

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA



TESIS

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON AJO EN LA DIETA DE
CUYES SOBRE LA HISTOMORFOMETRÍA INTESTINAL Y LOS
PARÁMETROS PRODUCTIVOS**

PRESENTADO POR:

Br. REYNA ALANOCCA MAMANI

**PARA OPTAR AL TÍTULO
PROFESIONAL DE MÉDICO
VETERINARIO**

ASEORES:

Mg. Sc. JULIO ENRIQUE
RAMÍREZ HUANCA
PhD. JAVIER LLACSA MAMANI

**CUSCO - PERÚ
2025**



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor JULIO ENRIQUE RAMÍREZ HUANCA..... quien aplica el software de detección de similitud al trabajo de investigación/tesis titulada: EFFECTO D.E.LA SUPLEMENTACIÓN CON AJO EN LA DIETA DE CUYES SOBRE LA HISTOMORFOMETRÍA INTESTINAL Y LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS.....

Presentado por: REYNA ALANOCCHA MAMANI..... DNI N° 48345305.....; presentado por: DNI N°: Para optar el título Profesional/Grado Académico de MÉDICO VETERINARIO.....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 0:1..... veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6º del *Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC* y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 9.....%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	<input checked="" type="checkbox"/>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 26 de NOVIEMBRE..... de 2025.....

Firma

Post firma JULIO ENRIQUE RAMÍREZ HUANCA
Nro. de DNI 41368168.....

ORCID del Asesor 0000-0003-2011-4294

Firma

Post firma JAVIER CLACSA MAMANI
Nro. de DNI 41463868.....

ORCID del Asesor 0000-0002-0035-9115

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259-533314221.....

Reyna Alanocca Mamani

EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON AJO EN LA DIETA DE CUYES SOBRE LA HISTOMORFOMETRÍA INTESTINAL Y LOS P...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:533314221

108 páginas

Fecha de entrega

26 nov 2025, 1:52 p.m. GMT-5

23.259 palabras

Fecha de descarga

26 nov 2025, 1:58 p.m. GMT-5

137.316 caracteres

Nombre del archivo

EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON AJO EN LA DIETA DE CUYES SOBRE LA HISTOMORFOMETRÍ....pdf

Tamaño del archivo

2.4 MB

9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
1%  Publicaciones
4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

 **Caracteres reemplazados**

34 caracteres sospechosos en N.º de páginas

Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A esa fuerza etérea que reside en el inmenso universo, a esa energía que nos guía y nos inspira en cada uno de nuestros pasos de nuestra travesía, le ofrezco mi más sincero reconocimiento. Finalmente, agradezco al creador de las posibilidades y al diseñador del destino por darme el don de forjar y moldear mi propio sendero en este mundo.

A mis padres, Rufina (+) y Hermilio, quienes han sido los cimientos firmes de mi existencia. A mi madre, fuente interminable de amor y sabiduría, cuyas lecciones han sido la luz que guía mis

A mis hermanos, Néstor Jafe, Juan Lorenzo y Guido, compañeros de alegrías y cómplices en cada aventura. En cada instante que compartimos y en cada gesto de apoyo que nos brindamos, encuentro la fuerza necesaria para avanzar y la alegría para celebrar los logros en este viaje que es la vida.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad San Antonio Abad del Cusco y a la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria por brindarme tanto los recursos como el ambiente propicio para llevar a cabo esta investigación. Su apoyo y compromiso con la excelencia académica han sido fundamentales para el éxito de este proyecto.

Estoy profundamente agradecido por la invaluable orientación y apoyo ofrecidos por mis asesores, el Mg. Sc. Julio E. Ramírez Huanca y el PhD. Javier Llacsa Mamani. Su conocimiento, paciencia y compromiso han sido fundamentales a lo largo del proceso de investigación, permitiéndome avanzar académicamente y lograr cada meta establecida.

A mis amigos, quienes estuvieron a mi lado a lo largo de todo este recorrido académico, compartiendo risas, momentos difíciles y muchas experiencias inolvidables. Siempre tendrán un lugar especial en mi corazón.

A mis compañeros Beltrán, Marlene, Pamela y Ariana, Julio Cesar y Damaris quienes, con su presencia constante, aunque silenciosa, me acompañaron en innumerables noches de estudio.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	12
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
2.2 Pregunta general.....	16
2.2.2 Preguntas específicas	16
III. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	17
3.1.1 Objetivo general.....	17
3.1.2 Objetivos específicos	17
IV. MARCO TEÓRICO	18
4.1 Antecedentes de investigación	18
4.2 Bases teóricas	21
4.2.1 Generalidades del cuy	21
4.2.2 Taxonomía del cuy	23
4.2.3 Requerimientos nutricionales.....	23
4.2.4 Anatomía digestiva.....	24
4.2.5 Fisiología digestiva	25
4.2.6 Intestino delgado	25
4.2.7 Funciones del intestino delgado	26
4.3 Histomorfometría del intestino del cuy.....	26
4.3.1 Mucosa.....	26
4.3.2 Submucosa mucosa	27
4.3.3 Muscular.....	27
4.3.4 Serosa	28
4.3.5 Duodeno	28
4.3.6 Yeyuno	30
4.3.7 Íleon	31
4.3.8 Vellosidades intestinales	32
4.3.9 Criptas de Lieberkühn	32
4.3.10 Células de Paneth	33
4.3.11 Células regenerativas.....	33
4.3.12 Factores que afectaban a las vellosidades intestinales	33
4.4 Ajo.....	34
4.4.1 El ajo como alternativa natural a los APC	34

4.4.2 Características botánicas	35
4.4.3 Composición química del ajo.....	35
4.4.5 El ajo en la alimentación de cuyes	37
4.4.6 Uso del ajo en la medicina veterinaria	37
4.4.7 Inhibición de microorganismos patógenos por el ajo	37
4.5 Parámetros productivos del cuy	38
4.5.1 Consumo de alimento.....	38
4.5.2 Ganancia de peso.....	39
4.5.3 Conversión alimenticia.....	41
4.5.4 Rendimiento de carcasa	42
V. HIPÓTESIS	44
5.1 Hipótesis general.....	44
VI. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION.....	45
6.1 Lugar de estudio	45
6.2 Duración del estudio	46
6.3 Materiales, equipos e instrumentos.....	46
6.3.1 Material de campo.....	46
6.3.2 Equipos.....	47
6.3.3 Insumos	47
6.3.4 Colecta de muestra de intestino.....	47
6.3.5 Materiales para técnica histológica	47
6.4 Metodología de la investigación.....	48
6.4.1 Tipo de investigación	48
6.4.2 Población y muestra.....	48
6.4.3 Diseño experimental.....	48
6.5 Elaboración de ajo fermentado (ajo negro)	49
6.6 Formulación de dietas para los tres tratamientos	49
6.7 Variables de investigación	50
6.7.1 Variables independientes	50
6.7.2 Variables dependientes	50
6.8 Distribución de tratamientos	51
6.8.1 Instalación de pozas	51
6.8.2 Análisis fisicoquímico de alimentos	51

6.9 Actividades previas antes del inicio de experimento.....	52
6.9.1 Periodo de acostumbramiento.....	52
6.10 Procedimiento de suplementación con ajo fermentado.....	52
6.11 Manejo del experimento y galpón durante el desarrollo del estudio	53
6.12 Evaluación de parámetros productivos.....	54
6.12.1 Consumo de alimento	54
6.12.2 Ganancia de peso	55
6.12.3 Conversión alimenticia	55
6.12.4 Rendimiento de carcasa	55
6.13 Aspecto ético	56
6.14 Procedimiento para la evaluación de la histomorfometría intestinal.....	56
6.14.1 Colección de muestras para el estudio histológico	56
6.14.2 Análisis de imagen.....	57
6.15 Análisis estadístico	58
6.15.1 Pruebas estadísticas	58
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
7.1 Efecto de la suplementación con ajo en la dieta de cuyes sobre los parámetros productivos	60
7.1.1 Consumo de alimento con adición de ajo en cuyes.....	60
7.1.2 Ganancia de peso con adición de ajo	61
7.1.3 Conversión alimenticia con adición de ajo	63
7.1.4 Rendimiento de carcassas con adición de ajo	64
7.2 Efecto de la suplementación con ajo en la dieta de cuyes sobre la histomorfometría del intestino delgado.	65
7.2.1 Duodeno.....	65
7.2.2 Altura de la vellosidad intestinal	66
7.2.3 Ancho de la vellosidad.....	67
7.2.4 Profundidad de criptas de Lieberkühn	67
7.2.5 Yeyuno.....	68
7.2.6 La altura de las vellosidades yeyunales	68
7.2.7 Ancho de la vellosidad intestinal del yeyuno.....	69
7.2.8 Profundidad de las criptas de Lieberkühn de yeyuno	69
7.2.9 Íleon	70
7.2.10 Altura de las vellosidades del íleon.....	71

7.2.11 Ancho de las vellosidades del íleon	71
7.2.12 Profundidad de criptas de Lieberkühn de íleon	72
7.2.13 Relación entre histomorfometría intestinal y parámetros productivos	72
VIII. CONCLUSIONES	74
IX. RECOMENDACIONES.....	75
X. REFERENCIAS	76
XI. ANEXOS.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Clasificación taxonómica del cuy.....	23
Tabla 2 Requerimientos nutricionales para cuyes según la etapa fisiológica.....	24
Tabla 3 Composición química del ajo fresco.	36
Tabla 4 Composición porcentual de la dieta base formuladas para los tres tratamientos experimentales.....	51
Tabla 5 Distribución de las unidades experimentales según tratamiento y nivel de adición de ajo fermentado.....	52
Tabla 6 Efecto de la suplementación con ajo en la dieta de cuyes sobre los parámetros productivos según los tratamientos.....	61
Tabla 7 Histomorfometría del duodeno (μm) en cuyes suplementados con ajo fermentado.....	67
Tabla 8 Histomorfometría del yeyuno (μm) en cuyes suplementados con diferentes niveles de ajo fermentado.	69
Tabla 9 Histomorfometría del íleon (μm) en cuyes suplementados con diferentes niveles de ajo fermentado.....	71
Tabla 10 Composición nutricional de alimento experimental de tratamiento (T1) sin adición de ajo.	92
Tabla 11 Composición nutricional de alimento experimental de tratamiento (T1) con adición de ajo al 0.5%.....	92
Tabla 12 Composición nutricional de alimento experimental de tratamiento (T1) con adición de ajo al 1%.....	92
Tabla 13 ANOVA para la altura de las vellosidades intestinales (μm).....	93
Tabla 14 ANOVA para el ancho de las vellosidades intestinales (μm).	93
Tabla 15 ANOVA para la profundidad de las criptas intestinales (μm).....	94
Tabla 16 Análisis de varianza para el consumo de alimento (g/día)....	94
Tabla 17 Análisis de varianza para la ganancia de peso.....	95
Tabla 18 Análisis de varianza para la conversión alimenticia	95
Tabla 19 Análisis de varianza para rendimiento de carcasa (%).	95

ÍNDICE DE FÍGURAS

	Pág.
Figura 1 Mapa de ubicación geográfica del distrito de Marangani	45
Figura 2 Corte histológico de duodeno del cuy	58

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1: Protocolo de sacrificio y procesamiento.....	88
Anexo 2: Protocolo de deshidratación, aclaramiento e inclusión en parafina.....	89
Anexo 3: Tablas.	91
Anexo 4: Prueba de normalidad	95
Anexo 5: Figuras	97

ABREVIATURAS

CA	:	Conversión alimenticia
DB	:	Dieta base
DCA	:	Diseño Completamente Aleatorio
ED	:	Energía digestible
GDP	:	Ganancia diaria de peso (g)
AF	:	Ajo fermentado
Mcal	:	Mega calorías
MIXIT	:	Programa de formulador de raciones al costo mínimo
MS	:	Materia seca
NRC	:	National Research Council (Consejo Nacional de Investigación)
PV	:	Peso vivo (g)
CD	:	Consumo diario
HMM	:	Histomorfometría
AV	:	Altura de la velloSIDAD
Av	:	Ancho de la velloSIDAD
PCL	:	Profundidad de las criptas de Lieberkühn
APC	:	Antibiótico promotor de crecimiento
DS	:	Decreto Supremo
AVMA	:	American Veterinary Medical Association
CONEP	:	Consejo Nacional de Ética en Investigación
AG	:	Ministerio de Agricultura del Perú
OIE	:	Organización Mundial de Sanidad Animal

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la suplementación con ajo fermentado en la dieta de cuyes en etapa de recría sobre parámetros productivos y la histomorfometría intestinal. Se emplearon 36 cuyes machos de la línea Perú, con peso inicial de 250 ± 50 g y 14 días de edad, distribuidos en tres tratamientos: T1 (sin ajo), T2 (0.5% ajo, 0.35 g/animal/día) y T3 (1% ajo, 0.70 g/animal/día). Se suministró dieta balanceada de 70 g/día y agua ad libitum durante 49 días. Se evaluaron ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, rendimiento de carcasa y variables histomorfométricas (altura y ancho de vellosidades, profundidad de criptas). Se analizó con prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). El consumo de alimento fue significativamente mayor en T3 (34.37 g) frente a T2 (33.63 g) y T1 (32.37 g) ($p<0.05$). No hubo diferencias significativas en ganancia de peso, conversión alimenticia ni rendimiento de carcasa ($p>0.05$). En histomorfometría intestinal, hubo significancia estadística para la altura de vellosidades en duodeno, yeyuno e íleon, favoreciendo a T3 ($p<0.05$). El ancho de vellosidades fue significativamente mayor en T2 en duodeno y yeyuno ($p<0.05$). La profundidad de criptas fue significativamente mayor en T3 en yeyuno ($p<0.05$), mientras que en duodeno no hubo diferencias significativas. En conclusión, la suplementación con ajo fermentado incrementó el consumo de alimento y mejoró significativamente la estructura intestinal, aumentando la capacidad de absorción en cuyes.

Palabras clave: ajo fermentado, histomorfometría intestinal, parámetro productivo, absorción.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of fermented garlic supplementation in the diet of rearing guinea pigs on productive parameters and intestinal histomorphometry. Thirty-six male guinea pigs of the Peruvian line, with an initial weight of 250 ± 50 g and 14 days of age, were used and distributed into three treatments: T1 (no garlic), T2 (0.5% garlic, 0.35 g/animal/day), and T3 (1% garlic, 0.70 g/animal/day). A balanced diet of 70 g/day and water ad libitum were provided for 49 days. Weight gain, feed intake, feed conversion ratio, carcass yield, and histomorphometric variables (villus height and width, crypt depth) were evaluated. The data were analyzed using Tukey's test ($\alpha=0.05$). Feed intake was significantly higher in T3 (34.37 g) compared to T2 (33.63 g) and T1 (32.37 g) ($p<0.05$). There were no significant differences in weight gain, feed conversion ratio, or carcass yield ($p>0.05$). Intestinal histomorphometry showed statistically significant differences in villus height in the duodenum, jejunum, and ileum, favoring T3 ($p<0.05$). Villus width was significantly greater in T2 in the duodenum and jejunum ($p<0.05$). Crypt depth was significantly greater in T3 in the jejunum ($p<0.05$), while there were no significant differences in the duodenum. In conclusion, supplementation with fermented garlic increased feed intake and significantly improved intestinal structure, increasing absorption capacity in guinea pigs.

Keywords: fermented garlic, intestinal histomorphometry, productive parameter, absorption.

I. INTRODUCCIÓN

La relevancia de los cuyes en Perú se manifiesta tanto en el ámbito social como en el económico. Estos animales representan una fuente de alimento con un alto valor nutricional, además de desempeñar un papel fundamental en la seguridad alimentaria de las poblaciones rurales con limitados recursos. Asimismo, esta especie tiene ventajas en la producción animal debido a su calidad como especie herbívora, ciclo reproductivo corto, facilidad de adaptación a diferentes ecosistemas y una dieta diversa, utilizando insumos que no compiten con las dietas de otras especies (Chauca, 1997).

En el contexto de la producción animal, los parámetros productivos son fundamentales para evaluar la eficiencia del sistema de crianza. Estos incluyen el consumo de alimento, la ganancia de peso, la conversión alimenticia y el rendimiento de carcasa. Una adecuada mejora en estos indicadores permite optimizar los recursos disponibles, reducir costos de producción y obtener animales con mejores características comerciales. En ese sentido, el uso de aditivos naturales en la dieta se ha convertido en una estrategia prometedora para mejorar el desempeño zootécnico de los cuyes (Albertí *et al.*, 2005).

El ajo ha sido utilizado tradicionalmente por sus propiedades nutricionales, tiene efecto en producción como aumento de peso vivo y en la histomorfometría intestinal desarrollando las vellosidades intestinales e incluye sus efectos medicinales antimicrobianos, antiinflamatorios y antioxidantes (Baños & Guillamón, 2014). La fermentación del ajo, que involucra la transformación de sus compuestos activos mediante la temperatura, podría potenciar sus efectos beneficiosos (Chang *et al.*, 2023). Sin embargo, a pesar de los indicios prometedores, la evidencia científica específica sobre los efectos de la suplementación con ajo fermentado en cuyes sigue siendo limitada (Estalles, 2020).

Los parámetros productivos incluyen el consumo de alimento, ganancia de peso, la conversión alimentaria y rendimiento de carcasa, mientras que la histomorfometría intestinal abarca el análisis detallado de las estructuras del intestino delgado, lo que puede proporcionar información sobre la salud intestinal y la eficiencia de la digestión (Arce, 2016).

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la producción de cuyes, uno de los principales problemas actuales es el bajo rendimiento productivo, este problema se ha evidenciado a través de un consumo deficiente de alimento, limitada ganancia de peso, baja eficiencia en la conversión alimenticia y un rendimiento de carcasa reducido. A ello se suma la presencia de trastornos digestivos vinculados con una salud intestinal comprometida, lo cual afecta la eficiencia de absorción de nutrientes y en consecuencia, la productividad general del animal (Vivas y Carballo, 2013).

En la actualidad en la producción de cuyes, se presenta el estrés ambiental, la competencia alimentaria y las condiciones sanitarias influyen negativamente. Aunque existen suplementos sintéticos que buscan mejorar estos indicadores, su uso prolongado puede generar resistencia microbiana o residuos indeseables en la carne. Por ello, se ha generado interés en el uso de alternativas naturales como el ajo (*Allium sativum L.*), debido a sus propiedades antimicrobianas, antioxidantes y digestivas (Aliaga *et al.*, 2009).

En otras especies se utilizó para mejorar el desarrollo intestinal (pollos), parámetros productivos (conejos) y parámetros productivos y enfermedades infecciosas (terneras). Los cuyes, requieren estrategias de alimentación que maximicen su rendimiento y minimicen problemas de salud (Vivas y Carballo, 2013). En este sentido, el uso de suplementos alimenticios ha sido una práctica común para mejorar diversos aspectos de su productividad. Sin embargo, la eficacia de estos suplementos varía y a menudo carece de evidencia sólida que respalde sus beneficios específicos en cuyes (Ghosh *et al.*, 2010).

