividad constituye uno de los indicadores utilizados para valorar la función pancreática exocrina y debe interpretarse conjuntamente con otros parámetros clínicos y bioquímicos [40,42,43].

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

CAPÍTULO IV
METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

La presente investigación fue de tipo aplicada, ya que estuvo orientada a generar conocimiento con un propósito práctico y utilitario, enfocado en la solución de una problemática concreta del ámbito productivo pecuariov[48]. En este caso, el estudio evaluó el uso de la harina de larvas de mosca doméstica como fuente proteica alternativa en la alimentación de cuyes, con la finalidad de determinar su efecto sobre el perfil bioquímico hepático y pancreático, así como aportar evidencia científica que respalde su posible aplicación en sistemas productivos.

Asimismo, la investigación tuvo un enfoque cuantitativo, debido a que se basó en la medición objetiva de variables mediante la recolección de datos numéricos obtenidos a partir de análisis bioquímicos[49]. Los resultados fueron procesados utilizando métodos estadísticos que permitieron contrastar la hipótesis y establecer conclusiones sustentadas en evidencia empírica.

Desde el punto de vista metodológico, el estudio correspondió a una investigación experimental, ya que se manipuló deliberadamente la variable independiente [49], representada por la inclusión del 10 % de harina de larvas de mosca doméstica en la dieta, con el fin de observar su efecto sobre las variables dependientes, correspondientes a los parámetros del perfil bioquímico hepático y pancreático.

De acuerdo con el alcance del estudio, la investigación fue de nivel explicativo, ya que no se limitó únicamente a describir o comparar resultados, sino que buscó explicar la relación causal existente entre la inclusión de harina de larvas de mosca doméstica en la dieta y los cambios observados en el perfil bioquímico hepático y pancreático de los cuyes en fase de engorde.

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

4.2 Diseño de la investigación

La organización experimental se estableció con la finalidad de comparar, bajo condiciones homogéneas de manejo, la respuesta bioquímica de los cuyes alimentados con una dieta convencional y de aquellos que recibieron una dieta con 10 % de harina de larvas de mosca doméstica. Para ello, se consideró a cada animal como una unidad experimental independiente y se mantuvo un control individual del consumo, del manejo sanitario y de las condiciones de alojamiento durante el periodo de evaluación.

Se utilizaron un total de 10 cuyes (*Cavia porcellus*), los cuales fueron distribuidos aleatoriamente en dos grupos experimentales, conformados por cinco animales cada uno. El grupo control recibió una dieta convencional sin inclusión de harina de larvas, mientras que el grupo experimental fue alimentado con una dieta que incluyó el 10 % de harina de larvas de mosca doméstica. Cada cuy constituyó una unidad experimental independiente.

Los animales fueron alojados en jaulas metabólicas individuales, lo que permitió un control preciso del consumo alimenticio, el manejo sanitario y las condiciones ambientales, además de evitar interferencias entre individuos. Este tipo de alojamiento facilitó la obtención de resultados confiables y redujo la variabilidad asociada al comportamiento social o a la competencia por el alimento.

4.3 Descripción ética de la investigación

El número de animales empleado en el estudio fue aprobado previamente por el Comité de Ética en Investigación correspondiente (Anexo 3), considerando criterios científicos y éticos que permitieron obtener resultados válidos y, al mismo tiempo, minimizar el uso de animales de experimentación. Esta decisión se fundamentó en el cumplimiento del principio de reducción, en concordancia con los lineamientos del enfoque de las 3R: reemplazo, reducción y refinamiento.

Durante el desarrollo del experimento, los cuyes fueron alojados en jaulas metabólicas individuales, las cuales permitieron un manejo adecuado, el monitoreo permanente de los animales y la prevención de situaciones de estrés o agresión entre individuos. Se garantizó el acceso continuo a alimento y agua, así como condiciones ambientales adecuadas de temperatura, ventilación e iluminación, de acuerdo con los requerimientos fisiológicos de la especie.

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

Las dietas experimentales suministradas fueron formuladas para cubrir los requerimientos nutricionales de los cuyes en fase de engorde, evitando deficiencias o excesos que pudieran comprometer la salud del animal. Asimismo, todas las actividades de manejo, alimentación y evaluación fueron realizadas por personal capacitado, aplicando procedimientos orientados a minimizar el estrés, el dolor y cualquier forma de sufrimiento innecesario.

La obtención de muestras biológicas se efectuó mediante técnicas estandarizadas y aceptadas en la práctica veterinaria, procurando causar la menor molestia posible a los animales. Al finalizar el estudio, los cuyes fueron manejados conforme a las disposiciones establecidas por el comité de ética y la normativa institucional vigente.

En conjunto, la investigación se condujo bajo un marco ético riguroso, priorizando el bienestar animal y asegurando que los procedimientos empleados estuvieran debidamente justificados desde el punto de vista científico, fueran proporcionales a los objetivos del estudio y respetaran los principios de la investigación responsable.

4.4 Población y muestra

La población de interés estuvo constituida por cuyes (*Cavia porcellus*) en fase de engorde, criados bajo condiciones controladas de alimentación, alojamiento y manejo sanitario.

La población estuvo conformada por los cuyes disponibles en la unidad experimental que cumplían los criterios de inclusión establecidos para el estudio. Se seleccionaron 10 animales clínicamente sanos, de edad y peso vivo similares, que posteriormente fueron asignados aleatoriamente a dos tratamientos, con cinco unidades experimentales por tratamiento.

El tamaño de la muestra se estableció considerando la naturaleza experimental del estudio, la disponibilidad de animales homogéneos, el alojamiento individual en jaulas metabólicas y el número de unidades experimentales empleado en investigaciones preliminares y estudios comparables. Cada cuy constituyó una unidad experimental independiente.

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

4.5 Procedimiento

4.5.1 Aprobación ética y planificación experimental

Una vez obtenida la autorización, se planificó el diseño experimental, la formulación de las dietas y la logística necesaria para el manejo de los animales y la ejecución de los análisis bioquímicos.

4.5.2 Evaluación clínica y sanitaria preexperimental

Antes del inicio del periodo experimental, los diez cuyes seleccionados fueron sometidos a una evaluación clínica y sanitaria individual con la finalidad de verificar su estado de salud y reducir la posibilidad de que alteraciones preexistentes interfirieran con los indicadores bioquímicos evaluados posteriormente.

La evaluación clínica comprendió la inspección general de cada animal, el registro individual del peso vivo y la evaluación de la integridad de las mucosas visibles. Solo se consideraron aptos para el experimento aquellos animales que no presentaron alteraciones clínicas evidentes durante esta evaluación.

Adicionalmente, se realizó una evaluación sanitaria orientada a descartar la presencia de *Salmonella* spp. Para ello, se obtuvo una muestra individual mediante hisopado rectal de cada cuy, la cual fue sometida a cultivo microbiológico para determinar la presencia o ausencia de este microorganismo. Los resultados de los cultivos fueron negativos para *Salmonella* spp. en todos los animales evaluados.

Una vez verificado el estado clínico y sanitario de los cuyes, los animales fueron considerados aptos para su inclusión en el estudio y continuaron con el periodo de adaptación previo al inicio de los tratamientos experimentales.

4.5.3 Selección y adaptación de los animales

Se seleccionaron diez cuyes machos de la raza Mi Perú, en fase de engorde, con siete semanas de edad y un peso vivo promedio aproximado de 800 g. Los animales que cumplieron con los criterios clínicos y sanitarios establecidos en la evaluación preexperimental fueron incluidos en el ensayo.

Antes del inicio de la evaluación, los cuyes fueron sometidos a un periodo de adaptación de 7 días, durante el cual se habituaron al alojamiento en jaulas

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

metabólicas individuales, al manejo rutinario y a la dieta basal. Esta etapa tuvo como finalidad reducir el estrés ocasionado por el cambio de ambiente y minimizar su posible influencia sobre los indicadores bioquímicos evaluados.