En el caso específico de los cuyes, se requieren estrategias de suplementación que no solo mejoren su rendimiento productivo, sino también su salud intestinal. La histomorfometría intestinal que evalúa como la altura y el ancho de las vellosidades

intestinales, así como la profundidad de las criptas de Lieberkühn es una herramienta clave para valorar el estado funcional del intestino y su capacidad de absorción de nutrientes. Una estructura intestinal saludable y bien desarrollada se traduce en mayor eficiencia digestiva, mejor aprovechamiento del alimento y una mejora en parámetros productivos (Kimura et al., 2017).

En los últimos años, el ajo (*Allium sativum*) ha despertado un creciente interés en la producción animal, debido a sus reconocidas propiedades bioactivas, que incluyen efectos antioxidantes, inmunomoduladores y antimicrobianos. Su inclusión en la dieta de diversas especies de animales ha demostrado mejorar el estado sanitario general y los parámetros productivos. La fermentación del ajo ha surgido como una alternativa tecnológica viable, ya que permite la conversión de dichos compuestos inestables en metabolitos más estables y con mayor absorción intestinal, como la S-alil-cisteína, lo cual potencia sus efectos funcionales (Chang et al., 2023). No obstante, la mayoría de estas investigaciones han sido desarrolladas en especies como pollos, cerdos o rumiantes menores, con escasa aplicación en cuyes, a pesar de que esta especie representa una alternativa pecuaria importante en zonas altoandinas. Esta ausencia de evidencia científica en cuyes limita la posibilidad de validar el uso de ajo fermentado como una estrategia nutricional funcional que contribuya a mejorar los parámetros productivos y la salud intestinal de esta especie. Por tanto, se justifica la necesidad de generar información específica que permita comprender su impacto en cuyes y sentar las bases para su incorporación en programas de alimentación tecnificada (Estalles, 2020).

En este contexto, surge la necesidad de investigar el impacto específico de la suplementación con ajo fermentado en los cuyes. El problema central es la falta de información científica rigurosa que evalúe cómo esta suplementación afecta tanto Los

parámetros productivos incluyen aspectos como el consumo de alimento, la ganancia de peso, la conversión alimentaria y el rendimiento de la carcasa, asimismo, es fundamental considerar la salud intestinal medida a través de la histomorfometría intestinal. Sin datos claros y específicos, es difícil determinar si el ajo fermentado puede ser una herramienta eficaz para mejorar la producción y la salud intestinal de los cuyes (Ramírez *et al.*, 2016).

Por lo tanto, este proyecto de tesis se plantea para llenar este vacío de conocimiento, proporcionando una evaluación detallada de los efectos del ajo fermentado sobre los parámetros productivos e histomorfometría intestinal en cuyes. La investigación pretende ofrecer una base científica sólida que pueda guiar a los productores en la adopción de prácticas de suplementación más eficaces y sostenibles.

2.2 Pregunta general

- ¿Cuál es el efecto de la suplementación con ajo fermentado en la dieta de cuyes de etapa de recría sobre los parámetros productivos y histomorfometría del intestino delgado?

2.2.2 Preguntas específicas

- ¿Cuál es el efecto de la suplementación con ajo en la dieta de cuyes en etapa de recría sobre los parámetros productivos (consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimentaria y rendimiento de carcasa)?
- ¿Cuál es el efecto de la suplementación con ajo en la dieta de cuyes en etapa de recría sobre la histomorfometría del intestino delgado?

III. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de la suplementación con ajo fermentado en la dieta de cuyes en etapa de recría sobre los parámetros productivos y la histomorfometría del intestino delgado.

3.1.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la suplementación con ajo en la dieta de cuyes en etapa recría sobre los parámetros productivos (consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento de carcasa).
- Determinar el efecto de la suplementación con ajo en la dieta de cuyes de etapa de recría sobre la histomorfometría del intestino delgado.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1 Antecedentes de investigación

Ghosh *et al.* (2010) refiere que en dietas para terneros con la suplementación de extracto de ajo a dosis de 250 mg/kg de peso corporal por día mostró un aumento significativo del consumo de alimento, el índice de conversión alimenticia y la ganancia de peso corporal promedio, pero disminuyó la gravedad de las diarreas con un menor puntaje fecal y recuento de coliformes fecales.

El estudio de Oladele et al. (2012), realizado en Nigeria, investigó cómo el ajo puede influir en el crecimiento de pollos de engorde al mejorar la capacidad de absorción del intestino delgado. Para ello, se utilizaron 100 pollos de la línea Arbor Acres, divididos en cuatro grupos de 25 aves. A cada grupo se le dio una dieta con diferente cantidad de harina de ajo: 0% (grupo A), 0,125% (grupo B), 0,25% (grupo C) y 0,5% (grupo D). A las seis semanas de edad, se evaluó el índice de conversión alimenticia. Luego, a las ocho semanas, se sacrificaron cinco aves por grupo para estudiar el intestino delgado (específicamente el yeyuno) bajo el microscopio. Se midieron la longitud y el ancho de las vellosidades intestinales, así como la profundidad de las criptas, que son estructuras clave para absorber nutrientes. Los resultados mostraron que el grupo que recibió 0,125% de harina de ajo (grupo B) tuvo el mejor rendimiento: alcanzaron el mayor peso corporal promedio (1930 ± 41 g) y el mejor índice de conversión alimenticia (3,8). Además, este grupo presentó vellosidades intestinales más largas y anchas, y criptas más profundas, con diferencias estadísticamente significativas ($p<0,05$). Esto indica una mayor superficie de absorción intestinal, lo que podría explicar el mejor crecimiento observado.

Hortúa y Botía (2013) realizaron un estudio en el que evaluaron el efecto de la inclusión de extracto de ajo en la dieta de pollos de engorde, utilizando dos niveles de suplementación: 0.5 % y 1 %, con el objetivo de analizar los cambios histológicos en la estructura del intestino delgado. A lo largo de su investigación, observaron que la adición de ajo al 1 % generó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en la altura y el ancho de las vellosidades intestinales, lo que sugiere una posible mejora en la capacidad de absorción de nutrientes y en la salud intestinal de los animales suplementados con este nivel de ajo. Sin embargo, en lo que respecta a la profundidad de las criptas de Lieberkühn, no se encontró un nivel de significancia.

Camino y Hidalgo (2014) evaluaron el desempeño productivo y la composición de la carcasa en cuyes de los genotipos Cieneguilla (UNALM) y Perú (INIA), alimentados con dietas con o sin forraje verde durante nueve semanas, bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x2. Previo al experimento, se aplicó un periodo de acostumbramiento de 7 días, fundamental para reducir el estrés y estandarizar las condiciones fisiológicas. Los resultados mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre genotipos en el peso vivo final, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y peso de carcasa, siendo mayores en el genotipo Cieneguilla (1266 g, 15.6 g/día, 3.14 y 878 g, respectivamente) en comparación con el genotipo Perú (1154 g, 13.6 g/día, 3.54 y 765 g). No se evidenciaron efectos significativos de la dieta ni de la interacción genotipo x dieta sobre el consumo de alimento, rendimiento de carcasa, ni sobre los porcentajes de grasa y humedad.

Marcatoma (2017) evaluó en Ecuador, durante un periodo de 90 días, el efecto de tres concentraciones de extracto de ajo (4%, 6% y 8%) en el agua de bebida de cuyes en crecimiento. Aunque no se encontraron diferencias significativas en ganancia de peso, conversión alimentaria y rendimiento de carcasa, el grupo tratado con 8% mostró mejores

resultados numéricos. Los machos destacaron con mayores ganancias de peso y rendimiento de carcasa. Además, el uso del extracto de ajo redujo significativamente la carga parasitaria y no se detectó la presencia de *Salmonella* ni *E. coli*, del estado sanitario reveló la ausencia de *salmonella* y *E. coli*, y una notable reducción en la carga parasitaria (protozoarios y nematodos) con la utilización del extracto de ajo.

Gonzales (2018) desarrolló un estudio durante 49 días, iniciado con cuyes machos de 14 días de edad, con el objetivo de evaluar el efecto de probióticos, prebióticos y simbióticos sobre la morfología intestinal, así como sobre la serie eritrocítica y leucocítica, en animales desafiados con *Salmonella typhimurium*. Se utilizaron 50 cuyes distribuidos en cinco tratamientos, incluyendo un grupo control, grupos suplementados y un grupo tratado con antibiótico promotor de crecimiento (APC). Los resultados mostraron que los tratamientos con probiótico (T2) y simbiótico (T4) promovieron mejoras significativas en la altura y el ancho de las vellosidades intestinales, sin observarse diferencias en los parámetros sanguíneos.

En el estudio desarrollado por Torres et al. (2006), se evaluaron los efectos de dos niveles de proteína (15 % y 18 %) y dos niveles de energía (2.8 y 3.0 Mcal/kg ED) en la dieta de cuyes en crecimiento y engorde, empleando un diseño factorial 2×2 . Se utilizaron 48 cuyes machos de la Raza Perú, con una edad promedio de 14 ± 3 días, durante un periodo experimental de 49 días. Los resultados indican diferencias significativas para las ganancias de peso entre tratamiento, obteniéndose 695 (T2), 646 (T4), 627 (T3) y 592 (T1) g/cuy. Así mismo se encontró diferencia significativa para el consumo de materia seca total (alimento balanceado +forraje), registrándose 2362 (T2), 2182 (T1), 2120 (T4) y 2107 (T3). La conversión alimenticia obtenida mostró diferencias entre tratamientos, siendo más eficiente en T4 (3.3), seguida por T3 (3.4), T2 (3.5) y T1 (3.68). En cuanto al rendimiento de carcasa,

los valores obtenidos fueron de 71.8 % para T2, 71.4 % para T4, 70.7 % para T3 y 70.6 % para T1, respectivamente.

Por su parte, Ccama (2019) realizó un trabajo de investigación, con el objetivo de determinar la composición físico-química del ensilado de contenido ruminal de vacunos, evaluar su digestibilidad “in vivo” y establecer su contenido de nutrientes digestibles totales (NDT) y energía digestible (ED). Se emplearon 10 cuyes machos adultos de tres meses de edad, distribuidos al azar y alojados individualmente en jaulas metabólicas. Como parte del diseño experimental, se consideró un periodo preexperimental de acostumbramiento de 7 días, durante el cual los animales se adaptaron tanto a las nuevas condiciones de manejo como a la dieta experimental, lo que permitió minimizar el estrés y estabilizar el consumo.

Cuenca *et al.* (2022) llevaron un estudio con el objetivo de evaluar el efecto prebiótico del ajo en los parámetros productivos y la morfometría intestinal de cuyes en Ecuador. Utilizaron 90 cuyes machos destetados, distribuidos en tres tratamientos: T0 (Control), T1 (ajo al 0.5%) y T2 (ajo al 1%) en su alimentación por kilo de concentrado. El aumento de peso, el consumo de alimentos, la eficiencia alimentaria, el rendimiento de carcasa, el porcentaje de mortalidad, la altura y el ancho de las vellosidades intestinales y la profundidad de las criptas de Lieberkühn fueron similares para todos los grupos experimentales, El estudio se realizó en un periodo de 75 días, los hallazgos indicaron que no hubo diferencias estadísticas significativas ($p>0.05$) entre los tratamientos en los parámetros productivos y la morfometría intestinal.

4.2 Bases teóricas

4.2.1 Generalidades del cuy

El cuy es una especie originaria de la zona andina del Perú, Ecuador, Colombia y Bolivia. La carne de cuy es valorada por su alto contenido proteico, bajo nivel de grasa,

mínimo nivel de colesterol y triglicéridos, y por contener ácidos grasos esenciales. Además, se considera un alimento importante en la alimentación saludable y contribuye a combatir la anemia en la población infantil, especialmente en las zonas altoandinas (Chauca, 1997). En el Perú, la población de cuyes superó los 25 millones, con más del 60 % de esta población criada en sistemas familiares. Esta actividad involucra a más de 800,000 familias a nivel nacional, consolidándose como una fuente significativa de ingresos y seguridad alimentaria en las zonas rurales del país (Midagri, 2024).

Los cuyes nacen con los ojos abiertos y cubiertos de pelaje, lo que les permite moverse y alimentarse de manera temprana tras el parto. A la semana de vida, duplican su peso gracias a la excepcional calidad nutricional de la leche materna. Se sugiere conservarlos hasta los dieciocho meses, puesto que su eficacia tiende a disminuir con el paso del tiempo. Además, los cuyes muestran una notable adaptabilidad a una variedad de alimentos, desde residuos de cocina y de campo hasta piensos y concentrados. Gracias a su capacidad de adaptación a diferentes condiciones climáticas, los cuyes pueden encontrarse tanto en regiones frías como cálidas, desde la costa hasta los 4,500 metros sobre el nivel del mar (Chauca, 1997).

4.2.2 Taxonomía del cuy

Tabla 1

Clasificación taxonómica de cuy

Reino	Animalia
Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrada
Clase	Mammalia
Subclase	Theria
Orden	Rodentia
Suborden	Hstricomorpha
Familia	Caviidae
Subfamilia	<i>Caviidae</i>
Género	<i>Cavia</i>
Especie	<i>Cavia porcellus</i>

Fuente: Lineo (1758).

4.2.3 Requerimientos nutricionales

Vergara (2008) indica que distinguir dos tipos de requerimientos nutricionales para los cuyes: el primero se enfoca en aquellos utilizados en laboratorios, donde los requerimientos se detallan por nutrientes sin tomar en cuenta las diferencias relacionadas con la edad fisiológica, y está destinado principalmente a fines de investigación. Este grupo de cuyes requiere una alimentación que garantice su salud y bienestar en condiciones específicas, por lo que suelen recibir dietas controladas y equilibradas que proporcionan todos los nutrientes necesarios en las cantidades adecuadas. Por otro lado, los requerimientos nutricionales de los cuyes destinados a actividades zootécnicas tienen objetivos específicos relacionados con la producción de carne. En este caso, la nutrición se centra en optimizar los parámetros productivos, adaptando las necesidades nutricionales a estos propósitos específicos.

El cuy, al ser una especie monogástrica y herbívora, presenta una alimentación variada según sus distintos estadios fisiológicos: inicio, crecimiento, reproducción y lactancia. Por lo tanto, al formular sus raciones, es esencial tomar en cuenta la necesidad de satisfacer sus requerimientos nutritivos en proteínas, energía, minerales, vitaminas y agua (Chauca, 2018).

Tabla 2

Requerimientos nutricionales para cuyes según la etapa fisiológica.

Nutriente	Etapas			
	Inicio	Crecimiento	Acabado	Gestación/lactación
Energía digestible (Kcal/kg)	3000	2800	2700	2900
Proteína (%)	20	18	17	19
Fibra (%)	6	8	10	12
Aminoácidos (%)				
Lisina	0.9	0.8	0.8	0.9
Metionina	0.4	0.4	0.3	0.4
Metionina + Cistina	0.8	0.7	0.7	0.8
Arginina	1.3	1.2	1.1	1.2
Treonina	0.7	0.6	0.6	0.6
Triptófano	0.2	0.2	0.2	0.2
Minerales (%)				
Calcio	0.8	0.8	0.8	0.8
Fosforo	0.4	0.4	0.4	0.4
Sodio	0.2	0.2	0.2	0.2
Vitaminas (%)				
Vitamina C (mg/100g)	30	20	20	20

Fuente: National Research Council (1995).

4.2.4 Anatomía digestiva

Según Chauca (2018), el cuy presenta una anatomía gastrointestinal que se clasifica como fermentador posterior. La digestión fermentativa ocurre gracias a la acción de microorganismos presentes en el ciego del cuy. Es importante destacar que la actividad de estos microorganismos está estrechamente relacionada con la composición de la dieta que recibe el animal. Un aspecto interesante de su comportamiento es la cecotrofía, un proceso que permite al cuy reutilizar el nitrógeno. Esta capacidad contribuye a lograr un rendimiento

productivo satisfactorio, incluso cuando el alimento incluye niveles bajos o medios de proteína (Caballa et al., 2023).

4.2.5 Fisiología digestiva

La fisiología digestiva se enfoca en comprender los complejos mecanismos de degradación, absorción de nutrientes y su distribución a nivel celular (Chauca, 2018). En el caso de los movimientos de deglución en cuyes, se evidencia un rápido paso a través del estómago e intestino delgado, con un retraso considerable en el ciego (Jara et al., 2018).

Estudios con sulfato de bario (BaSO_4) han revelado que una parte de esta sustancia llega al ciego en un lapso de hasta dos horas, mientras que otra porción permanece por un periodo prolongado de hasta 48 horas (Chauca, 2018; Usca *et al.*, 2022). Por otro lado, Usca *et al.*, (2022) indican que la digestión microbiana se produce principalmente en el ciego, seguida en menor medida por el colon proximal, donde se absorben principalmente los ácidos grasos de cadena corta. Estas regiones del sistema digestivo del cuy son responsables de la absorción primaria de nutrientes, incluyendo aminoácidos, carbohidratos y ácidos grasos de cadena larga, junto con vitaminas. Además, existe la posibilidad de que los minerales sean absorbidos en estas áreas, y una pequeña porción de la absorción de nutrientes también puede ocurrir en el estómago e intestino delgado, como resultado de la digestión (Jara et al., 2018).

4.2.6 Intestino delgado

El intestino delgado es un tubo largo y delgado, esencial para la absorción de La mayor parte de los nutrientes se absorbe en el intestino delgado, que se divide en tres secciones: el duodeno, el yeyuno y el íleon. En el duodeno, se lleva a cabo la digestión enzimática principal; el yeyuno se encarga de la absorción de aminoácidos, azúcares y vitaminas; mientras que, en el íleon, la absorción se centra en minerales y agua (Gutierrez *et al.*, 2020).

4.2.7 Funciones del intestino delgado

El intestino delgado recibe jugo pancreático, que contiene enzimas esenciales para completar la digestión final de las proteínas en el duodeno, y secreta líquido intestinal, que también contiene enzimas que descomponen los azúcares en compuestos más simples en el duodeno. Además, absorbe los nutrientes digeridos y los entrega al torrente sanguíneo. Mediante movimientos peristálticos, el intestino delgado también fuerza el alimento no digerido hacia el ciego (Cunningham & Klein, 2009).

4.3 Histomorfometría del intestino del cuy

La pared intestinal presenta una estructura organizada en varias capas dispuestas de manera secuencial de fuera hacia dentro: La capa serosa, seguida de la capa muscular lisa en disposición longitudinal, luego la capa muscular lisa en disposición circular, y finalmente la capa submucosa. Dentro de la mucosa, se localizan las fibras de músculo liso de la muscularis mucosae (Jara et al., 2018). En la capa mucosa, se encuentra el epitelio, que constituye su lámina propia, y está revestido por un epitelio cilíndrico simple que comprende seis tipos distintos de células: células caliciformes, enterocitos, células de Paneth, células madre pluripotenciales y células enteroendócrinas (Al-Saffar & Nasif, 2019).

4.3.1 Mucosa

Las células epiteliales mucosas maduras se encuentran la superficie de las glándulas y vellosidades intestinales está compuesta por diferentes tipos de células. En primer lugar, encontramos los enterocitos, cuya función principal es la absorción de nutrientes. También están las células caliciformes, que son glándulas unicelulares responsables de secretar moco. Por último, se encuentran las células de Paneth, cuyo papel fundamental es el mantenimiento de la inmunidad innata en el intestino del organismo, las membranas mucosas secretan

sustancias antibacterianas, células enteroendocrinas que producen diversas hormonas endocrinas y paracrino (Al-Saffar & Nasif, 2019).

4.3.2 Submucosa mucosa

Las glándulas submucosas tubulares ramificadas del duodeno son el hogar de células secretoras que presentan características tanto de células productoras de zimógeno como de células mucosas. Las secreciones de estas glándulas tienen un pH que varía entre 8.1 y 9.3, y están compuestas por glicoproteínas neutras y básicas, así como por iones de bicarbonato. Estas secreciones juegan un papel fundamental en la protección del intestino delgado proximal, ya que neutralizan el quimo ácido que proviene del estómago, ajustando así el pH del contenido intestinal dentro de ese rango. Esta neutralización es esencial para asegurar la actividad óptima de las enzimas pancreáticas en el duodeno (Cunningham & Klein, 2009).

Los plexos neuronales contienen neuronas sensoriales que recogen información de las terminaciones nerviosas situadas cerca del epitelio de las vellosidades y en la capa muscular externa. Estas neuronas actúan como quimiorreceptores, detectando la composición del contenido intestinal, y como mecanorreceptores, monitoreando la expansión de la pared intestinal. Por otro lado, también existen células nerviosas efectoras que ejercen su función sobre las capas musculares y las células encargadas de la secreción hormonal. La inervación extrínseca está proporcionada por fibras simpáticas y parasimpáticas (Ferrufino, et al., 1996).

4.3.3 Muscular

La muscular externa del intestino delgado se distingue por estar formada por dos capas de células de músculo liso: una capa interna organizada en un patrón circular y una capa externa dispuesta longitudinalmente. Entre estas dos capas musculares se sitúa el plexo mientérico, conocido también como plexo de Auerbach, que juega un papel crucial en la regulación de la motilidad intestinal. En el intestino delgado, se llevan a cabo dos tipos de

contracciones musculares: las contracciones segmentarias y las contracciones peristálticas. Las contracciones segmentarias son locales y mueven el contenido intestinal en ambos sentidos, tanto proximal como distal, facilitando así la mezcla y absorción de nutrientes (Al- Saffar & Nasif, 2019).

Estas contracciones son mayormente inducidas por la actividad de la capa muscular circular, la cual tiene como función principal movilizar localmente el quimo con el fin de mezclarlo con los fluidos digestivos y permitir que entre en contacto con la mucosa para facilitar su absorción. de los productos digestivos. Por otro lado, las contracciones peristálticas, que constituyen la segunda modalidad de movimientos, se basan en la acción coordinada de ambas capas musculares, tanto la circular como la longitudinal, desplazando el contenido intestinal en dirección distante (Cunningham & Klein, 2009).

4.3.4 Serosa

La serosa del intestino delgado, recubierta por el peritoneo dentro de la cavidad abdominal, no presenta características especiales adicionales (Cunningham & Klein, 2009).

Está formada por una fina capa de tejido conectivo laxo, que en su superficie libre se encuentra recubierta por una capa de células planas, conocida como mesotelio. Esta capa corresponde a la hoja visceral del peritoneo y se presenta de manera completa, a excepción del borde mesentérico, donde los vasos sanguíneos y nervios se conectan con la zona intestinal (Al-Saffar & Nasif, 2019).

4.3.5 Duodeno

Constituye la primera porción del intestino delgado, un tubo muscular largo y delgado que se extiende desde el píloro del estómago hasta la válvula ileocecal, la cual lo conecta con el intestino grueso (Hiyagon, 2014).

León (2019) describe la estructura del duodeno del cuy como la porción más corta del intestino delgado, con una longitud aproximada de 10 a 12 cm. Tiene una forma de "C" y está rodeado por el páncreas. La pared del duodeno está formada por las mismas cuatro capas que se encuentran en el resto del sistema digestivo: mucosa, submucosa, muscular y serosa. La mucosa del duodeno está revestida por vellosidades intestinales, las cuales son más cortas y menos densas en comparación con las del yeyuno e íleon. La submucosa del duodeno alberga las glándulas de Brunner, responsables de producir moco alcalino que neutraliza el ácido gástrico proveniente del estómago.

Arce (2016) describe la principal función del duodeno en el cuy como la digestión química de los alimentos. En esta región, se recibe la bilis del hígado y el jugo pancreático del páncreas. La bilis juega un papel crucial en la emulsificación de las grasas, lo que facilita su digestión por parte de las enzimas digestivas. Por otro lado, el jugo pancreático está compuesto por enzimas que se encargan de descomponer carbohidratos, proteínas y grasas. La digestión enzimática ocurre en el lumen del duodeno, la cavidad interna del intestino. Los nutrientes digeridos son absorbidos por las células de la mucosa intestinal y transportados a la sangre a través de los vasos sanguíneos de la submucosa. Además, el duodeno juega un papel crucial en la neutralización del ácido gástrico proveniente del estómago mediante el moco alcalino producido por las glándulas de Brunner, protegiendo así la mucosa intestinal del daño ácido.

Puente et al. (2019) realizó un estudio sobre el impacto de la suplementación con diferentes niveles de un probiótico líquido en la histomorfometría del intestino delgado de cuyes. con antibióticos promotores de crecimiento en cuyes, lo cual reportaron en duodeno una longitud de $669.9\mu m$, ancho $119.0\mu m$ y profundidad $260.0\mu m$ sin diferencia significativa con otros tratamientos.

4.3.6 Yeyuno

El yeyuno del cuy constituía la segunda porción del intestino delgado, un tubo muscular largo y delgado que se extendía desde el duodeno hasta el íleon, situado en la parte superior del abdomen (Hiyagon, 2014).

León (2019) mencionan que el yeyuno es el más largo, alcanzando unos 95 cm tenía una forma de tubo recto y estaba rodeado por el mesenterio, una membrana que contenía vasos sanguíneos y linfáticos. La pared del yeyuno estaba formada por las mismas cuatro capas que el resto del intestino delgado: mucosa, submucosa, muscular y serosa. La mucosa del yeyuno estaba revestida por vellosidades intestinales largas y densas, lo que aumentaba significativamente la superficie de absorción. Las vellosidades intestinales contenían enterocitos, células especializadas dentro de un parámetro de absorción de nutrientes.

Arce (2016) define la principal función del yeyuno era la absorción de nutrientes. La mayor parte de la digestión de los alimentos se lleva a cabo en el duodeno, donde los nutrientes son absorbidos de manera eficiente. Digeridos pasaban al yeyuno para ser procesados por la mucosa intestinal en forma de absorción. El yeyuno absorbía una amplia gama de nutrientes, incluyendo carbohidratos, proteínas, grasas, vitaminas y minerales. Los nutrientes absorbidos eran transportados a la sangre a través de los vasos sanguíneos de la submucosa.

Carcelén et al. (2020) analizó la influencia de la administración de un probiótico en cuyes durante un período de 84 días, suministrando una dosis de 1,2 y 3 mL por día. Su estudio determinó que, en el yeyuno, la longitud promedio de las vellosidades intestinales y con 3mL fue de 488 μm , con un ancho de 126 μm y una profundidad de 246 μm , sin encontrar diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados.

4.3.7 Íleon

El íleon del cuy representa la tercera y última porción del intestino delgado, un tubo muscular largo y delgado que se extendía desde el yeyuno hasta la válvula ileocecal, la cual lo conectaba con el intestino grueso, localizado en la parte inferior del abdomen. Por su parte, el íleon tiene una longitud aproximada de 10 cm (Hiyagon, 2014).

León (2019) define la estructura del íleon del cuy era la parte más corta del intestino delgado, Tenía una forma de tubo recto y estaba rodeado por el mesenterio, una membrana que contenía vasos sanguíneos y linfáticos. La pared del íleon estaba formada por las mismas cuatro capas que se encuentran en el resto del intestino delgado: mucosa, submucosa, muscular y serosa. La mucosa del íleon estaba revestida por vellosidades intestinales más cortas y menos densas que las del yeyuno. Las vellosidades intestinales del íleon contenían enterocitos, células especializadas en la absorción de nutrientes.

Arce (2016) define la principal función del íleon era la absorción de agua y electrolitos. La mayoría de los nutrientes ya habían sido absorbidos en el yeyuno, por lo que el íleon se encarga de absorber el agua restante y los electrolitos de la masa alimenticia. El agua y los electrolitos absorbidos pasa a la sangre a través de los vasos sanguíneos de la submucosa. Además, el íleon juega un papel importante en la defensa inmunológica, ya que la mucosa intestinal contiene células inmunitarias que protegen al organismo de las infecciones.

En referencia al íleon Sarmiento (2021) llevó a cabo un estudio en el que evaluó la morfometría del intestino delgado en cuyes que recibieron suplementación con vitamina C y, a su vez, experimentaron una reducción de su espacio vital, 0.20 m^2 . Como parte de su investigación, se analizaron distintos parámetros morfológicos del íleon, obteniéndose valores promedio de $392.8 \text{ } \mu\text{m}$ para la longitud de las vellosidades intestinales, $128.6 \text{ } \mu\text{m}$

para el ancho y 140.8 μm para la profundidad de las criptas. Estos resultados fueron superiores en comparación con aquellos obtenidos en cuyes que fueron sometidos a una reducción aún mayor del espacio disponible, específicamente a 0.10 m^2 .

4.3.8 VelloSIDADES INTESTINALES

Son proyecciones en forma de dedo que se encuentran en la superficie interna del intestino delgado, y su función principal es aumentar la superficie de absorción, permitiendo una mayor captación de nutrientes provenientes de los alimentos consumidos (Puente. *et al.*, 2019).

Bezada *et al.* (2023) definen que las velloSIDADES INTESTINALES del cuy están cubiertas por enterocitos, células especializadas en la absorción de nutrientes. Los enterocitos, a su vez, poseían microvellosidades en su superficie, incrementando aún más la superficie de absorción. Dentro de las velloSIDADES INTESTINALES se encontraban capilares sanguíneos y vasos linfáticos. Los nutrientes absorbidos por los enterocitos eran transportados a la sangre a través de los capilares sanguíneos, mientras que los desechos pasaban a la linfa a través de los vasos linfáticos.

Mariños (2020) define que las velloSIDADES INTESTINALES desempeñaban un papel crucial en la digestión y absorción de nutrientes esenciales para el crecimiento, desarrollo y supervivencia del cuy. Además, las velloSIDADES INTESTINALES también contribuían a la defensa inmunológica del organismo. Los enterocitos contenían células inmunitarias que ayudaban a proteger al cuy de infecciones.

4.3.9 CriPTAS DE LIEBERKÜHN

Son glándulas tubulares simples que se abren a través de perforaciones en la túnica epitelial. Según micrografías electrónicas de centelleo, las aberturas de varias criPTAS rodean la base de cada velloSIDAD. Estas glándulas están compuestas por células superficiales de

absorción, células caliciformes, células regenerativas, células enteroendocrinas y células de Paneth (Gonzales, 2018).

4.3.10 Células de Paneth

Desde una perspectiva histológica, se distinguen por poseer un citoplasma basófilo y una zona apical notablemente eosinófila, causada por la existencia de gránulos secretorios que vierten su contenido en la luz de la cripta. Estos gránulos contienen partículas con propiedades antibacterianas y desempeñan un papel crucial en la inmunidad innata local, como la protección de las células madre de las criptas, la regulación de la composición de la flora bacteriana endógena y la contribución al desarrollo y formación de criptas y procesos (Ouellette *et al.*, 2000).

4.3.11 Células regenerativas

Las células regenerativas del cuy, a menudo denominadas células madre, exhiben la capacidad de autorrenovarse y diferenciarse en diversos tipos celulares especializados. Estas células desempeñan un papel fundamental en la reparación de tejidos y en el mantenimiento de la homeostasis en el organismo del cuy (Ouellette *et al.*, 2000).

4.3.12 Factores que afectaban a las vellosidades intestinales

La dieta del cuy podía influir en la longitud, ancho y densidad de las vellosidades intestinales. Una dieta rica en nutrientes tenía a aumentar estas características, mejorando la capacidad de absorción. En contraste, una dieta deficiente en nutrientes podía disminuir la longitud, ancho y densidad de las vellosidades, afectando negativamente la absorción de nutrientes. Además, ciertas enfermedades, como la diarrea, podían dañar las vellosidades intestinales y reducir su capacidad de absorción, impactando la salud general del cuy (Mariños, 2020).

4.4 Ajo

El ajo es ampliamente reconocido por sus propiedades medicinales y se ha utilizado como una alternativa natural en la producción animal debido a sus beneficios antimicrobianos, antiinflamatorios y antioxidantes (Kimura *et al.*, 2017). Los compuestos bioactivos del ajo, como la alicina, inhiben el crecimiento de bacterias patógenas, reducen la carga de parásitos y fortalecen el sistema inmunológico, lo que resulta en una mejora de la salud intestinal y una mayor eficiencia en la conversión alimenticia (Ahmed & Wang., 2021). En la producción de cuyes, la inclusión de ajo en la dieta ha demostrado mejorar el crecimiento y el bienestar general de los animales, ofreciendo una solución sostenible y libre de los riesgos asociados con los antibióticos promotores de crecimiento (Chen *et al.*, 2021). La correcta dosificación y forma de administración son esenciales para maximizar sus beneficios sin comprometer la palatabilidad del alimento (Ramírez *et al.*, 2016).

4.4.1 El ajo como alternativa natural a los APC

El ajo se presenta como una alternativa natural prometedora a los antibióticos promotores de crecimiento (APC) en la producción animal, incluidos los cuyes. Sus compuestos bioactivos, como la alicina, le confieren propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias y antioxidantes que mejoran la salud intestinal y fortalecen el sistema inmunológico, reduciendo la carga de patógenos y parásitos. Estos efectos promueven un crecimiento y eficiencia alimenticia comparables a los APC, sin los riesgos de resistencia antimicrobiana. Además, el ajo contribuye a una producción más sostenible y responsable. Para su implementación, es crucial ajustar la dosificación y forma de administración para maximizar sus beneficios sin afectar la palatabilidad del alimento ni el bienestar animal (Hortúa & Botía, 2013).

4.4.2 Características botánicas

División	:	Fanerógama
Subdivisión	:	Angiosperma
Clase	:	Monocotiledoneas
Orden	:	Lilifloras
Familia	:	Liliáceas
Subfamilia	:	Ailoideas
Género	:	<i>Allium</i>
Especie	:	<i>Sativum</i>

Según Montes (1966) la clasificación botánica del ajo.

4.4.3 Composición química del ajo

El ajo es una planta conocida por su rica y compleja composición química, que incluye una variedad de compuestos bioactivos con propiedades medicinales y nutricionales. Entre estos compuestos se encuentran los sulfuros, como la alicina, el ajoeno y el dialil disulfuro, que son responsables de gran parte de los efectos terapéuticos del ajo. Además, el ajo contiene una variedad de vitaminas, incluyendo la vitamina C y B6, así como minerales como el selenio y el manganeso. Estos componentes se han asociado con una amplia gama de beneficios para la salud, que van desde propiedades antimicrobianas y antiinflamatorias hasta efectos antioxidantes y cardiovasculares. La combinación única de compuestos químicos presentes en el ajo lo convierte en un ingrediente valioso tanto en la cocina como en la medicina tradicional, y su inclusión en la dieta animal puede ofrecer beneficios similares en términos de promoción de la salud y el bienestar (Reveles-hernández *et al.*, 2009).

Tabla 3*Composición química del ajo fresco y pulverizado.*

Nutrientes	Dientes de ajo pelados frescos	Ajo deshidratado pulverizado
Humedad (%)	62.80	5.2
Proteína (%)	6.3	17.5
Grasa (%)	0.1	0.6
Materia mineral (%)	1.00	3.2
Fibra (%)	0.8	1.9
Carbohidratos (%)	29.0	71.4
Calcio (%)	0.03	0.1
Fosforo (%)	0.31	0.42
Potasio (%)	-	1.1
Hierro (%)	0.001	0.004
Niacina (%)	-	0.7
Sodio (%)	-	0.01
Vitamina A(IU)	-	175.0
Acido nicótico(mg/10g)	0.4	-
Vitamina C(mg/100g)	13.0	12.0
Vitamina B2(mg/100g)	-	0.08

Fuente: Salunkhe (2003).

4.4.4 El ajo fermentado

El ajo fermentado, un producto tradicionalmente elaborado en países asiáticos, ha comenzado a ser introducido en naciones occidentales como España, Alemania, Italia, e incluso en Estados Unidos y Argentina en los últimos años. Este producto es fundamental por dos razones principales: ofrece un aroma y sabor superiores en comparación con el ajo fresco, y también posee una mayor capacidad antioxidante (Toledano, 2017). Se obtiene colocando las cabezas de ajo enteras en una cámara sellada a una temperatura de 70º y humedad de 80% durante 30 días (Chang *et al*, 2023). Durante este tiempo, el ajo cambia gradualmente de color hasta convertirse en ajo negro (Estalles, 2020). Aunque se le llama con frecuencia la "fermentación" en realidad no está relacionada con la fermentación microbiana., porque la transformación no implica un proceso microbiano. En cambio, las reacciones de Maillard son las responsables del color oscuro y el perfil de sabor complejo que se encuentran en este producto (Estalles, 2020).

4.4.5 El ajo en la alimentación de cuyes

El uso del ajo en la alimentación de cuyes ha sido objeto de interés debido a sus potenciales beneficios para la salud y el rendimiento de estos animales. La inclusión de ajo en la dieta de los cuyes se ha asociado con mejoras en la salud intestinal, una mayor resistencia a enfermedades y una mejora en el crecimiento y la eficiencia alimenticia. Los compuestos bioactivos del ajo, como la alicina, han demostrado tener propiedades antimicrobianas y antioxidantes que pueden ayudar a reducir la carga de patógenos en el intestino y mejorar la salud general de los cuyes (Ramírez *et al.*, 2016).

4.4.6 Uso del ajo en la medicina veterinaria

El ajo es usado en la medicina según Chen *et al.*, (2021).

- Actúa como antimicótico, antifúngico.
- Disminuye la presión arterial y el colesterol.
- Alivia y reduce el dolor en las piernas al caminar causado por la arterioesclerosis.
- Tiene efecto antiinflamatorio.
- Cuando es consumido por mucho tiempo ayuda a prevenir cáncer.
- Contribuye a aumentar el nivel de insulina en el cuerpo, lo que a su vez ayuda a disminuir los niveles de glucosa en la sangre.