Finalizado el periodo de adaptación, los animales fueron asignados a los tratamientos y recibieron las dietas experimentales durante 21 días consecutivos. El grupo control recibió una dieta convencional sin harina de larvas, mientras que el grupo experimental recibió una dieta con 10 % de harina de larvas de mosca doméstica.

Durante los 28 días del ensayo, los animales permanecieron alojados individualmente en jaulas metabólicas, ubicadas en un ambiente con condiciones controladas de temperatura, ventilación e iluminación. Se garantizó el acceso permanente a agua limpia y se aplicó un manejo alimentario y sanitario uniforme. El estado de salud de los cuyes fue monitoreado diariamente, registrándose cualquier alteración clínica, cambio en el comportamiento o variación en el consumo de alimento.

4.5.4 Formulación y suministro de las dietas experimentales

La Tabla 2 presenta la composición porcentual de las dos dietas experimentales utilizadas en el estudio. La dieta control estuvo constituida principalmente por forraje de cebada (61,78 %), torta de soya (24,49 %) y maíz grano (10,56 %), sin inclusión de harina de larvas. En la dieta experimental se incorporó 10 % de harina de larvas de mosca doméstica, lo que permitió reducir la proporción de torta de soya de 24,49 a 11,50 %. Asimismo, se realizaron ajustes en las cantidades de maíz grano, forraje de cebada, metionina, sal y carbonato de calcio, mientras que los niveles de vitamina C y secuestrante de micotoxinas se mantuvieron constantes en ambas dietas.

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

Tabla 2

Composición porcentual de las dietas experimentales

Ingrediente	Dieta control (%)	Dieta con 10 % de harina de larvas (%)
Maíz grano	10,56	15,53
Forraje de cebada	61,78	59,68
Torta de soya	24,49	11,50
Harina de larvas de mosca doméstica	0,00	10,00
Metionina	0,06	0,04
Sal	0,35	0,22
Carbonato de calcio	1,55	1,83
Vitamina C	0,20	0,20
Secuestrante de micotoxinas	1,00	1,00
Total	100,00	100,00

La Tabla 3 presenta la composición nutricional calculada de la dieta control y de la dieta con 10 % de harina de larvas de mosca doméstica. Ambas formulaciones fueron isoproteicas e isoenergéticas, con 18,00 % de proteína cruda y 2 800 kcal/kg de energía digestible. Asimismo, presentaron concentraciones iguales de sodio (0,15 %) y metionina más cistina (0,65 %). La dieta con harina de larvas mostró valores ligeramente mayores de calcio, fósforo y lisina, con 0,88, 0,43 y 1,37 %, respectivamente, en comparación con 0,80, 0,42 y 1,13 % en la dieta control. Por otro lado, presentó valores ligeramente menores de fibra cruda y fibra detergente neutro, con 17,92 y 33,01 %, respectivamente. Estas diferencias reflejan los ajustes realizados en la formulación para incorporar la harina de larvas manteniendo niveles nutricionales comparables entre ambos tratamientos.

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

Tabla 3

Composición nutricional calculada de las dietas experimentales

Componente nutricional	Dieta control	Dieta con 10 % de harina de larvas
Proteína cruda (%)	18,00	18,00
Energía digestible (kcal/kg)	2 800	2 800
Fibra cruda (%)	18,44	17,92
Calcio (%)	0,80	0,88
Fósforo (%)	0,42	0,43
Sodio (%)	0,15	0,15
Lisina (%)	1,13	1,37
Metionina + cistina (%)	0,65	0,65
Fibra detergente neutro, FDN (%)	33,78	33,01

El alimento se suministró diariamente en una cantidad de 60 g por animal, considerando un peso vivo promedio de 800 g. Esta cantidad representó aproximadamente el 7,5 % del peso vivo y fue equivalente a 75 g de alimento/kg de peso vivo/día. Las dietas fueron ofrecidas en forma de harina completamente mezclada y el agua se proporcionó ad libitum durante todo el periodo experimental.

El suministro de alimento se realizó de manera individual en las jaulas metabólicas. El agua limpia y fresca estuvo disponible ad libitum durante todo el periodo de adaptación y evaluación experimental.

4.5.5 Desarrollo del periodo experimental

El periodo experimental se desarrolló durante 28 días, dividido en dos fases. La primera fase correspondió a un periodo de acostumbramiento de 7 días, durante el cual los cuyes fueron adaptados al alojamiento en jaulas metabólicas individuales, al manejo experimental y a la dieta base, con el fin de reducir el estrés y estabilizar las condiciones fisiológicas previas al inicio del tratamiento.

Concluido el periodo de acostumbramiento, se inició la fase experimental, la cual tuvo una duración de 21 días. Este tiempo fue considerado suficiente para que el

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

efecto de la inclusión del 10 % de harina de larvas de mosca doméstica en la dieta pudiera manifestarse a nivel metabólico. Durante esta fase, los animales recibieron las dietas correspondientes a cada tratamiento y se mantuvieron constantes las condiciones de manejo, alimentación y ambiente.

A lo largo de todo el periodo experimental, se garantizó que la única variable de interés fuera la inclusión de harina de larvas en la dieta, asegurando así la validez de los resultados y permitiendo una evaluación adecuada del efecto dietario sobre el perfil bioquímico hepático y pancreático de los cuyes en fase de engorde.

4.5.6 Obtención de muestras biológicas

Al finalizar el periodo experimental, los cuyes fueron sometidos a un ayuno de 12 horas, manteniendo libre acceso al agua. Posteriormente, se realizó la evaluación clínica y el pesaje individual antes de la obtención de las muestras.

La extracción sanguínea se realizó como un procedimiento terminal, bajo anestesia profunda y aplicando medidas de asepsia y bienestar animal. Se obtuvieron aproximadamente 10 mL de sangre por animal mediante venopunción de la vena yugular. Debido al volumen recolectado, la toma de muestra estuvo asociada al procedimiento de eutanasia y no correspondió a una extracción sanguínea de supervivencia.

La sangre fue depositada en tubos de tapa roja sin anticoagulante, previamente identificados con el código correspondiente a cada animal. Las muestras se mantuvieron en reposo hasta la formación y retracción del coágulo y posteriormente fueron centrifugadas a 3500 rpm durante 10 minutos para separar el suero.

El suero obtenido fue transferido a tubos debidamente rotulados y conservado a -20 °C hasta su análisis en el laboratorio.

4.5.7 Análisis bioquímico

Las muestras de suero sanguíneo fueron procesadas en el Laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac (FMVZ-UNAMBA), con la finalidad de determinar

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

los indicadores correspondientes al perfil bioquímico hepático y pancreático de los cuyes.

Las muestras, previamente conservadas a −20 °C, fueron acondicionadas para su procesamiento y verificadas de acuerdo con el código de identificación asignado a cada animal. Para la manipulación del suero se utilizaron micropipetas y puntas desechables, procurando evitar la contaminación cruzada entre las muestras.

Las determinaciones bioquímicas se realizaron utilizando reactivos comerciales de la marca DiaSys (Alemania), específicos para cada analito. Los reactivos fueron conservados bajo las condiciones establecidas por el fabricante y se emplearon siguiendo los procedimientos analíticos correspondientes a cada prueba. Para el procesamiento y lectura de las muestras se utilizó un analizador bioquímico semiautomático Mindray El analizador de bioquímica semiautomático MINDRAY BA-88A es un instrumento de diagnóstico in vitro basado en microcomputadora que une la óptica, la mecánica y el control de automatización en uno.