4.4.7 Inhibición de microorganismos patógenos por el ajo

El ajo ha sido reconocido por sus potentes propiedades antimicrobianas, que pueden contribuir significativamente a la inhibición de microorganismos patógenos en la producción animal. Los compuestos activos del ajo, como la alicina, el ajoeno y el dialil disulfuro, han demostrado tener efectos inhibidores sobre una amplia gama de bacterias, virus, hongos y parásitos que afectan la salud de los animales (Cala *et al.*, 2023). Estos compuestos pueden

interferir con la membrana celular de los microorganismos, inhibir la síntesis de ADN o proteínas, y alterar procesos metabólicos esenciales para su supervivencia. Como resultado, el ajo se ha utilizado en la alimentación animal como una estrategia natural para reducir la carga de patógenos en el tracto gastrointestinal, promoviendo así una mejor salud intestinal y un mayor bienestar de los animales. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la eficacia del ajo puede variar dependiendo de factores como la dosificación, la forma de administración y la sensibilidad específica de los microorganismos presentes en el ambiente animal (Sierra., 2023).

4.5 Parámetros productivos del cuy

En la actualidad, la gestión de la producción se ha convertido en una herramienta invaluable para los productores, permitiéndoles optimizar los índices de eficiencia productiva y, en consecuencia, impactar positivamente en sus ingresos. En el ámbito específico de la cría de cuyes, es fundamental realizar una evaluación detallada de parámetros como el consumo diario, la ganancia media diaria de peso y la conversión alimenticia. Estos índices son esenciales para entender y mejorar la productividad de los cuyes, ya que ayudan a determinar cómo se transforma el alimento en peso corporal. Asimismo, otros indicadores, como el rendimiento de la carcasa y el costo de producción, también juegan un papel crucial. Es relevante señalar que la selección adecuada de los parámetros productivos garantiza una evaluación precisa del sistema de producción de cuyes, lo que a su vez facilita la toma de decisiones informadas por parte de los productores (Gutiérrez, 2013). Los parámetros productivos engloban una amplia gama de variables que miden el rendimiento y la producción de los animales durante un período específico. Estas métricas son fundamentales para evaluar la eficiencia y la rentabilidad de los sistemas de producción animal (Albertí *et al.*, 2005).

4.5.1 Consumo de alimento

El consumo de alimento en los cuyes se determina por la diferencia entre la cantidad de

alimento que se les ofrece y el que no consumen. Según Roca y Paz (2001), en la dieta de estos animales, los componentes más habituales son el forraje verde y el alimento balanceado. El forraje es fundamental, ya que aporta agua, fibra y nutrientes esenciales, como la vitamina C. Por su parte, el alimento balanceado complementa su dieta al proporcionar la energía y las proteínas necesarias para el adecuado crecimiento de los cuyes. En la medición del consumo de alimento en cuyes, se suele evaluar la cantidad ingerida en gramos diarios o por períodos más extensos, como por semana, lo que permite entender sus patrones alimenticios y optimizar la nutrición según las necesidades de estos animales (Taboada, 2022).

Gutiérrez (2013) reportó un consumo de alimento de 38.9 g/día en cuyes alimentados con una dieta a base de harina de pescado y harina de soja. Este resultado sugiere que la inclusión de estos insumos en la alimentación de los cuyes puede influir en su ingesta diaria de alimento, posiblemente debido a su valor nutricional y palatabilidad. Además, el consumo de alimentos es un factor determinante en el crecimiento y la eficiencia productiva de los animales. Jalanocca (2024) registró un consumo promedio de 48.3 g/día en cuyes machos durante un período de 60 días, siendo estos alimentados con una dieta suplementada con harina de tarwi al 18 %. Hortúa y Botía (2013) reportaron un consumo diario de 80.8 g/día en pollos alimentados con extracto de ajo al 1 %, los pollos, al ser aves de rápido crecimiento y con una mayor demanda energética, estos resultados evidencian la importancia de considerar las particularidades de cada especie al evaluar el impacto de diferentes suplementos en la alimentación y el desempeño productivo.

4.5.2 Ganancia de peso

Taboada (2022) indica que la ganancia de peso (GP) en los cuyes está influenciada por una combinación de factores genéticos, ambientales y nutricionales. Además de los aspectos mencionados, hay otros elementos importantes que influyen en su desarrollo, como la

sanidad, el manejo, la calidad de las instalaciones y el clima. La ganancia de peso de los cuyes está íntimamente relacionada con la calidad y cantidad de alimento que consumen. Por ello, llevar un registro diario de las ganancias de peso es fundamental para evaluar la evolución de estos factores. Esto facilita la identificación de tendencias y la posibilidad de ajustar la alimentación y el manejo para satisfacer las necesidades específicas de los animales. Para medir la ganancia de peso en los cuyes, se utilizan diversas métricas y técnicas de medición. Entre ellas, destaca el registro periódico de su peso en gramos o kilogramos a lo largo de un período determinado, lo que permite realizar un análisis detallado de su desarrollo y crecimiento a lo largo del tiempo. Además, se pueden calcular índices de ganancia de peso diaria, semanal o mensual, brindando una visión más detallada de su progreso y una comprensión más completa de su desempeño productivo. (Taboada, 2022). Se recomienda que los gazapos reciban una alimentación con un alto contenido de proteína, alrededor del 17%, lo que permite un aumento de peso diario de entre 9.3 y 10.5 gramos por animal. Además, si se utilizan raciones con un alto nivel de energía, en cuyes mejorados se pueden alcanzar incrementos de peso de hasta 15 gramos al día.

Valdizán (2018) también mencionó que la ganancia diaria de peso en los cuyes no mostró diferencias significativas ($p>0.05$) entre los tratamientos. En su estudio, realizado durante tres meses de suministro, observó que el promedio de incremento de peso (692.22 g) en los animales que recibieron probióticos, prebióticos y simbióticos fue similar al aumento de peso (683.80 g) de los animales con la dieta control.

Arévalo (2011) reportó una ganancia de peso de 7.23 g/día en un período de 120 días de estudio, utilizando ajo macerado en la dieta de los cuyes con la inclusión de ajo en la alimentación de estos animales puede influir en su desarrollo productivo, aunque la ganancia de peso.

Por su parte, Zamora y Callacna (2017) consiguieron una ganancia de peso de 10.34 g/día en cuyes alimentados con una dieta suplementada con harina de sangre al 8 %. Estos resultados indican que la harina de sangre, al ser una fuente proteica de alta calidad, puede tener un impacto positivo en el crecimiento de los cuyes, mejorando su desarrollo en comparación con dietas que incluyen otros tipos de suplementos.

4.5.3 Conversión alimenticia

La conversión alimenticia (CA) es un indicador esencial en la producción de cuyes, ya que refleja la eficacia con la que estos animales transforman el alimento en peso corporal. Según Solórzano y Sarría (2014), este parámetro se determina dividiendo el consumo total de alimento en materia seca por el peso del animal. En el caso de los cuyes, su relevancia es considerable, dado que el gasto en alimentación puede representar entre el 60 y el 80 por ciento de los costos de producción totales. Además, la variabilidad en la conversión alimenticia está influenciada por el tipo de alimento proporcionado (Taboada, 2022). Por ejemplo, cuando se utiliza un alimento principalmente concentrado, la conversión oscila entre 3. 5 y 6. 5; en contraste, una dieta compuesta de forraje verde y otros suplementos puede llevar esta cifra a un rango de entre 7. 0 y 10. 0 para los cuyes. Por tanto, para los productores, comprender y manejar adecuadamente la conversión alimenticia es crucial, especialmente al considerar la inversión que realizan en la compra de forraje verde. Conocer la eficiencia con la que los cuyes convierten estos alimentos en peso les permite optimizar la alimentación, ajustar las raciones y tomar decisiones informadas sobre los tipos de alimentos que mejor se adaptan a sus objetivos de producción y rentabilidad.

Jalanocca (2024) en un estudio realizado con cuyes machos suplementados con harina de tarwi al 18%, reportó una conversión alimenticia de 4.9 en 60 días de estudio en la comunidad de Yanaoca estos resultados evidencian la importancia de la suplementación en la

dieta de los cuyes, ya que influye directamente en su aprovechamiento del alimento y en su rendimiento productivo.

Durante la fase de crecimiento y engorde, que se desarrolló a lo largo de 120 días, se trabajó con un total de 210 cuyes de la línea peruana mejorada, distribuidos en tres tratamientos, cada uno con 70 repeticiones. La alimentación diaria se compuso de 250 g de *Pennisetum purpureum* junto con 0. 50 g de concentrado para el tratamiento T1; 250 g de *Pennisetum sp.* Se utilizaron 0. 50 g de concentrado para el tratamiento T2, junto con 250 g de *Tithonia diversifolia* y 0. 50 g de concentrado para el tratamiento T3. Los datos obtenidos fueron analizados mediante un Diseño Completamente al Azar y se aplicó la prueba estadística de Tukey, considerando niveles de significancia de $P \leq 0.01$ y $P \leq 0.05$. Los resultados indicaron que el tratamiento T3 presentó la conversión alimenticia más eficiente, con un valor de 5. 57 (Valverde et al., 2021).

4.5.4 Rendimiento de carcasa

El rendimiento de la carcasa (RC) en cuyes es un indicador fundamental que determina la cantidad de carne que se puede obtener de cada animal. Este rendimiento se calcula dividiendo el peso de la carcasa entre el peso vivo del cuy y luego multiplicando el resultado por 100. Según los estudios realizados por Chauca en 1997, se ha encontrado que los cuyes cruzados y progresados presentan rendimientos de carcasa significativamente superiores a los cuyes criollos, alcanzando un 63. 40% y un 67. 38%, respectivamente, frente a un 54. 43% de los cuyes criollos. Estos resultados subrayan la relevancia de los programas de mejora genética en la producción de carne de cuy. Además, se ha comprobado que el ayuno previo al sacrificio influye notablemente en el rendimiento de la carcasa. En experimentos realizados con cuyes que no ayunaron, se observaron rendimientos de carcasa reducidos, aproximadamente del 54. 48%. Por otro lado, Rojas (2019) estableció que la edad óptima para el sacrificio es a las 7 semanas (49 días), considerándola como un buen momento para

aprovechar a los cuyes. Sin embargo, tras aplicar un ayuno de 24 horas antes del sacrificio, se registró un notable aumento en el rendimiento, alcanzando un 64. 37%.

Arévalo (2011) evaluó el efecto del ajo macerado en cuyes durante un período de 120 días, administrando 3 mL/cuy por vía oral con el propósito de controlar la carga bacteriana de *Yersinia pseudotuberculosis* y *Escherichia coli*. En su estudio, se obtuvo un rendimiento de carcasa del 77.01 %, un valor superior al reportado en los estudios previos, incluida la presente investigación. Valverdi et al. (2021) evaluó el rendimiento de carcasa en cuyes durante 120 días de estudio, suplementado con alimentación con *Pennisetum sp.* (maralfalfa), obteniendo un valor del 60,28 % este resultado evidencia la influencia de la dieta en el desarrollo corporal y en la calidad del canal, ya que el uso de forrajes como *Pennisetum sp.* porcentaje de rendimiento resaltan la puede aportar nutrientes esenciales para el crecimiento de los animales.

V. HIPÓTESIS

5.1 Hipótesis general

La suplementación con ajo en la dieta de cuyes mejora la histomorfometría de las vellosidades intestinales incrementando la absorción de nutrientes y generando un aumento en los parámetros productivos.

VI. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION

6.1 Lugar de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en galpón familiar de cuyes de la familia Casa, ubicado en la comunidad de Chectuyoc del Distrito de Marangani, Provincia de Canchis, Región Cusco, latitud 14.331822, longitud 71.1939156 y 3698 metros sobre el nivel del mar, que posee clima templado (SENAMHI, 2024). El procesamiento de muestras y la interpretación de láminas para el análisis de la histomorfometría intestinal (intestino delgado). Se llevó a cabo en el Laboratorio de Histología y Patología de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria, filial Sicuani, que forma parte de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Figura 1

Mapa de ubicación geográfica del distrito de Marangani



6.2 Duración del estudio

El estudio se dividió en tres etapas. Primero, se realizó un período preexperimental de 7 días destinado al acostumbramiento de los cuyes, el cual es recomendado por Camino y Hidalgo (2014) y Ccama (2019) para minimizar el estrés y facilitar la adaptación de los animales a las condiciones experimentales.

Luego, la etapa experimental tuvo una duración de 49 días, según lo recomendados por Gonzales (2018) y Torres et al (2006), en los meses de octubre y noviembre del año 2024, periodo durante el cual se evaluaron los parámetros productivos de los cuyes.

Finalmente, el estudio histológico se desarrolló en un período de 10 días, siguiendo las recomendaciones de Montalvo (2010), tiempo en el cual se realizaron las etapas de fijación, procesamiento y análisis de las muestras.

6.3 Materiales, equipos e instrumentos

Durante la evaluación de suplementación de ajo fermentado en la dieta de cuyes se utilizaron los siguientes materiales y equipos.

6.3.1 Material de campo

- Hojas de registros
- Botiquín veterinario
- Comederos para cuyes
- Bebederos para cuyes
- Maderas
- Malla metálica
- Jabas transportadoras de plástico
- Lapiceros
- Marcador de tinta indeleble
- Cámara fotográfica

6.3.2 Equipos

- Microscopio
- Balanza de precisión
- Termómetro ambiental
- Balanza electrónica de marca Kambor con sensibilidad de 1g.
- Equipo de inclusión de parafina
- Micrótomo
- Estufa
- Flotador de tejido
- Pinzas operarias
- Baterías de colorantes especiales
- Cámara de bioseguridad
- Equipo automático de procesador de tejidos
- Equipo de estación de tinción automáticos

6.3.3 Insumos

- Alimento balanceado
- Harina de ajo

6.3.4 Colecta de muestra de intestino

- Equipo de disección anatómico
- Formol tamponado
- Guantes de nitrilo
- Frascos PVC para muestras

6.3.5 Materiales para técnica histológica

- Casset histológico
- Alcohol absoluto
- Alcohol etílico 69%
- Sustituto de xileno
- Parafina granulada
- Lamina portaobjeto
- Lamina cubreobjeto
- Cuchillas de microtomo
- Tinción de hematoxilina y eosina

6.4 Metodología de la investigación

6.4.1 Tipo de investigación

Según Espinoza y Toscano (2015), la presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, de tipo experimental, de nivel explicativo y de diseño longitudinal.

6.4.2 Población y muestra

La población objetivo del estudio estuvo constituida por cuyes pertenecientes a las asociaciones de productores del distrito de Maranganí, cuya población total asciende a 44,642 cuyes (INEI, 2012). Para la selección de la muestra, Se consideraron únicamente dos asociaciones de criadores de cuyes, Asociación de Productores Agropecuarios “Richariy Wayna” y Asociación de Criadores de Cuyes “Cobayo Gigante”, ubicadas en la comunidad de Chectuyoc, las cuales representan una población accesible de aproximadamente 2,700 cuyes.

El muestreo fue de tipo no probabilístico por conveniencia, considerando la disponibilidad y condiciones homogéneas de manejo, se seleccionaron 36 cuyes con los criterios establecidos para el experimento (machos, sanos, en etapa de recría, con edad aproximada de 14 días y un peso inicial entre (250 ± 50) g). Los animales que no cumplían con estas condiciones fueron excluidos. Finalmente, los 36 cuyes seleccionados se distribuyeron aleatoriamente en los tratamientos experimental.

6.4.3 Diseño experimental

Se trabajó con 36 cuyes machos de la línea Perú, en etapa de recría, con una edad aproximada de 14 días y un peso promedio de 250 ± 50 g. Los animales fueron seleccionados de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos. Posteriormente, las unidades experimentales se distribuyeron de manera aleatoria en tres tratamientos experimentales, conformando 12 animales por grupo.

Criterios de inclusión: Cuyes sanos y de tamaño uniforme, edad y peso inicial homogéneos para minimizar las variaciones.

Criterios de exclusión: Cuyes hembras, enfermos, adultos y cuyes que no estén en el rango de peso indicado anteriormente.

6.5 Elaboración de ajo fermentado (ajo negro).

- Se trabajó con bulbos enteros (cabezas completas) de ajo morado (*Allium sativum L.*) en estado fresco. Estos fueron colocados en un recipiente de vidrio herméticamente cerrado y sometidos a un proceso de fermentación controlada.
- La fermentación fue realizada en una estufa de convección eléctrica, en la cual se mantuvo una temperatura constante de 70 °C mediante la circulación uniforme de aire caliente. La humedad relativa fue controlada con un higrómetro digital y se mantuvo alrededor del 80 % mediante la colocación de 800 mL de agua en un beaker dentro de la estufa, garantizando condiciones adecuadas durante el proceso.
- El proceso de fermentación se mantuvo durante 30 días en. Al término de este periodo, las cabezas fermentadas fueron retiradas de la estufa y dejadas en reposo a temperatura ambiente durante dos semanas, con el fin de estabilizar los compuestos bioactivos formados.
- Finalmente, las cabezas de ajo fueron peladas manualmente para separar los dientes, los cuales se sometieron a trituración en una trituradora eléctrica de cuchillas rotatorias, obteniéndose la harina de ajo fermentado utilizada en el experimento (Chang et al., 2023).

6.6 Formulación de dietas para los tres tratamientos

La formulación de la dieta balanceada (DB) se realizó con el programa denominado formulación de raciones al costo mínimo (Mixit – 5 versión 2.0), según los requerimientos nutricionales para cuyes en etapa de crecimiento NRC (National Research Council, 1995). La

preparación de la dieta base se realizó de manera independiente para cada tratamiento, elaborando 50 kg por tratamiento, lo que representó un total de 150 kg. El tratamiento 1 correspondió a la dieta base sin adición de ajo fermentado, el tratamiento 2 a la dieta base con inclusión del 0,5 % de ajo fermentado, y el tratamiento 3 a la dieta base con adición del 1 % de ajo fermentado (AF).

Tabla 4

Composición porcentual de la dieta base formuladas para los tres tratamientos experimentales

Insumos	Porcentajes %
Afrecho de trigo	30
Afrecho de cebada	10
Polvillo de arroz	3.5
Harina de maíz	22
Torta de soya	18
Vitaminas y minerales	0.8
Carbonato de calcio	0.7
Harina de alfalfa	15
TOTAL	100

6.7 Variables de la investigación

6.7.1 Variables independientes

Dosis de suplementación: La cantidad específica de ajo fermentado administrada a los cuyes 0.5% y 1%.

6.7.2 Variables dependientes

1. Parámetros productivos:

- Consumo de alimento
- Ganancia de peso
- Conversión alimenticia
- Rendimiento de carcasa.

2. Histomorfometría intestinal:

- Altura de las vellosidades intestinales.

- Ancho de las vellosidades intestinales.
- Profundidad de las criptas de Lieberkühn.

6.8 Distribución de tratamientos

De acuerdo con las recomendaciones de Cuenca et al. (2022) y Oladele et al. (2012), los animales fueron distribuidos en tres tratamientos experimentales: T1 (dieta base sin ajo), T2 (dieta base con adición del 0,5 % de ajo) y T3 (dieta base con adición del 1 % de ajo). Cada tratamiento estuvo conformado por 12 cuyes machos, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5

Distribución de las unidades experimentales según tratamiento y nivel de adición de ajo fermentado

Tratamientos		
T1 (n =12)	T2 (n =12)	T3 (n =12)
Dieta base sin ajo	Dieta base + adición de 0.5% de ajo	Dieta base + adición de 1% de ajo

6.8.1 Instalación de las pozas

Se instalaron 36 pozas individuales para los cuyes, construidas con malla metálica y con dimensiones de 35 cm de largo, 35 cm de ancho y 40 cm de altura (Cáceres et al., 2004). Las pozas se dispusieron de manera contigua en una misma área, diferenciándose únicamente por la numeración. Para cada tratamiento se emplearon 12 pozas numeradas del 1 al 12 (García, 2022).

6.8.2 Análisis fisicoquímico de alimentos

El análisis de la composición nutricional de las dietas formuladas para los tres tratamientos experimentales se realizó en el Laboratorio de Ciencias Naturales. MCQUIMICALAB, ubicado en COVIDUC A4, distrito de San Sebastián, Cusco. Las muestras de alimento fueron recolectadas antes del inicio de la etapa experimental y enviadas al laboratorio para determinar su composición fisicoquímica.

La evaluación fue realizada el día 22 de septiembre de 2024, siguiendo los protocolos establecidos por el laboratorio y en concordancia con los métodos oficiales para análisis de alimentos (ver Anexo 3).

6.9 Actividades previas antes del inicio de experimento

6.9.1 Periodo de acostumbramiento

Previo al inicio de la fase experimental: los cuyes fueron sometidos a un proceso de transición alimenticia de 7 días, con el objetivo de facilitar su adaptación fisiológica al nuevo alimento nutricional. Esta práctica busca evitar trastornos digestivos o rechazo del alimento, tal como lo recomiendan Camino y Hidalgo (2014) y Ccama (2019).

Durante este periodo, se realizó un cambio progresivo desde la ración convencional (compuesta por forraje verde más alimento balanceado comercial sin suplementación) hacia la dieta experimental formulada con ajo fermentado al 0,5% y 1 %. El proceso se desarrolló de la siguiente manera:

- Días 1 y 2: 25 % del alimento experimental y 75 % de la dieta convencional.
- Días 3 y 4: 50 % del alimento experimental y 50 % de la dieta convencional.
- Días 5 y 6: 75 % del alimento experimental y 25 % de la dieta convencional.
- Día 7: 100 % de la dieta experimental.

Este protocolo de adaptación permitió una transición fisiológica gradual, minimizando el estrés digestivo y asegurando una mejor aceptación del nuevo suplemento dietético.

6.10 Procedimiento de suplementación con ajo fermentado

- El ajo fermentado (AF) se incorporó directamente a la dieta base de los tratamientos experimentales. En el tratamiento T2 (0.5 %) se adicionaron 250 g de ajo fermentado por cada 50 kg de dieta base, mientras que en el tratamiento T3 (1 %) se adicionaron 500 g de ajo fermentado por cada 50 kg de dieta base.

- La mezcla se realizó de forma manual y homogénea, asegurando la distribución uniforme del suplemento en el alimento balanceado correspondiente a cada grupo.
- La administración se llevó a cabo diariamente, durante los 49 días del ensayo, como parte del régimen alimenticio habitual de cada tratamiento.

Durante los primeros días del experimento se observó una buena aceptación del alimento suplementado, sin signos de rechazo, lo que indica que el ajo fermentado posee una adecuada palatabilidad.

6.11 Manejo del experimento y galpón durante el desarrollo del estudio

Las actividades se desarrollaron bajo condiciones controladas, garantizando el cumplimiento de los estándares técnicos establecidos para la producción de cuyes.

a) Temperatura y humedad ambiental

La temperatura dentro del galpón varió entre 16 °C y 23 °C durante el día, con una humedad relativa de entre 60 % y 75 % (Huamán et al., 2019). El monitoreo ambiental se realizó con un termohigrómetro digital instalado en el galpón, registrando datos dos veces al día: a las 07:00 a.m. y a las 05:00 p.m.

b) Manejo de registro

Se registraron todas las actividades realizadas en ficha de registro correspondiente como: la temperatura, humedad relativa, peso de los cuyes, peso de residuos de alimento y peso de insumos suministrados (Vivas, 2013).

c) Ventilación

Para eliminar el exceso de amoníaco dentro del galpón, se abrió las ventanas durante el día para facilitar la ventilación. Por la noche, las ventanas se cerraron para mantener la temperatura adecuada y evitar corrientes de aire que pudieron afectar a los cuyes según las recomendaciones de Chauca (2018).

d) Iluminación

El techo del galpón estaba equipado con calamina transparente colocada cada 4 metros para asegurar una iluminación adecuada. Esto es esencial porque los cuyes son animales que requieren un fotoperiodo específico para su bienestar y desarrollo (Chauca, 2018).

e) Limpieza

Los residuos de alimento no consumido fueron retirados diariamente. Los comederos y bebederos se lavaron cada día para mantener condiciones higiénicas óptimas. La limpieza general de las pozas se efectuó cada siete días. Además, durante cada sesión de pesaje, se realizó un examen físico general a los cuyes, evaluando su apariencia externa, nivel de actividad, condición corporal, presencia de lesiones, con el fin de monitorear su estado de salud y bienestar (Huamán et al., 2019).

f) Control sanitario

Para prevenir y controlar enfermedades, se colocaron pediluvios con cal (un desinfectante natural) en la entrada de cada sección del galpón para contrarrestar los gérmenes. También se implementó medidas de control de moscas domésticas (uso de trampas adhesivas colocadas en puntos estratégicos del galpón para atrapar adultos, eliminación oportuna del estiércol y recolección diaria de residuos orgánicos) para mantener un ambiente sanitario adecuado (Guerra, 2009).

6.12 Evaluación de parámetros productivos

6.12.1 Consumo de alimento

La dieta base balanceado correspondiente para cada tratamiento se suministró dos veces al día, en la mañana 7:00 a.m. y en la tarde 5:00 p.m., en una cantidad total de 70 g/día/animal en base de materia seca.

El alimento se proporcionó en comederos de arcilla en forma circulares, y el agua estaba disponible de manera libre (*ad libitum*) en bebederos. Para calcular el consumo diario de

materia seca, se realizó una resta entre la cantidad de alimento ofrecida y la cantidad rechazada al final del día, siguiendo el método descrito por Guevara *et al.* (2017).

$$\text{Consumo (MS)} = \text{Alimento suministrado (g)} - \text{Alimento residual (g)}$$

6.12.2 Ganancia de peso

Para la evaluación de la ganancia de peso, los animales fueron pesados semanalmente, en condiciones controladas, siempre a las 6:30 a.m., en ayunas, utilizando una balanza digital previamente calibrada. La ganancia de peso se calculó como la diferencia entre el peso final y el peso inicial, expresada en gramos.

$$\text{Ganancia de peso (g)} = \text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}$$

6.12.3 Conversión alimenticia

La conversión alimenticia se calculó para todo el periodo experimental (49 días), dividiendo el consumo total de materia seca (g/animal) entre la ganancia total de peso vivo (g/animal).

$$\text{Conversión alimenticia} = \text{Consumo total de alimento (g)} / \text{Ganancia total de peso (g)}$$

6.12.4 Rendimiento de carcasa

Se llevo un registro detallado de cada animal, incluyendo su peso antes del sacrificio. Se beneficio a los cuyes cumpliendo los 49 días experimentales, un total de 15 cuyes, 5 cuyes de cada tratamiento. Se tomo en cuenta los protocolos de ayuno de 12 horas, el sacrificio se realizó aplicando el método de aturdimiento por desnuque, seguido de desangrado, escaldado, pelado y eviscerado (ver Anexo1) recomendados por Huancas (2016). Se calculó el rendimiento de carcasa realizando una división de peso del canal entre peso vivo multiplicando por cien.

$$\text{Rendimiento de carcasa (\%)} = \text{Peso de canal caliente (kg)} / \text{Peso vivo (kg)} \times 100$$

6.13 Aspecto ético

Durante la ejecución del presente estudio se garantizó el cumplimiento de los principios del bienestar animal, conforme al Reglamento de Protección y Bienestar Animal (DS N° 003-2001-AG) y a las directrices de la Organización Mundial de Sanidad Animal OIE (2021). Los cuyes fueron mantenidos en condiciones óptimas de alojamiento, alimentación, ventilación, iluminación y limpieza, respetando las cinco libertades (libre de hambre y sed, libre de incomodidad, libre de dolor y enfermedad, libre para expresar su comportamiento natural y libre de miedo y estrés) del bienestar animal. Además, se aplicó un periodo de acostumbramiento de 7 días, lo cual permitió minimizar el estrés fisiológico antes del inicio del experimento. Para la evaluación histológica del intestino delgado, se realizó el sacrificio de los animales siguiendo el protocolo establecido en el Anexo 1, mediante aturdimiento por desnuque, sin aplicación de sedación. Esta técnica es reconocida por su rapidez, eficacia y baja percepción de dolor. El procedimiento experimental se llevó a cabo en cumplimiento del Manual de Bioética para la Experimentación Animal (CONEP–Perú, 2009) y de las guías de eutanasia de la AVMA (2020), asegurando una colecta inmediata de los órganos para el análisis histológico, preservando la integridad de las estructuras intestinales.

6.14 Procedimiento para la evaluación de la histomorfometría intestinal.

6.14.1 Colección de muestras para el estudio histológico

Aprovechando el beneficio de los animales, se colectó muestras del intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon), se seleccionó aleatoriamente 5 animales de cada grupo para la colecta de muestras del intestino, se colectó 1.5 cm de cada sección de intestino. Para las muestras de duodeno se hizo un corte a 3 cm del esfínter pilórico, para el yeyuno el corte será en la mitad de largo del intestino yeyuno y para el íleon, el corte era a 3 cm antes de la unión ileocecal. Las muestras se conservaron en frascos rotulados y que contengan una solución de formol tamponado al 10% para ser fijadas por un tiempo de 48 horas. La preparación del fijador

es como se muestra a continuación.

Formaldehído (37% – 40%) ----- 100.0 mL

Agua destilada ----- 900.0 mL

Fosfato de sodio, monobásico ----- 4.0 g

Fosfato de sodio, dibásico----- 6.5 g

Fuente: (Prophet, 1995).

Posteriormente se realizó la técnica histológica según las recomendaciones de Montalvo (2010) que se muestran en el Anexo 2.

6.14.2 Análisis de imagen

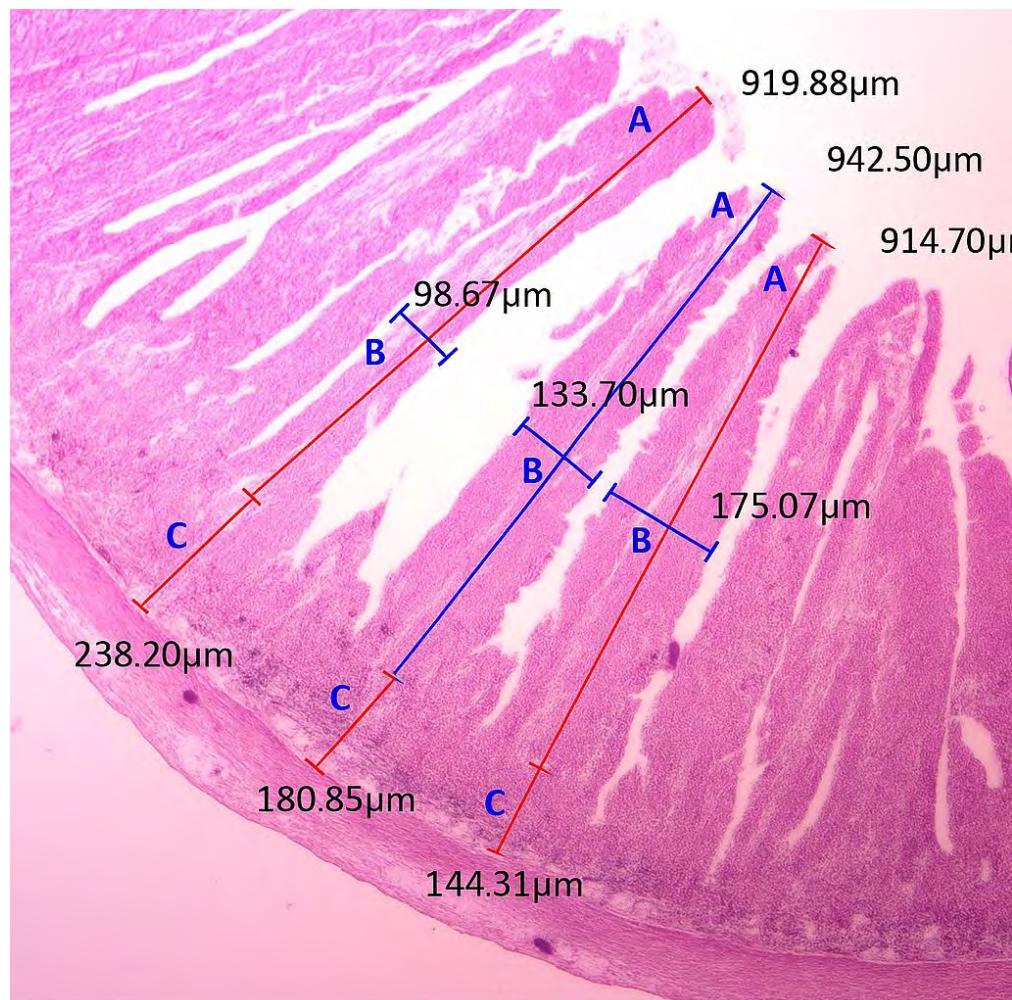
Se realizó capturas de imágenes haciendo uso de una cámara fotográfica Axiocam 512 (Carl Zeiss) instalada en un microscopio óptico, se realizaron mediciones haciendo uso del software Blue Zenn (Carl Zeiss).

6.14.3 Morfometría microscópica

Se realizaron las medidas en los cortes histológicos en cuatro zonas. Para tal caso se usaron láminas histológicas en cortes transversales de las secciones del intestino delgado, se eligieron cinco secciones de medición en cada sección del intestino y se obtuvo el promedio. Las medidas han sido de la altura de las vellosidades intestinales, ancho de las vellosidades intestinales y profundidad de las criptas de Lieberkühn, todas ellas en micras (μm), según las recomendaciones de Puente et al. (2019).

Figura 2

Corte histológico de duodeno de cuy.



Nota: Se muestra los puntos de referencia para la medición del largo (A) y ancho (B) de vellosidad intestinal y la profundidad (C) de las criptas de Lieberkühn. HE, 10x. Fuente: (Puente, et al., 2019).

6.15 Análisis estadístico

6.15.1 Pruebas estadísticas

Se analizaron medidas de tendencia central (promedio) y de dispersión (desviación estándar, coeficiente de variación). Posteriormente se realizó la prueba de normalidad de varianzas.

Comprobados estos supuestos se realizó un análisis de varianza para evaluar la diferencia entre los grupos de tratamiento en términos de parámetros productivos e histomorfometría intestinal, para ello se aplicó un diseño completamente al azar (DCA), y para comparar medias se aplicó la prueba de Tukey. El modelo aditivo lineal del DCA es el siguiente.

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

Donde:

Y_{ij} : Valor respuesta del j-ésimo animal dentro del i-ésimo tratamiento, para los parámetros productivos e histomorfometría intestinal.

μ : Efecto de la media general

T_i : Efecto del i-ésimo tratamiento, donde $i = 1, 2, 3$.

ε_{ij} : Error aleatorio asociado a la unidad experimental.

Software de análisis: El análisis estadístico se realizó utilizando el software SAS, versión 8.9, de acceso libre con correo institucional de la UNSAAC.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Efecto de la suplementación con ajo en la dieta de cuyes sobre los parámetros productivos.

En la Tabla 6 se presentan los resultados del efecto de la suplementación con ajo al 0.5 % (T2) y 1 % (T3) sobre los parámetros productivos. En cuanto al consumo de alimento, se observó una diferencia altamente significativa ($p < 0.01$), evidenciando que los cuyes del tratamiento T3 (1 % de ajo) consumieron más alimento (34.37 g/día) en comparación con los cuyes del T2 (0.5% de ajo) y del T1 (sin ajo). Por otro lado, en la ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento de carcasa no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$), lo que indica que estos parámetros no se vieron afectados por la suplementación con ajo.

Tabla 6

Efecto de la suplementación con ajo en la dieta de cuyes sobre los parámetros productivos según los tratamientos.

Parámetros	Sin ajo (T1)	Ajo 0.5 % (T2)	Ajo 1 % (T3)	p-valor	Sig.
Consumo de alimento (g/d)	32.37c \pm 0.50	33.63b \pm 0.38	34.37a \pm 0.33	0.0001	**
Ganancia de peso (g/d)	8.53 \pm 1.53	9.47 \pm 2.18	10.15 \pm 1.78	0.1139	Ns
Conversión alimenticia	3.96 \pm 0.65	3.72 \pm 0.88	3.48 \pm 0.59	0.2708	Ns
Rendimiento de carcasa (%)	69.08 \pm 5.59	65.53 \pm 2.23	67.15 \pm 9.22	0.6841	Ns

Letras diferentes entre filas indican significancia según Tukey al ($\alpha=0.05$). Ns:

No significativo ($p > 0.05$). **: Diferencias altamente significativas ($p < 0.01$).

7.1.1 Consumo de alimento con adición de ajo en cuyes

El mayor consumo de alimento registrado en los cuyes suplementados con ajo al 1 %, como se evidencia en la Tabla 6, podría indicar un efecto estimulante del ajo sobre el apetito, probablemente relacionado con su palatabilidad. Este hallazgo es consistente con lo reportado por Heydarpour (2006), quien demostró que el aroma del ajo incrementa la disposición al

consumo en pollos, posiblemente mediante la activación de los centros cerebrales que regulan el apetito. Aunque los valores obtenidos en el presente estudio son inferiores a los reportados por Arévalo (2011), quien administró ajo macerado a razón de 3 mL por cuy por día y registró un consumo de 37.14 g/día. Este valor es superior al observado en el presente estudio, lo cual podría atribuirse, en parte, a la mayor duración del experimento (120 días), así como al hecho de que, a medida que los cuyes crecen, su requerimiento nutricional y consumo de alimento tienden a incrementarse de forma proporcional al peso corporal.