Características Principales del Mindray BA-88ª

- Métodos de análisis: Punto final, tiempo fijo, cinética y absorbancia.
- Longitud de onda: Rango de 340 a 670 nm.
- Pantalla y control: Pantalla táctil TFT de 7.0 pulgadas con teclado emergente (*popup*), además de soporte para ratón y teclado externo vía USB.
- Capacidad de programación**:** Almacena hasta 200 programas de pruebas y más de 3,000 resultados de pacientes.
- Modos de prueba: Utiliza celda de flujo o cubeta intercambiable.
- Seguridad: Cuenta con protección contra interrupciones repentinas de energía

Perfil bioquímico hepático

El perfil bioquímico hepático comprendió la determinación de alanina aminotransferasa (ALT), aspartato aminotransferasa (AST), fosfatasa alcalina (ALP), proteína total, albúmina, bilirrubina directa y bilirrubina total.

Alanina aminotransferasa (ALT). La actividad sérica de ALT se determinó utilizando el reactivo TGP/GPT FS IFCC mod., Transaminase, marca DiaSys. El suero y los reactivos correspondientes fueron preparados siguiendo las instrucciones del fabricante y posteriormente procesados mediante el analizador bioquímico. Los resultados fueron expresados en UI/L.

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

Aspartato aminotransferasa (AST). La actividad sérica de AST se determinó utilizando el reactivo TGO/ASAT (GOT) FS IFCC mod., Transaminase, marca DiaSys. La preparación de las muestras, incorporación de los reactivos y lectura se efectuaron de acuerdo con el protocolo del fabricante. Los resultados fueron expresados en UI/L.

Fosfatasa alcalina (ALP). La actividad sérica de fosfatasa alcalina se determinó utilizando el reactivo Alkaline Phosphatase FS IFCC, marca DiaSys. El suero fue procesado según las indicaciones establecidas para el reactivo y posteriormente se realizó la lectura en el analizador bioquímico. Los resultados fueron expresados en UI/L.

Proteína total. La concentración sérica de proteína total se determinó empleando el reactivo Total Protein FS, marca DiaSys. Las muestras fueron procesadas según el procedimiento establecido por el fabricante y los resultados fueron expresados en g/dL.

Albúmina. La concentración sérica de albúmina se determinó utilizando el reactivo Albumin FS, marca DiaSys. La muestra de suero fue procesada siguiendo las indicaciones del fabricante y los resultados fueron expresados en g/dL.

Bilirrubina directa. La concentración sérica de bilirrubina directa fue determinada utilizando el reactivo Bilirubin Auto Direct FS, marca DiaSys. La preparación y lectura de las muestras se efectuaron de acuerdo con el procedimiento establecido por el fabricante y los resultados fueron expresados en mg/dL.

Bilirrubina total. La concentración sérica de bilirrubina total se determinó mediante el reactivo Bilirubin Auto Total FS, marca DiaSys. El procedimiento analítico se realizó siguiendo las instrucciones del fabricante y los resultados fueron expresados en mg/dL.

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

Perfil bioquímico pancreático

El perfil bioquímico pancreático comprendió la determinación de las actividades séricas de amilasa y lipasa.

Amilasa. La actividad sérica de amilasa se determinó empleando el reactivo Alpha-Amylase CC FS, marca DiaSys. Las muestras fueron procesadas siguiendo el procedimiento correspondiente al reactivo y posteriormente se realizó la lectura en el analizador bioquímico. Los resultados fueron expresados en U/L.

Lipasa. La actividad sérica de lipasa se determinó utilizando el reactivo Lipase DC FS, marca DiaSys. La preparación de la muestra y la lectura se realizaron siguiendo las indicaciones establecidas por el fabricante. Los resultados fueron expresados en U/L.

Para la calibración y el control del sistema analítico se dispuso de TruCal U Multicalibrator, así como de los controles TruLab N (control normal) y TruLab P (control patológico), de la marca DiaSys. Estos materiales permitieron realizar la verificación analítica correspondiente antes o durante el procesamiento de las muestras, de acuerdo con las instrucciones establecidas por el fabricante.

Los resultados correspondientes a cada indicador bioquímico fueron registrados individualmente de acuerdo con el código de cada animal y posteriormente organizados en la base de datos utilizada para el análisis estadístico.

4.6 Técnica e instrumentos

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron técnicas clínicas, microbiológicas y bioquímicas orientadas a verificar el estado sanitario inicial de los animales y posteriormente determinar los indicadores correspondientes al perfil bioquímico hepático y pancreático.

4.6.1 Técnicas

- **Evaluación clínica.** Antes del inicio del experimento se realizó una evaluación clínica individual de los cuyes con la finalidad de verificar su estado general de salud. Esta evaluación incluyó la inspección física de los animales, la valoración de la integridad de las mucosas visibles y el registro del peso vivo individual.

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

- **Observación directa.** Durante el periodo de adaptación y la fase experimental se efectuó la observación directa de los animales para monitorear su estado sanitario, comportamiento, consumo de alimento y adaptación a las condiciones de alojamiento y manejo experimental.

- **Muestreo mediante hisopado rectal.** Como parte de la evaluación sanitaria preexperimental, se obtuvieron muestras individuales mediante hisopado rectal para descartar la presencia de *Salmonella* spp. Las muestras fueron sometidas a cultivo microbiológico, obteniéndose resultados negativos para *Salmonella* spp. en todos los animales incluidos en el estudio.

- **Obtención y procesamiento de muestras sanguíneas.** Al finalizar el periodo experimental se obtuvieron muestras de sangre mediante venopunción yugular. Posteriormente, las muestras fueron sometidas a coagulación y centrifugación para obtener el suero sanguíneo destinado a las determinaciones bioquímicas.

- **Análisis bioquímico.** El suero sanguíneo fue sometido a análisis bioquímico para determinar los indicadores del perfil hepático y pancreático. El perfil hepático comprendió alanina aminotransferasa (ALT), aspartato aminotransferasa (AST), fosfatasa alcalina (ALP), proteína total, albúmina, bilirrubina directa y bilirrubina total; mientras que el perfil pancreático comprendió amilasa y lipasa. Las determinaciones se realizaron utilizando reactivos comerciales específicos y un analizador bioquímico, siguiendo los procedimientos establecidos para cada prueba.

4.6.2 Equipos e instrumentos

Para la ejecución del experimento y el procesamiento de las muestras se utilizaron los siguientes equipos e instrumentos:

- **Balanza:** utilizada para registrar individualmente el peso vivo de los cuyes antes del inicio del experimento y durante las evaluaciones correspondientes.
- **Jaulas metabólicas individuales:** utilizadas para el alojamiento individual de los animales, permitiendo mantener condiciones homogéneas de manejo y controlar cada unidad experimental.

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

- **Centrífuga de laboratorio:** utilizada para la separación del suero sanguíneo mediante centrifugación de las muestras a 3500 rpm durante 10 minutos.
- **Analizador bioquímico semiautomático Mindray:** utilizado para efectuar las lecturas correspondientes a las determinaciones bioquímicas hepáticas y pancreáticas.
- **Micropipetas:** utilizadas para medir y transferir volúmenes de suero y reactivos durante el procesamiento de las muestras.
- **Gradillas:** utilizadas para mantener organizados e identificados los tubos durante la obtención y procesamiento de las muestras.
- **Fichas y hojas de registro:** utilizadas para consignar la identificación de cada animal, tratamiento experimental, peso vivo, observaciones clínicas y resultados bioquímicos.

4.6.3 Reactivos bioquímicos

Para la determinación de los indicadores séricos se utilizaron reactivos comerciales de la marca DiaSys, Alemania, específicos para cada analito:

- TGO/ASAT (GOT) FS IFCC mod., para la determinación de AST.
- TGP/GPT FS IFCC mod., para la determinación de ALT.
- Alkaline Phosphatase FS IFCC, para la determinación de ALP.
- Bilirubin Auto Direct FS, para bilirrubina directa.
- Bilirubin Auto Total FS, para bilirrubina total.
- Total Protein FS, para proteína total.
- Albumin FS, para albúmina.
- Alpha-Amylase CC FS, para amilasa.
- Lipase DC FS, para lipasa.