Por otro lado, Hortúa y Botía (2013) reportaron un consumo de 80.8 g/día en pollos suplementados con extracto de ajo al 1%, dichas diferencias pueden atribuirse a las particularidades metabólicas, fisiológicas, hábitos alimenticios y requerimientos nutricionales propios de cada especie.

El efecto positivo del ajo sobre el consumo alimenticio puede además explicarse por sus propiedades digestivas y antimicrobianas, ya que la alicina, compuesto bioactivo principal del ajo, mejora la composición del microbiota intestinal, favoreciendo la digestión y el crecimiento, como señalan Pourali et al. (2010) y Ramakrishna et al. (2003). De manera complementaria, Wei- Ying (2012) evidenció que el ajo estimula el apetito y reduce la pérdida de peso en pacientes con leucemia aguda postquimioterapia, sugiriendo beneficios en condiciones de immunosupresión y estrés metabólico. Finalmente, Dahlan y Haqiqi (2012) destacaron que los compuestos del ajo aumentan la digestibilidad de nutrientes y la actividad enzimática de la mucosa intestinal, contribuyendo así a una mejor absorción y aprovechamiento de los nutrientes.

7.1.2 Ganancia de peso con adición de ajo

Se observó una mayor ganancia de peso en los cuyes del grupo T3, suplementados con ajo fermentado al 1 %, con un promedio de 10.15 g/día. Si bien esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($p>0.05$), se evidenció una tendencia numérica favorable, lo

cual sugiere un posible efecto positivo del ajo fermentado sobre el crecimiento de los animales. Este resultado supera lo reportado por Arévalo (2011), quien registró una ganancia de peso en cuyes de 7.23 g/día en cuyes suplementados con 3mL de ajo macerado durante un periodo experimental de 120 días. La diferencia sugiere que el ajo fermentado podría tener un efecto más pronunciado sobre el crecimiento en períodos más cortos, posiblemente debido a una mayor palatabilidad y mejor aprovechamiento del alimento. Sin embargo, algunos estudios en otras especies reportan ganancias superiores, como Narváez (2024) en pollos broiler con 10.58 g/día al suplementar con harina de ajo combinada con cúrcuma, así mismo, Oladele et al. (2012) con 24.11 g/día en pollos Arbor Acres alimentados con harina de ajo, Hortúa y Botía (2013) quienes registraron 43.8 g/día en pollos con 1 % de ajo en la dieta. Estas diferencias reflejan las particularidades metabólicas y fisiológicas entre especies, así como las distintas formas de administración y preparación del ajo.

Desde una perspectiva fisiológica, Suharti (2004) indica que el ajo puede retardar el movimiento peristáltico intestinal, prolongando el contacto entre los nutrientes y la mucosa, lo que facilita una mejor absorción, incluso en condiciones de consumo alimenticio moderado. Por lo tanto, la ganancia de peso en cuyes está influenciada no solo por la dieta, sino también por factores ambientales como el clima, altitud y temperatura.

En el presente estudio, aunque no se encontraron diferencias significativas en la ganancia de peso entre los tratamientos con diferentes niveles de ajo (0.5% y 1%), pero sí se observó una diferencia numérica favorable con 1% de ajo. Comparando con estudios previos, Cuenca (2022) en Cañar (3,160 m.s.n.m.) y Jalanocca (2024) en Yanaoca (3,950 m.s.n.m.), ambos reportaron resultados similares: diferencias no significativas, pero con tendencias positivas en grupos tratados con ajo y tarwi respectivamente. La altitud de la comunidad de Chectuyoc se encuentra entre ambas ubicaciones, y su clima templado puede afectar el metabolismo energético de los cuyes, modificando su respuesta al suplemento. Según

Taboada (2022), los cuyes en zonas frías tienen mayor requerimiento energético, lo que puede limitar la ganancia de peso incluso con dietas funcionales, justificando la evaluación local.

7.1.3 Conversión alimenticia con adición de ajo

En el presente estudio, aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p>0.05$), en la conversión alimenticia entre tratamientos el grupo T3, suplementado con ajo fermentado al 1 %, presentó un valor numérico de 3.48. Este resultado fue más eficiente en comparación con lo descrito por otros autores. Tal como lo indica Arévalo (2011) quien administró 3 mL de ajo macerado por cuy al día, durante un periodo experimental de 120 días, se obtuvo una conversión alimenticia de 3.79. Asimismo, Marcatoma (2017) en un estudio con cuyes suplementados con extracto de ajo al 8 % durante 90 días, reportó un valor de 5.70. A pesar de que ambos estudios se desarrollaron durante periodos experimentales más prolongados y emplearon presentaciones más concentradas de ajo, los valores alcanzados fueron menos eficientes. Esto pone en evidencia el potencial del ajo fermentado al 1 % como aditivo funcional, incluso en condiciones experimentales de menor duración. Coinciendo con lo observado en esta investigación, Cuenca (2022) también reportó mejores resultados numéricos en grupos suplementados con ajo al 1 %, aunque sin alcanzar significancia estadística.

Es importante señalar que las condiciones ambientales, en particular las fluctuaciones térmicas durante la noche, podrían haber afectado negativamente los indicadores productivos, atenuando parcialmente el efecto beneficioso esperado del suplemento. No obstante, el grupo T3 mantuvo un desempeño productivo favorable, lo cual sugiere que el ajo fermentado al 1 % podría haber ejercido un efecto protector frente al estrés térmico. Este posible efecto estaría asociado a una mejora en la digestibilidad de los nutrientes, una modulación positiva del microbiota intestinal y una mayor eficiencia en los procesos de absorción, tal como lo señalan Aliaga et al. (2009).

7.1.4 Rendimiento de carcassas con adición de ajo

En cuanto al rendimiento de carcasa, como se observa en la Tabla 6, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos; sin embargo, el tratamiento T3 (ajo fermentado al 1%) presentó un valor promedio de 67.15%. Esta tendencia numéricamente favorable podría estar relacionada con un mejor aprovechamiento de los nutrientes y posible efecto positivo del ajo sobre la salud digestiva. Los resultados obtenidos en el presente estudio fueron inferiores a los reportados por Marcatoma (2017), quien al suplementar con 8% de extracto de ajo durante 90 días, obtuvo un rendimiento de carcasa de 74.76% en cuyes. Asimismo, Arévalo (2011) reportó un rendimiento aún mayor, de 77.01%, resultado que podría atribuirse a un mayor tiempo de suplementación, diferente presentación del ajo y/o dosis empleadas, factores que influyen directamente en la respuesta productiva del animal. Por otro lado, Valverde et al. (2021) obtuvo un rendimiento de carcasa de 60.28% en 120 días de suplementación con *Pennisetum* sp. (maralfalfa), valor inferior a los registrados en el presente estudio. De forma similar, Jalanocca (2024) alcanzó un rendimiento de 68% en cuyes machos alimentados con harina de tarwi al 18% durante 60 días, resultados comparables a los de esta investigación. Estas coincidencias podrían estar relacionadas con condiciones geográficas y genéticas similares, donde se utilizó cuyes machos de línea Perú.

La falta de diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento de carcasa. No necesariamente indica ausencia de efecto por parte del ajo fermentado. Este resultado puede estar influenciado por factores ambientales propios de zonas altoandinas, como las bajas temperaturas durante la noche y las variaciones térmicas intensas durante el día, que generan estrés fisiológico en los animales. Este tipo de estrés puede alterar el metabolismo y provocar que parte de la energía consumida se destine a la termorregulación en lugar del crecimiento, afectando la composición corporal y, en consecuencia, el rendimiento de carcasa.

Según Chauca (1997), variables ambientales como la temperatura y el clima influyen directamente en los resultados productivos del cuy.

7.2 Efecto de la suplementación con ajo en la dieta de cuyes sobre la histomorfometría del intestino delgado.

7.2.1 Duodeno

En la Tabla 7 se muestran los resultados del análisis histomorfometría (HMM) del duodeno en cuyes alimentados con diferentes niveles de ajo fermentado. Se observó que la altura de las vellosidades intestinales aumentó significativamente ($p < 0.01$), en los animales del grupo T3 (1 % de ajo fermentado), en comparación con los tratamientos T1 (sin ajo) y T2 (0.5 %). Esta diferencia sugiere un efecto estimulante del ajo fermentado sobre el desarrollo de la mucosa intestinal. En cuanto al ancho de las vellosidades, se observaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0.01$). A nivel numérico, el mayor valor correspondió al grupo T2, seguido por T1, mientras que el grupo T3 (1 %) presentó un valor significativamente menor. Esta reducción en el ancho de las vellosidades en el grupo T3 podría estar relacionada con una mayor diferenciación y especialización funcional del epitelio intestinal, posiblemente inducida por los compuestos bioactivos del ajo fermentado, como la S-alilcisteína y otros derivados. Respecto a la profundidad de las criptas intestinales, no se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$), lo que indica que la suplementación no afectó este parámetro estructural. Estos hallazgos indican que la inclusión de ajo fermentado en la dieta, particularmente al 1 %, favorece el desarrollo estructural del duodeno, lo que podría mejorar la capacidad de absorción y la eficiencia digestiva de los cuyes.

Tabla 7*Histomorfometría del duodeno (μm) en cuyes suplementados con ajo fermentado.*

Segmentos	Tratamientos			p-valor	Sig.
Duodeno (μm)	Sin ajo (T1)	0.5% (T2)	1% (T3)		
Altura	934.49 ^b \pm 37.46	964.25 ^b \pm 66.00	996.34 ^a \pm 39.17	0.0001	**
Ancho	168.98 ^a \pm 47.63	180.46 ^a \pm 27.82	141.31 ^b \pm 30.51	0.0002	**
Profundidad	206.13 \pm 67.79	213 \pm 50.07	222.47 \pm 60.30	0.5709	Ns

Letras diferentes entre filas indican significancia según Tukey al ($\alpha=0.05$).Ns: No significativo ($P > 0.05$).**: Diferencias altamente significativas ($P < 0.01$).

7.2.2 Altura de la vellosidad intestinal

En la Tabla 7 se observa que hubo una diferencia significativa en la altura de la vellosidad (AV) siendo esta mayor en los animales suplementados con ajo fermentado. Este resultado podría estar relacionado con los efectos funcionales del ajo, entre ellos su actividad antimicrobiana, propiedad que ha sido descrita por Curtis et al. (2004) como un mecanismo eficaz para reducir la carga bacteriana intestinal. Esta acción permitiría mejorar el equilibrio microbiano, disminuyendo la competencia por nutrientes y favoreciendo un entorno más saludable para el desarrollo de las estructuras intestinales (Dibner & Buttin, 2002). En esta misma línea, Shi et al. (2019) demostraron que la alicina, compuesto bioactivo del ajo, incrementó significativamente la longitud de las vellosidades y la relación vellosidad/cripta en ratones. Asimismo, Yahkeshi et al. (2011) señalan que un mayor desarrollo de las vellosidades se asocia directamente con una mayor superficie de absorción, lo que optimiza la eficiencia en la utilización de los nutrientes contenidos en la dieta. Por otro lado, al comparar con estudios que no emplearon ajo, Puente et al. (2019) reportaron una altura promedio de 669.9 μm en el duodeno de cuyes suplementados con antibióticos promotores de crecimiento, sin diferencias estadísticas entre tratamientos. De forma similar, Sarmiento (2021) obtuvo un valor promedio de 525.2 μm en animales suplementados con vitamina C.

Ambos valores resultan inferiores a los observados en el presente estudio, lo que refuerza la hipótesis de que el ajo fermentado podría ejercer un efecto más positivo sobre la morfología intestinal que otros suplementos convencionales.

7.2.3 Ancho de la vellosidad

En la Tabla 7 se evidencia que existe una diferencia significativa en (Av) el tratamiento (T2) con adición de ajo al 0.5%. Reportado por Sarmiento (2021), quien encontró un ancho promedio de 111.0 μm en el duodeno de cuyes suplementados con vitamina C. Asimismo, Puente et al. (2019) reportaron un valor de 119.0 μm en cuyes tratados con antibióticos promotores de crecimiento, sin diferencias estadísticas entre tratamientos. Estas variaciones podrían explicarse por la acción inmunomoduladora del ajo fermentado, que reduce la carga microbiana intestinal (Dibner & Buttin, 2002), favoreciendo un ambiente óptimo para el desarrollo de las vellosidades.

7.2.4 Profundidad de criptas de Lieberkühn

En la Tabla 7 se presentan los resultados de la profundidad de las criptas de Lieberkühn en el duodeno de cuyes suplementados con diferentes niveles de ajo fermentado. No se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p > 0.05$), aunque el grupo que recibió 1 % de ajo mostró un valor promedio ligeramente superior en comparación con los demás grupos. Estos resultados concuerdan con los reportados por Cuenca et al. (2022), quienes, al evaluar la morfometría intestinal en cuyes suplementados con ajo al 1 %, tampoco encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) en la profundidad de las criptas, aunque se observó una mejora numérica con dicho nivel de suplementación. De manera similar, Puente et al. (2019) informaron una profundidad promedio de 260.0 μm en el duodeno de cuyes tratados con antibióticos promotores de crecimiento, sin diferencias estadísticas entre grupos. Asimismo, Sarmiento (2021) reportó una profundidad de 202.9 μm en cuyes suplementados con vitamina C, sin presentar variaciones significativas.

7.2.5 Yeyuno

En la Tabla 8 se muestran los resultados de la evaluación histomorfometría del yeyuno en cuyes alimentados con diferentes niveles de ajo fermentado. Se observó que la altura de las vellosidades yeyunales fue significativamente mayor ($p < 0.01$), en el grupo que recibió 1 % de ajo fermentado (T3), en comparación con el grupo sin ajo (T1) y el grupo con 0.5 % (T2). Esto indica un efecto favorable del suplemento sobre la capacidad de absorción del intestino medio. En cuanto al ancho de las vellosidades, se identificaron diferencias significativas ($p < 0.01$), con valores mayores en los grupos T2 y T3 frente al grupo T1, lo que sugiere una mejor superficie de contacto intestinal. Asimismo, se evidenció una diferencia estadísticamente significativa en la profundidad de las criptas yeyunales, donde el grupo con 1 % de ajo mostró una mayor profundidad respecto a los demás tratamientos. Este hallazgo puede relacionarse con una mayor actividad mitótica y de renovación del epitelio intestinal.

Tabla 8

Histomorfometría del yeyuno (μm) en cuyes suplementados con diferentes niveles de ajo fermentado.

Segmento	Tratamiento			Sig.	
Yeyuno (μm)	Sin ajo (T1)	0.5% (T2)	1% (T3)	p-valor	
Altura	$612.54^b \pm 78.30$	$633.97^{ab} \pm 72.88$	$681.41^a \pm 91.55$	0.005	**
Ancho	$134.98^b \pm 29.65$	$154.64^a \pm 20.65$	$150.03^a \pm 21.75$	0.0064	**
Profundidad	$186.26^{ab} \pm 41.93$	$178.49^b \pm 42.46$	$214.24^a \pm 52.64$	0.0086	**

Letras diferentes entre filas indican significancia según Tukey al ($\alpha = 0.05$).

**: Diferencias altamente significativas ($P < 0.01$).

7.2.6 La altura de las vellosidades yeyunales

En el presente estudio con cuyes, la altura de las vellosidades yeyunales se incrementó significativamente con la adición de ajo al 1%. Por otro lado, Oladele et al. (2012) en pollos suplementados con ajo encontraron la longitud más alta de vellosidades con una dosis baja de

ajo al 0.125 % (39.3 ± 2.3 mm), con diferencias significativas respecto a otros niveles de inclusión. Resultados similares reportaron Carcelén et al. (2020), quienes en cuyes suplementados con probiótico observaron una longitud de vellosidades yeyunales de 488 μm , sin diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Estos hallazgos sugieren que la suplementación con ajo puede favorecer el crecimiento de las vellosidades intestinales en diferentes especies, aunque la dosis efectiva y la respuesta fisiológica pueden variar según el animal.

7.2.7 Ancho de la vellosidad intestinal del yeyuno

En cuanto al ancho de las vellosidades yeyunales, en el presente estudio con cuyes si se observaron diferencias significativas con la suplementación de ajo al 0,5% de ajo. Por otro lado, Carcelén et al. (2020) reportaron un ancho de 126 μm en cuyes tratados con probiótico, sin diferencias estadísticas entre los grupos. Por su parte, Oladele et al. (2012) encontraron en pollos un ancho de vellosidades de 7.64 ± 1.6 mm con ajo al 0.125 %, presentando diferencias significativas con respecto a otras dosis. Estos resultados indican que, aunque el ajo puede influir en la morfología intestinal, su efecto sobre el ancho de las vellosidades puede ser menos pronunciado o variable, dependiendo de la especie y la concentración utilizada.

7.2.8 Profundidad de las criptas de Lieberkühn de yeyuno

Se ha obtenido en la profundidad de las criptas yeyunales en cuyes aumentó significativamente como se puede observar en la Tabla 8. Estos resultados contrastan con algunos estudios previos, como los de Carcelén et al. (2020), quienes reportaron una profundidad de criptas de 246 μm en cuyes suplementados con probióticos, sin diferencias significativas entre tratamientos. La diferencia podría atribuirse al tipo de suplemento y la potencia de sus componentes activos; en este caso, los compuestos sulfurados del ajo, como

la alicina, pueden tener una acción más directa sobre el microbiota y la mucosa intestinal (Shi et al., 2019). En otro contexto, Oladele et al. (2012) observaron que con dosis bajas de ajo (0.125 %) también se produjeron aumentos significativos en la profundidad de las criptas, aunque con valores mayores (23.0 ± 1.6 mm), lo que resalta las diferencias interespecíficas en la respuesta a los suplementos. La profundidad aumentada de las criptas es indicativa de una mayor actividad mitótica y regenerativa, lo que contribuye a mantener la integridad de la mucosa y mejorar la capacidad de absorción intestinal (Yahkeshi et al., 2011). Además, el ajo ejerce una acción antimicrobiana que reduce la carga de patógenos, disminuyendo la inflamación y permitiendo un ambiente óptimo para el crecimiento y renovación celular (Curtis et al., 2004; Dibner y Buttin, 2002).

7.2.9 Íleon

En la Tabla 9 se presentan los resultados de la histomorfometría del íleon en cuyos alimentados con diferentes niveles de ajo fermentado. Se identificó una diferencia altamente significativa ($p < 0.01$), en la altura de las vellosidades ileales, siendo mayor en el grupo T3 (1 % de ajo fermentado), lo que sugiere un efecto positivo del suplemento sobre la capacidad de absorción de este segmento intestinal. Por el contrario, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en el ancho de las vellosidades ni en la profundidad de las criptas entre los tratamientos.

Tabla 9

Histomorfometría del íleon (μm) en cuyos suplementados con diferentes niveles de ajo fermentado

Segmentos	Tratamientos			Sig	
Íleon (μm)	Sin ajo (T1)	0.5% (T2)	1% (T3)	p-valor	.
Altura	$534.20^b \pm 67.08$	$540.52^b \pm 71.72$	$603.63^a \pm 81.50$	0.0006	**
Ancho	131.49 ± 28.24	143.23 ± 23.13	141.22 ± 22.79	0.1534	Ns
Profundidad	188.13 ± 59.05	175.24 ± 37.74	198.64 ± 42.20	0.1638	Ns

Letras diferentes entre filas indican significancia según Tukey al ($\alpha = 0.05$). Ns: No significativo ($P > 0.05$). **: Diferencias altamente significativas ($P < 0.01$).

7.2.10 Altura de las vellosidades del íleon

En el íleon, se observó un incremento significativo en la altura de las vellosidades intestinales con la inclusión del 1 % de ajo en la dieta, como se muestra en la Tabla 9. Este resultado evidencia una mejora en la estructura funcional del intestino, lo cual podría traducirse en una mayor superficie de absorción de nutrientes. Por otro lado, Hortúa y Botía (2013) reportaron un aumento significativo en la altura de las vellosidades en pollos suplementados con 1 % de extracto de ajo. Tatara et al. (2005), también señalaron que la alicina, principal compuesto bioactivo del ajo, promueve un incremento en la altura y área de las vellosidades intestinales. En esa misma línea, Tanti (2023) sostiene que la alicina estimula el crecimiento de las vellosidades, lo que incrementa el área de absorción y mejora la eficiencia digestiva. En estudios realizados en cuyes, Sarmiento (2021) obtuvo una altura de 392.8 μm en animales suplementados con vitamina C. Por su parte, Puente et al. (2019) quien obtuvo una altura de 308.4 μm en su estudio y Carcelén et al. (2020), ha reportado 287 μm , en la altura de íleon sin encontrar diferencias significativas entre tratamientos. Estos valores, comparativamente menores, refuerzan la evidencia de que el ajo al 1 % puede ejercer un efecto positivo más notable en la morfología intestinal, específicamente en la elongación de las vellosidades.

7.2.11 Ancho de las vellosidades del íleon

Como se puede visualizar en la Tabla 9 muestran resultados de los tratamientos con ajo y no se evidenciaron diferencias significativas en el ancho de vellosidad del íleon lo que indica que la adición de ajo en la dieta no tuvo un efecto relevante sobre esta variable en cuyes. Asimismo, Puente et al. (2019) ha obtenido en el estudio que realizó 126.3 μm en ancho. También Carcelén et al. (2020), reportó 126 μm , sin diferencias significativas. Asimismo, Sarmiento (2021) registró un valor de 128.6 μm lo cual indica que factores como

el ambiente y el manejo también pueden influir en esta característica morfométrica. Aunque en otras especies, como en el estudio de Hortúa y Botía (2013) en pollos, se han observado aumentos significativos con ajo, estas diferencias podrían atribuirse a la fisiología particular de cada especie o al nivel de inclusión utilizado.

7.1.12 Profundidad de las criptas de Lieberkühn

Asimismo, se muestran resultados para PCL en la Tabla 9, otros estudios como de Puente et al. (2019) reportaron una profundidad de criptas de 221.9 μm en cuyes suplementados con antibióticos promotores de crecimiento, sin encontrar diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Carcelén et al. (2020), al suministrar probiótico (1 mL/día), obtuvieron una profundidad de aproximadamente 200 μm , también sin nivel de significancia. Por su parte, Sarmiento (2021) evaluó la morfometría del intestino delgado en cuyes suplementados con vitamina C, alcanzando un valor inferior de 140.8 μm . En otra especie, Hortúa y Botía (2013) analizaron el efecto de la inclusión de extracto de ajo en la dieta de pollos con dosis de 0.5 % y 1 %, sin observar diferencias estadísticas significativas en la profundidad de las criptas. Estos resultados concuerdan con los hallazgos del presente estudio, donde tampoco se evidenció diferencia significativa entre tratamientos, lo que indica que esta variable puede no estar directamente influenciada por la suplementación con ajo en cuyes.

7.1.13 Relación entre histomorfometría intestinal y parámetros productivos

La estructura del intestino influye directamente en el aprovechamiento de los nutrientes y, en consecuencia, en el desempeño productivo. Vellosoidades más altas incrementan la superficie de absorción, mientras que un mayor ancho amplía el área funcional de contacto con los nutrientes y favorece su transporte hacia los capilares y vasos quilíferos. De igual forma, criptas más profundas reflejan una mayor tasa de proliferación y renovación celular, lo que asegura la integridad y funcionalidad del epitelio intestinal Tanti (2023). En este estudio, las diferencias observadas en la altura y ancho de las vellosoidades, así como en la profundidad de criptas a nivel de yeyuno, sugieren

una mayor capacidad absortiva y eficiencia digestiva.

Esto podría explicar las tendencias positivas en parámetros productivos, consumo de alimento, la ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento de carcasa, aun sin alcanzar significancia estadística. Según Shi et al. (2019), una mucosa intestinal con vellosidades más desarrolladas en altura y ancho ofrece una mayor superficie de absorción, lo que permite un uso más eficiente de la dieta. En ese sentido, la suplementación con ajo fermentado habría contribuido a mejorar la integridad intestinal y los procesos de absorción de nutrientes, como lo señalan Ramakrishna et al. (2003) y Pourali et al. (2010), respaldando el efecto fisiológico positivo evidenciado en este trabajo.

VIII. CONCLUSIONES

La suplementación con ajo fermentado con 1% incrementó significativamente el consumo de alimento en los cuyes, por su alta palatabilidad y acción de la alicina, que estimula el centro del apetito. Pero, no se observaron diferencias estadísticas en la ganancia de peso, conversión alimentaria y rendimiento de carcasa.

La altura de las vellosidades intestinales de duodeno, yeyuno y íleon se incrementó significativamente al adicionar ajo fermentado al 1 %, en la dieta de cuyes y para el ancho de las vellosidades intestinales de duodeno y yeyuno fue con la adición de ajo fermentado al 0.5%, que se mostró mejores resultados. Estos cambios reflejan un aumento en la superficie intestinal, lo que favorece la absorción de nutrientes, en especial proteínas, vitaminas y minerales, mejorando así el aprovechamiento digestivo de los cuyes.

IX. RECOMENDACIONES

Se recomienda suplementar con dosis $\geq 1\%$ de ajo fermentado en cuyes; además, para evaluar los efectos sobre los parámetros productivos, se recomienda ampliar el tiempo de suplementación alimenticia.

Asimismo, se sugiere realizar estudios a mayor tiempo que evalúen los efectos del ajo fermentado sobre la histomorfometría intestinal, especialmente en relación con el incremento en la altura y el ancho de las vellosidades intestinales, así como su posible efecto antimicrobiano en cuyes.

Se recomienda continuar con estudios sobre la carne de cuy y sus características organolépticas, empleando diferentes dosis de ajo fermentado en la dieta.

X. REFERENCIAS

- Ahmed., T., & Wang., C. (2021). Black garlic and its bioactive compounds on human health diseases: A review. *Molecules*, 26(16), p. 1–38. <https://doi.org/10.3390/molecules26165028>
- Albertí, P., Ripoll, G., Casasús, I., Blanco, M., & Chapullé, J. (2005). Efecto de la inclusión de antioxidantes en dietas de acabado sobre la calidad de la carne de terneros. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria, p. 86.
- Aliaga, L., Moncayo, R., Rico, E., & Caycedo, A. (2009). Producción de cuyes (1ra ed). Publicaciones UCSS.
- American Veterinary Medical Association. (2020). AVMA Guidelines for the Euthanasia of Animals: 2020 Edition. <https://www.avma.org/sites/default/files/2020-02/Guidelines-on-Euthanasia-2020.pdf>
- Arce, N. (2016). Estudio histológico de las vellosidades intestinales de cuyes (*Cavia porcellus*) criollos y mejorados según el sistema de alimentación (tesis de grado). [Universidad Privada Antenor Orrego]. En repositorio UPAO, p.94. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/2430>.
- Arevalo, M. (2011). Efecto de la utilización del ajo, macerado en el control de *Yersinia pseudotuberculosis* y *Escherichia coli* en cuyes, etapa crecimiento-engorde (tesis de grado). Escuela superior politécnica de Chimborazo facultad de ciencias pecuarias escuela de ingeniería zootécnica.
- Al-Saffar, F., & Nasif, R. (2019). Histoarchitecture and histochemical study of the duodenum in adult guinea pigs (*Cavia porcellus*). *Iraqi journal of veterinary medicine*, 44(1), p.1–9. <https://doi.org/10.30539/IJVM.V44I1.928>.
- Bacha, W. Bacha, L. (2001). Atlas color de histología veterinaria.: Vol. (segunda edición). Aires, Buenos/Argentina: Inter Medica, p.304.
- Baños, A., & Guillamón, E. (2014). Utilización de extractos de ajo y cebolla en la producción

avícola. Secciones Avícolas.p.7–9. <https://seleccionesavicolas.com/pdf-files/2014/1/007-009-Alimentacion-Utilizacion-de-extractos-de-ajo-Banos-Guillamon-DOMCA-SA201401.pdf>

Baurhoo, B., Ferket, P., & Zhao, X. (2009). Efectos de dietas que contienen diferentes concentraciones de mananoooligosacáridos o antibióticos sobre el rendimiento del crecimiento, el desarrollo intestinal, las poblaciones microbianas del ciego y de la cama, y los parámetros de la canal de pollos de engorde. *Poultry Science*, 88(11), p. 2262– 2272.

<https://doi.org/10.3382/ps.2008-00562>

Bezada, S., Carcelén, F., López, S., & Guevara, J. (2023). Histomorphometry response of the small intestine mucosa in fattening guinea pigs (*Cavia porcellus*) challenged with *Salmonella enterica* var. *Typhimurium*. Revista científica de la facultad de veterinaria, 33, p. 1–9. <https://doi.org/10.52973/rcfcv-e33203>.

Cala, D., Castillo, L., Cely, S., & Dominguez, A. (2023). los indicadores de salud de los animales acuáticos: una mini-revisión. Artículo de revisión, 16, p. 1–9.

Caballa, R., Quintanilla, D., Girón, J., & Espinoza, T. (2023). Seguridad alimentaria en la agenda 2030. Una perspectiva de los parámetros productivos en crianza de cuyes. Revista Venezolana de Gerencia, 28(Especial 9), 685–699.

<https://doi.org/10.52080/rvgluz.28.p.9.42>

Caceres, F., Jimenez, R., Ara, M., Huaman, H., & Huaman, A. (2004). Evaluación del espacio vital de cuyes cirados en pozas. Rev Inv Vet Perú, 15, p.100–112.

Camino M., & Hidalgo, L. (2014). Evaluación de dos genotipos de cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con concentrado y exclusión de forraje verde. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 25(2), p.190–197. <https://doi.org/10.15381/rivep.v25i2.8490>.

Carcelén, F. San Martín, F, Ara, M., Bezada, S, Asencios, A, Jiménez, R, Santillán, G,

- Perales, R, & Guevara, J. (2020). Efecto de la inclusión de diferentes niveles de probiótico sobre los parámetros productivos y morfología intestinal en cuyes de engorde (*Cavia porcellus*) Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 31(3), p.1-13.
- Ccama, A. (2019). Determinación de nutrientes digestibles y energía de ensilado del contenido ruminal de ganado vacuno en cuyes en la granja K'ayra - Unsaac. (tesis de grado). En Repositorio UNSAAC. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC). (2009). Manual de bioética para la experimentación animal. Lima, Perú: CONCYTEC.
<https://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/1645>
- Cunningham, J., & Klein, B. (2009). Fisiología veterinaria. En Elsevier Saunders (Cuarta edición). p.718.
- Chang, W., & Lin, W., (2023). Optimization of the black garlic processing method and development of black garlic jam using high-pressure processing. Foods, p.12.
<https://doi.org/10.3390/foods12081584>
- Chauca, L. (1997). Producción de cuyes (*Cavia porcellus*) (F. & A. Org (ed.); 1ra ed.). Organización de las Capítulo 4. Naciones unidas para la agricultura y la alimentación.
- Chauca, L. (2018). Manual técnico de crianza de cuyes (1ra ed). Instituto Nacional de Innovación Agraria.p.97.
- Chen, J., Wang, F., Yin, Y., & Ma, X. (2021). The nutritional applications of garlic (*Allium sativum*) as natural feed additives in animals. PeerJ, 9, p.1–15.
<https://doi.org/10.7717/peerj.p.11934>
- Cuenca, M., Iñiguez, F., Naula, J., & Vega, L. (2022). Ajo sobre los parámetros productivos y morfometría intestinal en cuyes. Revista Alfa, 6(17), p.310–316.
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v6i17.170>.

Curtis, H. Noll, J. Stormann, A. Slusarenko (2004). Actividad de amplio espectro de la fitoanticipina volátil alicina en extractos de ajo (*Allium sativum L.*) contra bacterias fitopatógenas, hongos y oomicetos. *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, 65, p. 79-89
<https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2004.11.006>

Dahlan, M., Haqiqi, S. (2012). Pengaruh tepung bawang putih (*Allium sativum*) terhadap kematian(Mortalitas) dan berat badan ayam pedaging (broiler). *Ternak*, 2, p.3–9.

Dibner, J., & Buttin, P. (2002). Use of organic acids as a model to study the impact of gut microflora on nutrition and metabolism. *Poultry Science*, 81(4), p. 647–654.

<https://doi.org/10.1093/japr/11.4.453>

Espinoza, E., & Toscano, D. (2015). Metodología de la investigación técnica y educativa. En Ediciones UTMACH (1ra Edición, Número p.71-94.)

Estalles, M. (2020). Bases para la elaboración de protocolos para la obtención de ajo negro con cultivares INTA de ajo (*Allium sativum*), y caracterización organoléptica, físico – química y nutracéutica (tesis de grado). Universidad Nacional de Cuyo Facultad de Ciencias Agrarias Licenciatura en Bromatología” p .94.

Ferrufino J, Taxa L, & Gladis A. (1996). Histología normal del intestino delgado. *Rev Med Hered*, p.4-7.

chromeextension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.scielo.org.pe/pdf/rmh/v7n1/v7n1tr2.pdf

García, M. (2022). Nivel de cortisol sanguíneo en cuyes de engorde mantenidos en diferentes áreas de crianza y en diferentes tipos de alimentación para optar el título profesional de Médico Veterinario.p.1-52. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/18644>

Ghosh, S., Mehla, R., Sirohi, S., & Roy, B. (2010). The effect of dietary garlic supplementation on body weight gain, feed intake, feed conversion efficiency, faecal score, faecal coliform count and feeding cost in crossbred dairy calves. *Tropical Animal Health and Production*, 42(5), p. 961–968. <https://doi.org/10.1007/s11250-009-9514-5>

- Gonzales, L. (2018). Efecto de los probióticos, prebióticos y simbióticos sobre la morfología intestinal y parámetros sanguíneos (serie eritrocitica y serie leucocitica) en cuyes (*Cavia porcellus*) de engorde desafíados con *Salmonella typhimurium* (tesis de grado). [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/9470>
- Guevara, V., M., R., S., C., Bezada, Q., & Arbaiza, F. (2017). Parámetros Productivos de Cuyes Criados con Dietas Suplementadas con Aceite de Pescado y Semillas de Sacha Inchi. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 27(4), p.715.
<https://doi.org/10.15381/rivep.v27i4.12560>
- Gutiérrez, D. (2013). Comparativos de tres fuentes proteicas en el crecimiento y engorde de cuyes mejorados- Ayacucho. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. En Repositorio UNSCH.
<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSC/2922>.
- Gutierrez, I., Ramos, L., & Soscue, M. (2020). Fisiopatología del sistema digestivo y necesidades nutricionales del cuy (*Cavia porcellus*) (tesis de grado). [Universidad Antonio Nariño]. En Repositorio (Vol. 53, Número 9).
<http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/2379>
- Guyton, & Hall. (2001). Fisiología médica. En gaceta medica de Mexico (Duodecima, Vol. 100, Número 6).
Elsevier.<https://www.untumbes.edu.pe/bmedicina/libros/Libros10/libro125.pdf>.
- Heydarpour, F. (2006). El efecto del olor a ajo en el centro del apetito. En European Society of Endocrinology (Ed.), Presentaciones de carteles, neuroendocrinología y conducta, ECE 2006.
- Hiyagon, S. (2014). "Estudio morfométrico del estómago del cobayo (*Cavia porcellus*) lactante".(tesis de grado). En Repositorio UNMSM. Facultad de Medicina veterinaria.
- Hortúa López, L., & Botía Carreño, W. (2012). Extracto de ajo como alternativa a los promotores de crecimiento en pollos de engorde. *Conexión Agropecuaria JDC*, 2(2), p.35–43.

Huaman, M., Killerby, M., & Chauca, L. (2019). Manual de bioseguridad y sanidad en cuyes.

En Instituto Nacional de Innovación Agraria (Número April).

Huancas, H. (2016). Potencial eléctrico optimo en el aturdimiento de cuyes en Lambayeque.

<http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/20.500.12893/182/1/BC-TES-3953.pdf>

INEI. (2012). IV censo nacional agropecuario 2012.

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1502/libropdf

Jalancocca, B. (2024). Eficiencia alimenticia de la suplementación de harina de chuño y tarwi

sobre los índices productivos en cuyes en la comunidad de Yanaoca. Tesis de grado.

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Jara, M., Valencia, R., Chauca, L., & Torres, L. (2018). Contribución al estudio anatómico e histológico del ciego del cuy (*Cavia porcellus*) raza Perú. Salud y tecnología veterinaria, 6(2), p.100. <https://doi.org/10.20453/stv.v6i2.3464>.

Junqueira, & Carneiro. (2022). Histología Básica. Texto y Atlas, 9786078546527, 608.

Kimura, S., Tung, Y., Pan, M., Su, N., Lai, Y., & Cheng, K. (2017). Black garlic: A critical review of its production, bioactivity, and application. Journal of Food and Drug Analysis, 25(1), p.62–70. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.11.003>

Lema, A. (2015). Evaluación de la remolacha forrajera (*beta vulgar, L.*) al 5%,10 % y 15% en la alimentación de cuyes hembras de reemplazo en el centro experimental y de producción salache, Cotopaxi, 2014 (tesis de grado) [Universidad Técnica de Cotopaxi]. En Repositorio UTC. <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2827>

León, N. (2019). Desarrollo de la funcionalidad intestinal, con énfasis en la actividad amiásica del páncreas y crecimiento alométrico de los órganos digestivos, en cuyes desde el nacimiento hasta las 7 semanas de edad (tesis de grado) [Universidad Nacional de Loja]. En Repositorio UNL. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/23062>

Lineo, C. (1758). Caroli Linnaei Systema naturae per regna tria naturae :secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis (10ma ed.).