Asimismo, se dispuso de TruCal U Multicalibrator, TruLab N como control normal y TruLab P como control patológico, de la marca DiaSys, para la calibración y control del sistema analítico de acuerdo con las recomendaciones correspondientes.

4.6.4 Materiales

Durante la evaluación clínica, obtención, conservación y procesamiento de las muestras se emplearon:

- hisopos rectales estériles;

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

- jeringas estériles desechables;
- agujas hipodérmicas estériles;
- tubos de tapa roja sin anticoagulante;
- tubos para conservación del suero;
- puntas desechables para micropipeta;
- algodón o gasas estériles;
- alcohol al 70 %;
- guantes descartables;
- material para identificación y rotulado de las muestras;
- contenedores para residuos punzocortantes.

4.7 Análisis estadístico

Los datos correspondientes a los indicadores del perfil bioquímico hepático y pancreático fueron analizados mediante la prueba t de Student para muestras independientes, debido a que se compararon dos grupos distintos: el tratamiento control, conformado por cuyes alimentados con una dieta convencional, y el tratamiento experimental, constituido por cuyes alimentados con una dieta que incluyó 10 % de harina de larvas de mosca doméstica.

Cada tratamiento estuvo conformado por cinco unidades experimentales y cada cuy fue considerado una unidad experimental independiente. Para cada variable se calcularon la media aritmética y la desviación estándar.

Previamente, se evaluó el supuesto de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. Cuando se cumplió el supuesto de igualdad de varianzas, se aplicó la prueba t de Student convencional; cuando las varianzas fueron heterogéneas, se utilizó la corrección de Welch. Se consideraron diferencias estadísticamente significativas cuando $p < 0,05$.

El modelo estadístico asociado a la comparación de los tratamientos fue:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

- Y_{ij}: valor observado del parámetro bioquímico en el j-ésimo cuy perteneciente al i-ésimo tratamiento;
- μ: media general;

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

- τ_i: efecto del i-ésimo tratamiento, donde i = 1, 2;
- ε_{ij}: error aleatorio asociado al j-ésimo animal del i-ésimo tratamiento, asumido independiente y normalmente distribuido con media cero y varianza constante.

Las hipótesis estadísticas evaluadas fueron:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$
$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

donde μ_1 representa la media del grupo control y μ_2 la media del grupo alimentado con 10 % de harina de larvas.

La prueba estadística se expresó mediante:

$$t = \frac{\bar{x_1} - \bar{x_2}}{S_p\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Donde:

- $\bar{x}_1$: media del tratamiento control;
- $\bar{x}_2$: media del tratamiento experimental;
- n_1 y n_2: número de animales en cada tratamiento;
- S_p: desviación estándar combinada de ambos grupos.

Criterio de decisión: se rechazó la hipótesis nula cuando el valor de p fue menor que 0,05 ($p < 0,05$).

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

CAPÍTULO V
RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

5.1.1 Perfil hepático de cuyes según el tipo de dieta

La Tabla 4 muestra el efecto de la inclusión del 10 % de harina de larvas de mosca doméstica en la dieta sobre indicadores bioquímicos hepáticos en cuyes en fase de engorde. Los resultados se expresan como media ± desviación estándar, con un tamaño muestral de n = 5 por tratamiento.

En relación con las enzimas hepáticas, los valores de ALT, AST y ALP no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo control y el grupo alimentado con harina de larvas, ya que sus valores de p fueron superiores a 0.05. Esto indica que la inclusión del 10 % de harina de larvas en la dieta no produjo cambios significativos en estos marcadores enzimáticos asociados a función o posible daño hepático.

De manera similar, los niveles de proteína total y albúmina tampoco mostraron diferencias significativas entre tratamientos. Esto sugiere que la dieta con harina de larvas no afectó de forma evidente la síntesis proteica ni el estado proteico general de los animales evaluados.

Sin embargo, se observaron diferencias significativas en los niveles de bilirrubina directa y bilirrubina total. La bilirrubina directa fue mayor en el grupo con harina de larvas, con un valor de 0.37 ± 0.13mg/dL, frente a 0.12 ± 0.09 mg/dL en el grupo control, con un p = 0.0012. Asimismo, la bilirrubina total aumentó en el grupo tratado, alcanzando 0.53 ± 0.15 mg/dL, en comparación con 0.23 ± 0.04 mg/dL en el grupo control, con un p = 0.0007. Las letras diferentes entre tratamientos confirman la existencia de diferencia estadística significativa.

En conjunto, los resultados indican que la inclusión del 10 % de harina de larvas no modificó significativamente las enzimas hepáticas ni los indicadores proteicos

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

evaluados; no obstante, sí produjo un incremento significativo de la bilirrubina directa y total. Este hallazgo podría sugerir una posible influencia de la dieta sobre el metabolismo, transporte o eliminación de la bilirrubina. Sin embargo, al no observarse incrementos significativos en ALT, AST o ALP, no se puede afirmar directamente la presencia de daño hepático.

Tabla 4

Efecto de la inclusión de harina de larvas en dieta sobre indicadores bioquímicos

Variable	Control	Harina de larvas	p-valor
ALT[1]	63.84 ± 19.44 a	59.63 ± 11.28 a	0.6862
AST[2]	65.04 ± 17.79 a	69.73 ± 15.35 a	0.6674
ALP[3]	204.11 ± 51.69 a	197.57 ± 62.63 a	0.8617
Proteína total	2.85 ± 0.24 a	3.18 ± 0.65 a	0.3235
Albúmina	2.60 ± 0.44 a	2.67 ± 0.51 a	0.8270
Bilirrubina directa	0.13 ± 0.04 b	0.37 ± 0.13 a	0.0012
Bilirrubina total	0.23 ± 0.04 b	0.53 ± 0.15 a	0.0007

Valores expresados como media ± DE (n = 5). La comparación entre tratamientos se realizó con prueba t de Student para muestras independientes. Diferencias significativas: $p < 0,05$. En cada fila, letras diferentes indican diferencia significativa; letras iguales, ausencia de diferencia. ALT: alanina aminotransferasa; AST: aspartato aminotransferasa; ALP: fosfatasa alcalina.

5.1.2 Perfil pancreático de cuyes según el tipo de dieta

La Tabla 5 presenta el efecto de la inclusión del 10 % de harina de larvas de mosca doméstica en la dieta sobre el perfil pancreático de cuyes en fase de engorde, considerando como indicadores bioquímicos los niveles de amilasa y lipasa.

Los valores de amilasa fueron similares entre tratamientos. El grupo control presentó un valor de 1136.57 ± 232.88 U/L mientras que el grupo alimentado con 10 % de harina de larvas registró 1157.26 ± 217.41U/L, con un p-valor de 0.8881. Este resultado indica que no existe diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos.

De igual manera, la lipasa mostró valores cercanos entre tratamientos. El grupo control presentó 37.32 ± 8.56U/L, mientras que el grupo suplementado con harina de larvas obtuvo 41.28 ± 6.15U/L, con un p-valor de 0.4257. Al ser este valor mayor a 0.05, se concluye que la diferencia observada no es significativa.

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

Estos resultados sugieren que el uso de este ingrediente alternativo no afectó de manera evidente el perfil pancreático de los animales durante la fase de engorde. En consecuencia, la harina de larvas podría considerarse una alternativa alimenticia sin efectos bioquímicos pancreáticos adversos bajo las condiciones evaluadas en el presente estudio.

Tabla 5

Efecto de la inclusión harina de larvas en la dieta sobre el perfil pancreático

Variable	Control	10 % harina de larvas	p-valor
Amilasa	1136.57 ± 232.88 a	1157.26 ± 217.41 a	0.8881
Lipasa	37.32 ± 8.56 a	41.28 ± 6.15 a	0.4257

Los valores se expresan como media ± desviación estándar. La comparación entre el grupo control y el grupo suplementado con 10 % de harina de larvas se realizó mediante la prueba t de Student para muestras independientes. Se consideraron diferencias estadísticamente significativas cuando $p < 0,05$. Letras diferentes en una misma fila indican diferencia significativa entre tratamientos; letras iguales indican ausencia de diferencia significativa.

5.2 Contraste de hipótesis

Para realizar el contraste de las hipótesis específicas, se consideró un nivel de significancia de $\alpha < 0,05$. Para cada indicador bioquímico se contrastó la hipótesis nula (H_0), que establece la ausencia de diferencias entre el grupo control y el grupo alimentado con 10 % de harina de larvas de mosca doméstica, frente a la hipótesis alternativa (H_1), que establece la existencia de diferencias entre ambos tratamientos. La decisión estadística se determinó a partir del valor de p obtenido para cada indicador, rechazándose H_0 cuando $p < 0,05$. Los resultados del contraste se presentan en la Tabla 6.

Como se observa en la Tabla 6, para el perfil bioquímico hepático no se rechazó H_0 en ALT, AST, ALP, proteína total y albúmina, debido a que los valores de p fueron superiores a 0,05. Por el contrario, se rechazó H_0 para la bilirrubina directa ($p=0.0012$) y la bilirrubina total ($p=0.0007$), evidenciándose diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. En consecuencia, la hipótesis específica relacionada con el perfil hepático fue parcialmente respaldada, debido a que la inclusión de 10 % de harina de larvas produjo diferencias únicamente en dos de los siete indicadores evaluados.

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

Tabla 6

Contraste de hipótesis de los indicadores bioquímicos hepáticos y pancreáticos en cuyes

Hipótesis específica	Indicador	p-valor	Decisión estadística	Interpretación
HE1: Perfil hepático	ALT	0,6862	No se rechaza H_0	Sin diferencia significativa
HE1: Perfil hepático	AST	0,6674	No se rechaza H_0	Sin diferencia significativa
HE1: Perfil hepático	ALP	0,8617	No se rechaza H_0	Sin diferencia significativa
HE1: Perfil hepático	Proteína total	0,3235	No se rechaza H_0	Sin diferencia significativa
HE1: Perfil hepático	Albúmina	0,8270	No se rechaza H_0	Sin diferencia significativa
HE1: Perfil hepático	Bilirrubina directa	0,0012	Se rechaza H_0	Diferencia significativa
HE1: Perfil hepático	Bilirrubina total	0,0007	Se rechaza H_0	Diferencia significativa
HE2: Perfil pancreático	Amilasa	0,8881	No se rechaza H_0	Sin diferencia significativa
HE2: Perfil pancreático	Lipasa	0,4257	No se rechaza H_0	Sin diferencia significativa

En relación con el perfil bioquímico pancreático, no se rechazó H_0 para la amilasa (p=0.8881) ni para la lipasa (p=0.4257), al presentar valores de p superiores a 0,05. Por tanto, la hipótesis específica correspondiente al perfil pancreático no fue respaldada, ya que la inclusión de 10 % de harina de larvas de mosca doméstica no produjo diferencias estadísticamente significativas en los indicadores pancreáticos evaluados.

5.3 Discusión

5.3.1 Perfil hepático de cuyes según el tipo de dieta

En el presente estudio, la inclusión del 10 % de harina de larvas de mosca doméstica (*Musca domestica L.*) en la dieta de cuyes no produjo diferencias significativas en ALT, AST, ALP, proteína total ni albúmina frente al grupo control. Este comportamiento sugiere que la dieta experimental no generó una alteración hepatocelular evidente, debido a que las aminotransferasas, principalmente ALT y AST, se consideran enzimas de fuga asociadas con daño o alteración de la membrana hepatocitaria. Asimismo, la estabilidad de la proteína total y la albúmina permite inferir que la función sintética hepática no fue afectada de manera marcada bajo las condiciones evaluadas. Ramaiah (2007) señala que los parámetros bioquímicos séricos permiten estimar no solo la magnitud del daño hepático, sino también el tipo

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

de alteración, diferenciando entre lesión de membrana hepatocelular, colestasis y compromiso funcional hepático[50].

Al comparar los resultados con los valores reportados por Ramos y Cárdenas (2023), se observó que las actividades de ALT y AST del grupo alimentado con 10 % de harina de larvas, correspondientes a 59,63 ± 11,28 y 69,73 ± 15,35 UI/L, respectivamente, se encontraron dentro de los intervalos registrados por dichos autores, de 29,84–64,22 UI/L para ALT y 48,79–85,37 UI/L para AST. En contraste, la ALP presentó un valor medio de 197,57 ± 62,63 UI/L, superior al intervalo de 118,16–137,59 UI/L informado en cuyes alimentados con harina de pisonay [9]. Asimismo, la proteína total y la albúmina fueron inferiores a los valores publicados, mientras que la bilirrubina total, con 0,51 ± 0,13 mg/dL, superó el intervalo de 0,11–0,32 mg/dL. Sin embargo, las diferencias observadas en ALP y proteína total también estuvieron presentes en el grupo control, por lo que podrían relacionarse con factores como la edad, línea genética, dieta basal, duración experimental. En cambio, el incremento significativo de la bilirrubina total en el grupo experimental sugiere una respuesta asociada al tratamiento que debe complementarse con indicadores hepatobiliares e histopatológicos.

Estos resultados son concordantes con lo reportado por Elahi et al. (2020), quienes evaluaron harina de larvas de mosca doméstica como reemplazo de soya en pollos de engorde y observaron solo cambios leves en indicadores bioquímicos, dentro del rango fisiológico, sin efectos adversos relevantes sobre el desempeño productivo[18]. En dicho estudio, los autores incluyeron ALT, AST, ALP, proteína total, albúmina y bilirrubina total dentro del perfil sérico evaluado, lo que permite comparar parcialmente sus hallazgos con los del presente trabajo. De forma similar, Salehizadeh et al. (2025) reportaron que la inclusión de 10 % de harina de larvas de mosca doméstica en dietas para gallinas ponedoras mejoró la eficiencia alimenticia y produjo modificaciones significativas en algunos indicadores hepáticos, con una disminución de AST y ALP respecto del tratamiento control [19]. En el presente estudio, la inclusión de 10 % de harina de larvas no modificó significativamente las concentraciones de ALT, AST ni ALP en cuyes, lo que indica que la respuesta enzimática hepática dependió de la especie y de las condiciones experimentales. No obstante, ambos estudios coinciden en que la inclusión de 10 % de harina de larvas

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

no generó evidencias claras de alteración hepatocelular a partir de las enzimas evaluadas.

La ausencia de cambios significativos en ALT, AST y ALP también coincide con estudios realizados con otras harinas de insectos. Dabbou et al. (2018) evaluaron harina parcialmente desgrasada de larvas de *Hermetia illucens* en pollos de engorde y no observaron efectos significativos sobre los parámetros hematobioquímicos ni hallazgos histológicos asociados al uso de la harina de insecto [17]. Asimismo, Gariglio et al. (2019) reportaron que la inclusión de hasta 9 % de harina de larvas de *Hermetia illucens* en patos criollos no afectó las enzimas hepáticas AST, ALT y GGT, y concluyeron que la función hepática se mantuvo preservada [51]. Estos antecedentes respaldan la interpretación de que la inclusión moderada de harina de larvas puede ser compatible con la estabilidad del perfil hepático en animales monogástricos.

No obstante, en el presente estudio se observó un aumento significativo de la bilirrubina directa y la bilirrubina total en los cuyes alimentados con harina de larvas. Este hallazgo debe analizarse con cautela, ya que la elevación de bilirrubina puede estar relacionada con modificaciones en el metabolismo, transporte o excreción biliar. Ramaiah (2007) indica que los procesos colestásicos pueden incrementar los niveles séricos de bilirrubina y que los parámetros asociados al sistema hepatobiliar deben interpretarse de forma conjunta, considerando enzimas, metabolitos y hallazgos histológicos[50]. Por ello, aunque la estabilidad de ALT, AST y ALP no sugiere daño hepatocelular manifiesto, el incremento de bilirrubinas representa una señal bioquímica relevante que podría indicar una respuesta hepatobiliar funcional o adaptativa.

En conjunto, los resultados permiten señalar que la inclusión del 10 % de harina de larvas de mosca doméstica no produjo evidencia bioquímica clara de daño hepatocelular en cuyes, debido a la ausencia de cambios significativos en ALT, AST, ALP, proteína total y albúmina. Sin embargo, el incremento significativo de bilirrubina directa y total sugiere que la dieta podría haber influido sobre el metabolismo hepatobiliar. Por tanto, la harina de larvas podría considerarse una alternativa alimenticia con aparente seguridad hepática enzimática bajo las condiciones del estudio, aunque se recomienda complementar estos resultados con evaluación histopatológica del hígado

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

5.3.2 Perfil pancreático de cuyes según el tipo de dieta

La ausencia de diferencias significativas en amilasa y lipasa sugiere que la harina de larvas al 10 % no generó una respuesta bioquímica compatible con alteración pancreática evidente en los cuyes evaluados. Este resultado es importante porque la incorporación de ingredientes proteicos alternativos puede modificar la digestibilidad de la dieta, la secreción de enzimas digestivas y el metabolismo lipídico [4]. No obstante, en este caso, los valores similares entre tratamientos indican que el páncreas mantuvo una actividad enzimática estable frente a la dieta suplementada.

Estos hallazgos son concordantes con lo reportado por Benzertiha et al. (2019), quienes evaluaron harinas completas de Tenebrio molitor y Zophobas morio en pollos de engorde y no encontraron diferencias significativas en la actividad de enzimas pancreáticas como lipasa, amilasa y tripsina [52]. Los autores concluyeron que la inclusión de harinas de insectos en bajas proporciones no afectó negativamente la digestibilidad ileal ni la actividad pancreática.

De manera similar, Li et al. [53] estudiaron la sustitución de harina de pescado por harina de larvas de mosca doméstica en ranas toro y observaron que la inclusión de este ingrediente afectó la actividad de enzimas digestivas intestinales, entre ellas proteasa, lipasa y amilasa; sin embargo, los efectos dependieron del nivel de reemplazo. En su estudio, los niveles altos pudieron comprometer la salud intestinal, mientras que la respuesta productiva no se afectó de manera marcada. Esto respalda la idea de que el nivel de inclusión es determinante para evitar efectos digestivos adversos.

En el presente estudio, el nivel utilizado fue del 10 %, una proporción moderada que posiblemente permitió una adecuada adaptación digestiva sin inducir cambios significativos en las enzimas pancreáticas evaluadas[4].

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

CAPÍTULO VI
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

La inclusión de 10 % de harina de larvas de mosca doméstica modificó parcialmente el perfil bioquímico hepático de los cuyes, debido a que no produjo diferencias significativas en las concentraciones de ALT, AST, ALP, proteína total y albúmina; sin embargo, incrementó significativamente las concentraciones séricas de bilirrubina directa y bilirrubina total.

La inclusión de 10 % de harina de larvas de mosca doméstica no modificó significativamente el perfil bioquímico pancreático de los cuyes en fase de engorde, debido a que las concentraciones séricas de amilasa y lipasa no presentaron diferencias significativas respecto al grupo control.

6.2 Recomendaciones

Evaluar niveles menores y mayores de inclusión de harina de larvas de mosca doméstica, como 5 %, 10 % y 15 %, para determinar si los cambios observados en la bilirrubina directa y total dependen de la concentración del ingrediente en la dieta.

Complementar el perfil bioquímico con estudios histopatológicos del hígado y páncreas, con el fin de confirmar si los incrementos de bilirrubina directa, bilirrubina total y GGT están asociados a cambios estructurales o funcionales en estos órganos.

Ampliar el tamaño muestral en futuras investigaciones, ya que un mayor número de animales permitiría obtener resultados más representativos y fortalecer la validez estadística de las comparaciones entre tratamientos.

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chauca de Zaldívar L. Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). Primera. Lima - Perú; 1997. 80 p.
2. Herrera E, Petrusan JI, Salvá-Ruiz B, Novak A, Cavalcanti K, Aguilar V, et al. Meat Quality of Guinea Pig (*Cavia porcellus*) Fed with Black Soldier Fly Larvae Meal (*Hermetia illucens*) as a Protein Source. Sustainability (Switzerland). 2022 Feb 1;14(3). doi:10.3390/su14031292
3. Ochoa I, Valderrama E, Ayquipa EM, Cárdenas LA, Zea D, Huamani Z, et al. Productive Yield, Composition and Nutritional Value of Housefly Larva Meal Reared in High-Altitude Andean Zones of Peru. Animals. 2025 Jul 1;15(14). doi:10.3390/ani15142054
4. Makkar HPS, Tran G, Heuzé V, Ankers P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. Animal Feed Science and Technology. Elsevier B.V.; 2014. p. 1–33. doi:10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008
5. Sánchez M, Gómez C, Avendaño C, Harmsen I, Ortiz D, Ceballos R, et al. House fly (*Musca domestica*) larvae meal as an ingredient with high nutritional valua: Microencapsulation and improvement of organoleptic characteristics. Food Research International. 2021;145:11023.
6. Hussein M, Pillai V., Goddard JM, Park HG, Kothapalli KS, Ross DA, et al. Sustainable production of housefly (*Musca domestica*) larvae as a protein-rich feed ingredient by utilizing cattle manure. PLoS One. 2017 Feb 1;12(2). doi:10.1371/journal.pone.0171708 PubMed PMID: 28170420.
7. Hwangbo, J.; Hong E.C.; Jang, A.;Kang, H.K.; Oh, J:S.; Kim, B.W; Park BS. Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. J Environ Biol. 2009;30(4)(July 2009):609–14.
8. Schubert DC, Mößeler A, Ahlfänger B, Langeheine M, Brehm R, Visscher C, et al. Influences of exocrine pancreatic insufficiency on nutrient digestibility, growth parameters as well as anatomical and histological morphology of the intestine in a juvenile pig model. Front Med (Lausanne). 2022 Sep 9;9. doi:10.3389/fmed.2022.973589
9. Ramos-Zuñiga R, Cárdenas-Villanueva LA. Perfil bioquímico hepático en cuyes alimentados con harina de pisonay (*Erythrina edulis*). Rev MVZ Cordoba. 2023;28(1):1–9. doi:10.21897/rmvz.2840
10. Chillpa C. Energía y proteína digestibles de la harina integral de soya (*Glycine max*) en cuyes (*Cavia porcellus*) [Tesis de grado]. [Cusco]: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco; 2022.
11. Acides Salas-Puga Y, Huamani-Huamani Z, Iván Cruz-Colque J, Ochoa-Pumaylle I, Micaela R. Composición nutricional, perfil de ácidos grasos y presencia de Salmonella spp de la harina de pupas de mosca doméstica (*Musca domestica*). doi:10.57166/micaela.v5.n2.2024
12. Ye B, Li J, Xu L, Liu H, Yang M. Metabolomic Effects of the Dietary Inclusion of *Hermetia illucens* Larva Meal in Tilapia. Metabolites. 2022 Apr 1;12(4). doi:10.3390/metabo12040286
13. Mente E, Bousdras T, Feidantsis K, Panteli N, Mastoraki M, Kormas KA, et al. Tenebrio molitor larvae meal inclusion affects hepatic proteome and apoptosis and/or autophagy of three farmed fish species. Sci Rep. 2022 Dec 1;12(1). doi:10.1038/s41598-021-03306-8 PubMed PMID: 34996900.
14. Rossi G, Liu KF, Kershaw H, Riddell D, Hyndman TH, Monks D, et al. Biological Variation in Biochemistry Analytes in Laboratory Guinea Pigs (*Cavia porcellus*). Vet Sci. 2023 Oct 1;10(10). doi:10.3390/vetsci10100621
15. Donadelli V, Di Marco P, Mandich A, Finoia MG, Cardinaletti G, Petochi T, et al. Effects of Dietary Plant Protein Replacement with Insect and Poultry By-Product Meals

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

on the Liver Health and Serum Metabolites of Sea Bream (*Sparus aurata*) and Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*). Animals. 2024 Jan 1;14(2). doi:10.3390/ani14020241

16. Hasdai A, Nitsan Z, Volcani R, Birk Y. Growth, digestibility, and enzyme activities in the pancreas and intestines of guinea-pigs fed on raw and heated soya-bean flour. British Journal of Nutrition. 1989 Nov;62(3):529–37. doi:10.1079/bjn19890055 PubMed PMID: 2481492.
17. Dabbou S, Gai F, Biasato I, Capucchio MT, Biasibetti E, Dezzutto D, et al. Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: Effects on growth performance, blood traits, gut morphology and histological features. J Anim Sci Biotechnol. 2018 Jul 9;9(1). doi:10.1186/s40104-018-0266-9
18. Elahi U, Ma Y biao, Wu S geng, Wang J, Zhang H jun, Qi G hai. Growth performance, carcass characteristics, meat quality and serum profile of broiler chicks fed on housefly maggot meal as a replacement of soybean meal. J Anim Physiol Anim Nutr (Berl). 2020 Jul 1;104(4):1075–84. doi:10.1111/jpn.13265 PubMed PMID: 31854139.
19. Salehizadeh A, Torki M, Darbemamieh M, Sharifi SD. Effects of housefly larvae meal and multi-enzyme-probiotic supplementation on performance, egg quality, and blood biochemistry in laying hens. Applied Food Research. 2025 Dec 1;5(2). doi:10.1016/j.afres.2025.101276
20. Usca, J.; Flores, L.; Tello, L.; Navarro M. Manejo General en la Cría del Cuy. Dirección de Publicaciones. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2022. 209 p.
21. Grégoire A, Allard A, Huamán E, León S, Silva RM, Buff S, et al. Control of the estrous cycle in guinea-pig (*Cavia porcellus*). Theriogenology. 2012;78(4):842–7. doi:10.1016/j.theriogenology.2012.03.034 PubMed PMID: 22626773.
22. sologuren Villanueva J. Producción y calidad nutricional del follaje de camote nativo (*Ipomoea batata*), para la alimentación de cuyes, bajo condiciones de Selva Alta- Satipo. Universidad Nacional del Centro del Perú. 2008.
23. Church, D.;Pond W ;Pond K. Nutrición y Alimentación de Animales. Segunda ed. Mexico: Editorial LIMUSA; 2009. 617 p.
24. Gutierrez I, Ramos L, Soscue M. Fisiopatología del Sistema digestivo y necesidades nutricionales del cuy (*Cavia porcellus*). 2020.
25. Saturnino C, García A, Molina J, Sierra P, Castro MP, Calvo MV, et al. Los insectos como complemento nutricional de la dieta: fuente de lípidos potencialmente bioactivos. Alimentacion, Nutricion y Salud. 2016;23(2):50–6.
26. Arango G. insectos: una materia prima alimenticia promisoria contra la hambruna. Rev Lasallista Investig. 2005;2(1):33–7.
27. Haro Domínguez C. Evaluación de la harina de insectos como fuente alternativa a la harina de pescado en piensos para acuicultura [Tesis doctoral]. Universidad de Almería; 2015.
28. Avendaño, C.; Sánchez, M.; Valenzuela C. Insects: An alternative for animal and human feeding. Revista Chilena de Nutricion. 2020;47(6):1029–37. doi:10.4067/S0717-75182020000601029
29. Finke MD. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. Zoo Biol. 2002;21(3):269–85. doi:10.1002/zoo.10031
30. Sánchez-Muros MJ, Barroso FG, Manzano-Agugliaro F. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: A review. Journal of Cleaner Production. 2014. p. 16–27. doi:10.1016/j.jclepro.2013.11.068
31. Jansson A, Berggren Å. Insects as Food - Something for the Future? Lotta Rydhmer and Pernilla Johnsson, editor. SLU, Future Agriculture – Livestock, Crops and Land Use. Uppsala: SLU, Future Agriculture – Livestock, Crops and Land Use; 2015. 34 p.

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

32. Thakur S, Kumar V, Das R, Sharma V, Mehta DK. Biomarkers of Hepatic Toxicity: An Overview. Current Therapeutic Research - Clinical and Experimental. Elsevier Inc.; 2024. doi:10.1016/j.curtheres.2024.100737
33. Burke MD. Liver function: test selection and interpretation of results. Clin Lab Med. 2002;22:377–90.
34. Tennant BC, Center SA. Chapter 13 - Hepatic Function. In: Clinical Biochemistry of Domestic Animals (Sixth Edition). Sixth Edition. San Diego: Academic Press; 2008. p. 379–412.
35. Satué K, Miguel-Pastor L, Chicharro D, Gardón JC. Hepatic Enzyme Profile in Horses. Animals. MDPI; 2022. doi:10.3390/ani12070861
36. Kaneko J, Harvey J, Bruss M. Clinical Biochemistry of Domestic Animals. Sixth Edition. 2008.
37. Farver TB. Chapter 1 - Concepts of Normality in Clinical Biochemistry. In: Clinical Biochemistry of Domestic Animals. Sixth Edition. San Diego: Academic Press; 2008. p. 1–25.
38. Jaramillo C, Renaud DL, Arroyo LG, Kenney DG, Gamsjaeger L, Gomez DE. Serum haptoglobin concentration and liver enzyme activity as indicators of systemic inflammatory response syndrome and survival of sick calves. J Vet Intern Med. 2022 Mar 1;36(2):812–9. doi:10.1111/jvim.16357 PubMed PMID: 35040515.
39. Boone L, Meyer D, Cusick P, Ennulat D, Provencher Bolliger A, Everds N, et al. Selection and interpretation of clinical pathology indicators of hepatic injury in preclinical studies. Vet Clin Pathol. 2005;34(3):182–8.
40. Chowdhury RS, Forsmark CE. Review article: pancreatic function testing. Aliment Pharmacol Ther. 2003;17:733–50. doi:10.1046/j.0269-2813.2003.01495.x
41. Liu XW, Zhang YH, Xu L, Xing JB, Wang ZX, Hu ML, et al. Exploring the effects of quercetin-added pancreatic diet on metabolic homeostasis in dogs via metabolomics. PLoS One. 2025 Feb 1;20(2 February). doi:10.1371/journal.pone.0318159 PubMed PMID: 39946409.
42. Pierzynowska K, Valverde-Piedra J, Szymanczyk S, Prykhod'ko O, Pieszka M, Kardas M, et al. Pancreatic-like enzymes of microbial origin restore growth and normalize lipid absorption in a pig model with exocrine pancreatic insufficiency. Archives of Medical Science. 2018 Mar 1;14(2):407–14. doi:10.5114/aoms.2018.73471
43. Szkopek D, Pierzynowski SG, Pierzynowska K, Zaworski K, Kondej A, Wychowański P, et al. A review: Pancreatic enzymes in the treatment of chronic pancreatic insufficiency in companion animals. Journal of Veterinary Internal Medicine. John Wiley and Sons Inc; 2024. p. 2026–33. doi:10.1111/jvim.17096 PubMed PMID: 38721836.
44. Farges MC, Vasson MP, Villie F, Meunier MT, Marcollet M, Cynober L. Supplementation of Oral Nutrition with Pancreatic Enzymes Improves the Nutritional Status of Aged Endotoxemic Rats. Basic nutritional investigation Nutrition. 1996.
45. Vaccaro ML, Dagrosa MA, Mora ML, Tiscornia M, Sordellf DO. The Effect of Chronic Intraperitoneal Infusion of Bacterial Endotoxin on Exocrine Pancreas Function in Rats. International Journal of Pancreatology. 1996.
46. Benitez E, Chamba H, Calderón A, Cordero F. Evaluación de bloques nutricionales en la alimentación de cobayos (*Cavia porcellus*) en etapas de crecimiento y engorde. Journal of the Selva Andina Animal Science. 2019;6(2):66–73. doi:10.36610/j.jsaas.2019.060200066
47. Newsome PN, Cramb R, Davison SM, DIllon JF, Foulerton M, Godfrey EM, et al. Guidelines on the management of abnormal liver blood tests. Gut. 2018 Jan 1;67(1):6–19. doi:10.1136/gutjnl-2017-314924 PubMed PMID: 29122851.

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

48. Supo Condori JA, Zacarias Ventura H. Metodología de la investigación. Niveles de investigación. Cuarta edición. Lima, Perú: Editado e impreso por Bioestadistico EEDU EIRL; 2024.
49. Hernández Sampieri R, Fernandez Collado C, Baptista Lucio P. Metodología de la investigación. sexta edic. Mexico; 2014. 58–88 p.
50. Ramaiah SK. A toxicologist guide to the diagnostic interpretation of hepatic biochemical parameters. Food and Chemical Toxicology. 2007;45(9):1551–7. doi:https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.06.007
51. Gariglio M, Dabbou S, Crispo M, Biasato I, Gai F, Gasco L, et al. Effects of the dietary inclusion of partially defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) meal on the blood chemistry and tissue (spleen, liver, thymus, and bursa of fabricius) histology of muscovy ducks (*Cairina moschata domestica*). Animals. 2019 Jun 1;9(6). doi:10.3390/ani9060307
52. Benzertiha A, Kierończyk B, Rawski M, Józefiak A, Kozłowski K, Jankowski J, et al. Tenebrio molitor and zophobas morio full-fat meals in broiler chicken diets: Effects on nutrients digestibility, digestive enzyme activities, and cecal microbiome. Animals. 2019 Dec 1;9(12). doi:10.3390/ani9121128
53. Li X, Rahimnejad S, Wang L, Lu K, Song K, Zhang C. Substituting fish meal with housefly (*Musca domestica*) maggot meal in diets for bullfrog Rana (Lithobates) catesbeiana: Effects on growth, digestive enzymes activity, antioxidant capacity and gut health.Aquaculture. 2019;499:295–305. doi: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.09.053

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

ANEXOS

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú



Figura 1. Cuyes de engorde en el proceso de suplementación



Figura 2. Colecta y centrifugado de muestras de sangre

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú



Figura 3. Evaluación del perfil bioquímico de cuyes



Figura 4. Evaluación del perfil pancreático de cuyes

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

Shapiro-Wilks (modificado)

TRA	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
CONTROL	ALT	5	63.84	19.44	0.84	0.2002
CONTROL	AST	5	65.04	17.79	0.92	0.5595
CONTROL	ALP	5	204.11	51.69	0.78	0.0600
CONTROL	PROTEÍNA	5	2.85	0.24	0.99	0.9585
CONTROL	ALBUMINA	5	2.60	0.44	0.93	0.6102
CONTROL	BIL DIR	5	0.13	0.09	0.85	0.2302
CONTROL	BIL TOT	5	0.23	0.10	0.84	0.1983
LARVA	ALT	5	59.63	11.28	0.90	0.4376
LARVA	AST	5	69.73	15.35	0.94	0.7240
LARVA	ALP	5	197.57	62.63	0.90	0.4506
LARVA	PROTEÍNA	5	3.18	0.65	0.85	0.2132
LARVA	ALBUMINA	5	2.67	0.51	0.94	0.7060
LARVA	BIL DIR	5	0.37	0.30	0.82	0.1267
LARVA	BIL TOT	5	0.53	0.32	0.89	0.3960

Figura 5. Prueba de normalidad para las variables evaluadas

Medidas resumen

TRA	Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	CV	Mín	Máx
CONTROL	ALT	5	63.84	19.44	378.01	30.45	48.50	95.40
CONTROL	AST	5	65.04	17.79	316.47	27.35	47.03	90.96
CONTROL	ALP	5	204.11	51.69	2671.72	25.32	125.17	240.85
CONTROL	PROTEÍNA	5	2.85	0.24	0.06	8.39	2.56	3.20
CONTROL	ALBUMINA	5	2.60	0.44	0.19	16.85	1.91	3.03
CONTROL	BIL DIR	5	0.13	0.09	0.01	68.15	0.05	0.28
CONTROL	BIL TOT	5	0.23	0.10	0.01	41.77	0.14	0.39
LARVA	ALT	5	59.63	11.28	127.28	18.92	45.20	71.20
LARVA	AST	5	69.73	15.35	235.76	22.02	48.09	86.72
LARVA	ALP	5	197.57	62.63	3922.37	31.70	119.80	295.07
LARVA	PROTEÍNA	5	3.18	0.65	0.43	20.55	2.47	3.87
LARVA	ALBUMINA	5	2.67	0.51	0.26	19.18	1.98	3.42
LARVA	BIL DIR	5	0.37	0.30	0.09	79.55	0.15	0.87
LARVA	BIL TOT	5	0.53	0.32	0.11	61.73	0.24	1.04

Figura 6. Medidas de resumen según variable

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

CONSTANCIA N° 009-2025/CEI-VRI-UNSCH - AYACUCHO

La Presidenta del Comité de Ética para la investigación del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

HACE CONSTAR

Qué, el Proyecto de investigación que se señala a continuación fue **APROBADO** por el pleno de los miembros del CEI – VRI – UNSCH – Ayacucho.

Título del proyecto	: Efecto de la harina de larvas de mosca doméstica sobre la digestibilidad y la respuesta fisiológica y digestiva en cuyes en engorde.
Facultad	: Ciencias Agrarias
Unidad de Investigación	: Ciencias de la Salud.
Área de Investigación	: Ciencias de la Salud.
Línea de Investigación	: Salud humana, animal, vegetal y ambiente
Código de inscripción	: 015/CEI UNSCH – Ayacucho
Investigador principal	: Dr. Javier PAREJA LOAYZA

La aprobación considera el cumplimiento de los estándares éticos nacionales e internacionales a los cuales se acoge la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, así como, los lineamientos científicos y éticos, el balance riesgo–beneficio, la calificación del investigador, y las características de confidencialidad y reserva de los datos obtenidos, entre otros aspectos.

Por lo tanto, el Comité de Ética para la Investigación otorga su aprobación para los fines que se consideren pertinentes, reconociendo que el **protocolo para la ejecución del proyecto** cumple con las normativas éticas correspondientes.

Ayacucho, 31 de diciembre de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
COMITE DE ÉTICA PARA LA INVESTIGACION

Dra. Angélica Ramírez Espinoza
Presidenta CEI-VRI-UNSCH

C.c.
Archivo

Nota. La presente tesis se desarrolló como un estudio específico vinculado al proyecto de investigación aprobado mediante la Constancia N.° 009-2025/CEI-VRI-UNSCH-Ayacucho.

Repositorio Institucional - UNAMBA Perú