- Impensis Direct. Laurentii Salvii.p.542. <https://doi.org/10.5962/bhl.title>.
- Marcatoma, J. (2017). Compuestos fenólicos de *Allium sativum* (ajo) en la alimentación de cuyes durante la etapa de crecimiento – engorde (tesis de grado). [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. En Repositorio ESPOCH. <http://dspace.esepoch.edu.ec/handle/123456789/7748>
- Mariños, D. (2020). Efecto del suplemento de manano-oligosacáridos en histología intestinal de cuyes (*Cavia porcellus*) en etapa de crecimiento y engorde (tesis de grado). [Universidad Nacional del Centro del Perú]. En Repositorio UPAO. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/6792>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2024). Gobierno impulsa campaña “El Perú come cuy” para beneficio de más de 800 mil familias dedicadas a esta cadena productiva. <https://x.com/midagriperu/status/1747056140968509705>
- Ministerio de Agricultura del Perú (MINAGRI). (2001). Reglamento de Protección y Bienestar Animal. Decreto Supremo N.º 003-2001-AG. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/normas-legales/333305-003-2001-ag>
- Montalvo, C. (2010). Técnica histológica, material de apoyo, p. 1–12. Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México. http://bct.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2018/08/3_tecnica_histologica.pdf
- National Research Council. (1995). Nutrient Requirements of Laboratory Animals, (4ta ed.). National Research Council (US) Subcommittee on Laboratory Animal Nutrition. <https://doi.org/10.17226/4758>.
- Narvaez, J. (2024). Uso de harina de ajo (*Allium sativum*) y harina de cúrcuma (*Curcuma longa*) como aditivos alimenticios en la dieta de pollos broiler (tesis de grado). [Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra].
- Oladele, O., Emikpe, B., & Bakare, H. (2012). Effects of dietary garlic (*Allium sativum Linn*) Supplementation on body weight and gut morphometry of commercial broilers.

International Journal of Morphology, 30(1),p. 238–240. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022012000100042>

Ouellette, A., Satchell, D., Hsieh, M., Hagen, S., & Selsted, M. (2000). Characterization of luminal paneth cell α -defensins in mouse small intestine. *Journal of biological chemistry*, 275(43), p.33969–33973. <https://doi.org/10.1074/jbc.M004062200>.

Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE). (2021). *Código sanitario para los animales terrestres: Bienestar animal*. París, Francia: OIE. Recuperado de <https://www.oie.int/es/que-hacemos/normas/codigo-terrestre/acceso-en-linea/>

Petra, L. Flint.,H. (2009). Diversity, metabolism and microbial ecology of butyrate- producing bacteria from the human large intestine, *FEMS Microbiology Letters*, Volume 294, Issue 1, p. 1–8, <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2009.01514.x>

Pourali, M. Mirghelenj,S., & Kermanshahi., H. (2010). Effects of garlic powder on productive performance and immune response of broiler chickens challenged with Newcastle disease virus. *Global Veterinaria* 4(6) p. 616-621.

Puente, V., Carcelén C., Ara G., Bezada Q., Huamán C., Santillán, G., Perales, R., Guevara V., & Asencios M. (2019). Efecto de la suplementación con niveles crecientes de probióticos sobre la histomorfometría del intestino delgado del cuy (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(2), p.624–633. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i2.16086>.

Ramakrishna, R., Platel, K., & Srinivasan, K. (2003). In vitro influence of spices and spice-active principles on digestive enzymes of rat pancreas and small intestine. *Nahrung*, 47(6), p. 408–412. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/food.200390091>.

Ramírez, H., Castro, L., & Martínez, E. (2016). Efectos terapéuticos del ajo (*Allium sativum*). *Salud y administración*, 3(8), p.39–47. https://www.unsis.edu.mx/revista/doc/vol3num8/A4_Efectos_Terapeuticos_Ajo.pdf

Rebolé, A., Ortiz, L., Rodríguez, M., Alzueta, C., Treviño, J., & Velasco, S. (2010). Efectos de

la inulina y el complejo enzimático, individualmente o en combinación, sobre el rendimiento del crecimiento, la microflora intestinal, las características de la fermentación cecal y la histomorfología yeyunal en pollos de engorde alimentados con una dieta a base de trigo y cebada. *Poultry Science*, 89(2), p. 276–286.

<https://doi.org/10.3382/ps.2009-00336>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2009). Tecnología para cultivar ajo en Zacatecas (6^a ed.libro técnico No.11,p. 272. Campo experimental Zacatecas, Centro de Investigación Regional Norte-Centro, INIFAP. ISBN 978-607-425-248-4.

Huancas, H. (2016). Potencial eléctrico óptimo en el aturdimiento de cuyes (*Cavia porcellus*) en Lambayeque [Tesis de grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo],p.1–47.

Rojas, E. (2019). Sistemas de Alimentación y la respuesta productiva en cuyes machos mejorados tipo 1 en el distrito de Ocongate - Cusco [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. En Repositorio UNSAAC. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/4770>

Ross, & Pawlina. (2007). Histología texto y atlas color con biología celular y molecular (Editorial).

https://books.google.es/books?id=NxYmIRZQi2oC&printsec=frontcover&hl=es#v=one_page&q&f=false

Sakata, T. (1987). Efecto estimulante de los ácidos grasos de cadena corta sobre la proliferación de células epiteliales en el intestino de la rata: una posible explicación de los efectos tróficos de la fibra fermentable, los microbios intestinales y los factores tróficos luminales. *British Journal of Nutrition*, 58(1), 95–103.

Salunkhe, S. (2003). Tratado de ciencia y tecnología de hortalizas. Editorial Acribia.

Sarmiento, M. (2021). Morfometría de la mucosa del intestino delgado de cuyes (*Cavia porcellus*) suplementados con vitamina C y sometidos a la reducción del espacio vital [Tesis de grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].

Saravanan, P., Ranya, H. Sridhar, V Balamurugan, y S. Umantaheswari. 2010. Actividad antibacteriana de *Allium L.*, sobre cepas bacterianas patógenas. *Veterinaria Global*. 4(5), p.519-522.

SENAMHI. (2024). Plan multisectorial ante heladas y friaje 2022–2024.

Shi, X., Zhou, X., Chu, X., Wang, J., Xie, B., Ge, J., Guo, Y., Li, X., & Yang, G. (2019). La alicina mejora el metabolismo en ratones con obesidad inducida por una dieta rica en grasas mediante la modulación del microbiota intestinal. *Foods*, 8(12), p.502. <https://doi.org/10.3390/nu11122909>

Sierra, C. (2023). Estudio del efecto inhibidor de extractos de ajo en bacterias patógenas y alterantes de la carne [Tesis de grado, Universidad de Valladolid, Facultad de Medicina].<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/61252/TFG-M-N3101.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Solorzano, J., & Sarria, J. (2014). Crianza, producción y comercialización de cuyes (1ra ed.). Editorial Macro.

Stappenbeck, T., Hooper, L., & Gordon, J. (2002). Developmental regulation of intestinal angiogenesis by indigenous microbes via paneth cells. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(24), p.15451–15455.

Suharti, S. (2004). Kajian antibakteri temulawak, jahe dan bawang putih terhadap bakteri *Salmonella typhymurium* serta pengaruh bawang putih terhadap performans dan respon imun ayam pedaging. Institut pertanian Bogor.

Taboada, V. (2022). Evaluación del forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) en sistemas de alimentación durante el crecimiento del cuy (*Cavia porcellus*) [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5280>

Tanti, A. (2023). Efecto del ajo procesado en la dieta sobre el rendimiento y el intestino de los pollos de engorde. Artículo en *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan*, p.63–68.

<https://doi.org/10.29244/jntp.21.1.63-68>

Tatara, M., Śliwa, E., Dudek, K., Mosiewicz, J., & Studziński, T. (2005). Envejecido y alicina a cerdas durante la gestación y el desarrollo del tracto gastrointestinal. Institute of veterinary medicine in pulawy, 12, p.349–355.

Torres, A., Chauca, L., & Vergara, V. (2006). Evaluación de dos niveles de energía y proteína en dietas de crecimiento y engorde en cuyes machos. En Trabajos de investigación presentados en las reuniones anuales de la Asociación Peruana de Producción Animal – APPA: Proyecto Cuyes (pp. 1–12). Universidad Nacional Agraria La Molina.

Usca, J., Flores, L., Tello, L., & Navarro, M. (2022). Manejo general en la cría del cuy (L. A. T. F. Mancheno & M. N. Navarro Ojeda (eds.); 1ra ed.). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Valdizán, C. (2018). Efecto de la inclusión de probiótico, prebiótico y simbiótico en la dieta del cuy (*Cavia porcellus*) sobre parámetros productivos (tesis de grado). [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. En repositorio UNM. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/8074>

Valverde, P., Trujillo, J., Díaz, H., & Toalombo, P. (2021). Alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) con pastos y forrajes de clima tropical en pastaza- Ecuador bajo sistema de crianza piramidal. Actas iberoamericanas de conservación animal AICA, 16, p.59–66.

Vergara, V. (2008). Avances en nutrición y alimentación en cuyes. En XXXI reunión científica anual de la asociación peruana de producción animal APPA2008. Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos.

Vivas, T. (2013). Manual de crianza de cobayos. Universidad Nacional Agraria, p.1-49. <http://repositorio.una.edu.ni/2472/1/RENL01V856.pdf>.

Wei-Ying, G. (2012). Intervención de enfermería sobre el ajo en la nutrición y prevención de úlceras bucales en leucemia aguda tras quimioterapia.

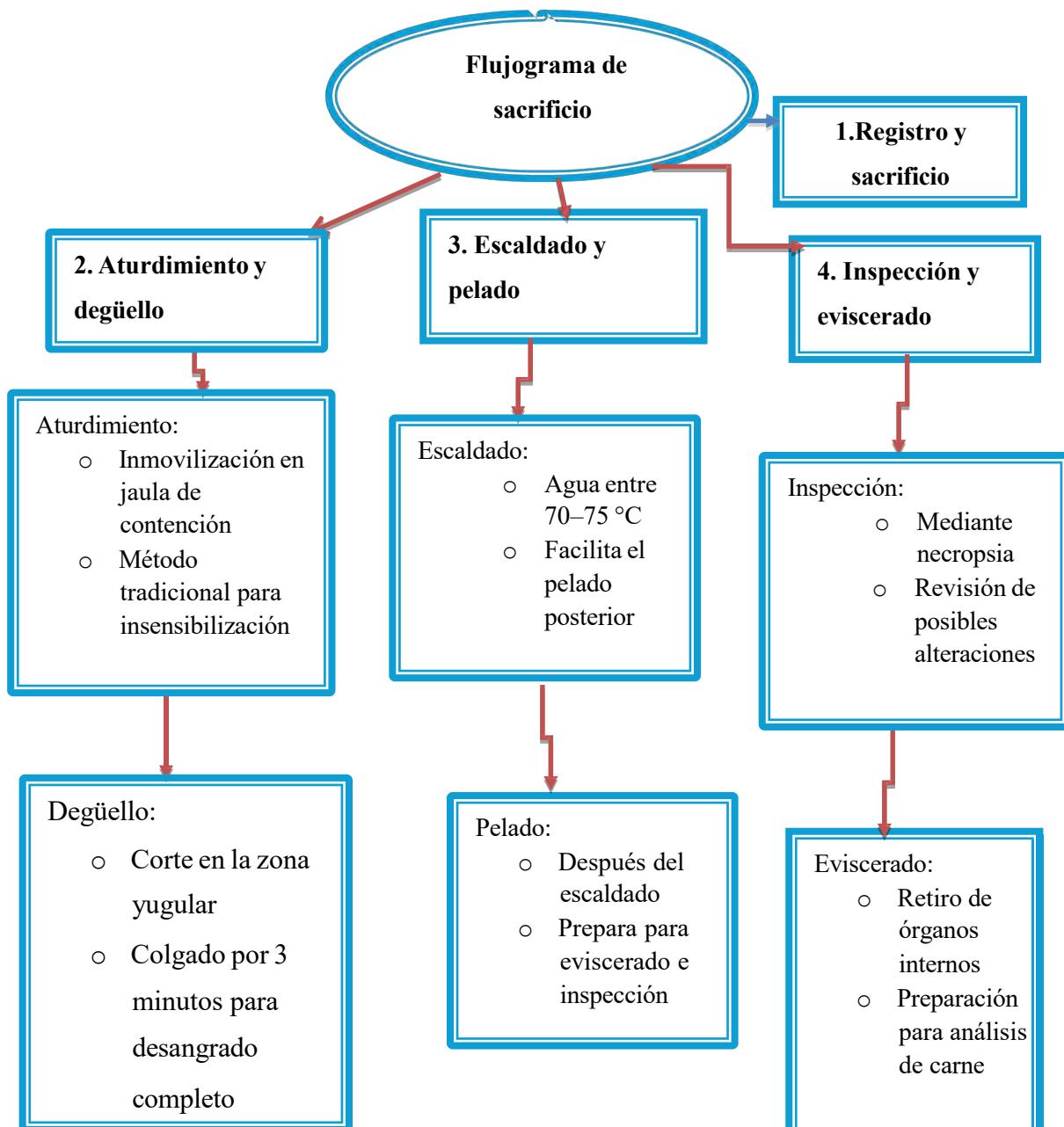
Yakhkeshi S, Rahimi S, GharibNaseri K. (2011) The effect of comparison of herbal extracts, antibiotics, probiotic and organic acid on serum lipids, immune response, GIT microbial

population, intestinal morphology and performance of broilers. Journal of Medicinal Plants, p.10-37.

Zamora, S. Callacna, M. (2017). Parámetros productivos de cuyes (*Cavia porcellus*) suplementados con harina de sangre bovina. 1(1), p. 47–52.
<https://doi.org/10.25127/ricba.201701.006>

XI. ANEXOS

Anexo 1: Protocolo de sacrificio y procesamiento.



Fuente: Huancas (2016)

Anexo 2: Protocolo de deshidratación, aclaramiento e inclusión en parafina

Moltalvo (2010) Las muestras fueron fijadas y deshidratadas en alcohol absoluto.

Deshidratación:

Frasco 1 de alcohol al 70%	12 hrs.
Frasco 2 de alcohol al 70%	12 hrs.
Frasco 1 de alcohol al 95%	1 hora
Frasco 2 de alcohol al 95%	1 hora
Frasco 1 de alcohol al 100%	1 hora
Frasco 2 de alcohol al 100%	1 hora

Aclaramiento:

Frasco 1 de xilol	1 hora
Frasco 2 de xilol	1 hora

Inclusión con parafina: Se incluyeron los tejidos en parafina a temperatura de fusión y se formaron bloques para el corte.

Primer baño con parafina	1 hora
Segundo baño con parafina	1 hora
Tercer baño con parafina.....	30 a 60min

Fuente:(Montalvo, 2010).

Cortes del tejido: Se realizaron cortes de 5 μm tras el endurecimiento de la parafina. (Ross y Pawlina, 2007).

Batería de tinción: Se aplicó la tinción hematoxilina-eosina, previa eliminación de parafina, rehidratación y posterior deshidratación, aclarado y montaje final (Montalvo, 2010).

Proceso de desparafinado:

Frasco N° 01 de xilol.....	5 minutos.
Frasco N° 02 de xilol.....	5 minutos.

Deshidratación:

Frasco N° 01 de alcohol absoluto (100°)-----	5 minutos.
Frasco N° 02 de alcohol absoluto (100°)-----	5 minutos.
Frasco N° 01 de alcohol corriente (95°)-----	5 minutos.
Frasco N° 02 de alcohol corriente (95°)-----	5 minutos.

Coloración:

- Embeber las láminas en agua de caño
- Colorear con hematoxilina 3 a 4 minutos (según uso).
- Lavar con agua de caño por 1 a 2 segundos
- Introducir en alcohol acido al 1% por 1 o 2 segundos.
- Lavar con agua de caño por 1 a 2 segundos
- Introducir en agua amoniacial por 15 a 30 segundos.
- Lavar con agua de caño.
- Colorear con eosina/hematoxilina por 30 segundos a 1 minuto.

Lavar con agua corriente.

Frasco N°01 de alcohol (95°) ----- 5 minutos

Frasco N°02 de alcohol corriente (95°) ----- 5 minutos

Frasco N°01 de alcohol absoluto (100°) ----- 5 minutos

Frasco N°02 de alcohol absoluto (100°) ----- 5 minutos

Frasco N°01 de xilol ----- 5 minutos

Frasco N°02 de xilol ----- 5 minutos

Montaje con bálsamo de Canadá

Fuente (Montalvo, 2010).

Montaje: Se realizó el montaje final para obtener las láminas histológicas (Bacha & Bacha, 2001).

Anexo 3: Tablas.**Tabla 10***Composición nutricional del alimento experimental del tratamiento (T1) sin adición de ajo.*

Componentes	Valores	Método
Humedad %	6.4	Gravimetría (AOAC 2015, 934.01)
Fibra (%)	12.8	Gravimetría (AOAC 2015, 962.09)
Grasas (%)	6.2	Gravimetría (AOAC 2015, 954.02)
ceniza (%)	5.6	Gravimetría (AOAC 2015, 942.05)
Proteína (%)	16.4	volumétrico (AOAC 2015, 2001.11)
Carbohidratos (%)	52.6	Método (AOAC 25.008, 25.009)

Fuente: Laboratorio de análisis químico MCQUIMICALAB.**Tabla 11***Composición nutricional del alimento experimental del tratamiento (T2) con adición de ajo al 0.5%.*

Componentes	Valores	Método
Humedad %	6.5	Gravimetría (AOAC 2015. 934.01)
Fibra (%)	12.6	Gravimetría (AOAC 2015. 962.09)
Grasas (%)	6.3	Gravimetría (AOAC 2015. 954.02)
ceniza (%)	5.6	Gravimetría (AOAC 2015.942.05)
Proteína (%)	16.8	volumétrico (AOAC 2015. 2001.11)
Carbohidratos (%)	52.3	Método (AOAC 25.008. 25.009)

Fuente: Laboratorio de análisis químico MCQUIMICALAB.**Tabla 12***Composición nutricional del alimento experimental del tratamiento (T3) con adición de ajo al 1%.*

Componentes	Valores	Método
Humedad %	6.7	Gravimetría (AOAC 2015. 934.01)
Fibra (%)	12.5	Gravimetría (AOAC 2015. 962.09)
Grasas (%)	6.3	Gravimetría (AOAC 2015. 954.02)
ceniza (%)	5.6	Gravimetría (AOAC 2015. 942.05)
Proteína (%)	16.8	volumétrico (AOAC 2015. 2001.11)
Carbohidratos (%)	52.1	Método (AOAC 25.008. 25.009)

Fuente: Laboratorio de análisis químico MCQUIMICALAB.

Tabla 13*ANOVA para la altura de las vellosidades intestinales (μm).*

Segmento	Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F-Valor	Pr > F
Duodeno	Modelo	2	57.406.53	28.703.26	11.81	0.0001
	Error	87	211.501.21	2.431.05		
	Total, corregido	89	268.907.74			
Yeyuno	Modelo	2	74.539.97	37.269.98	5.64	0.005
	Error	87	574.903.54	6.608.09		
	Total, corregido	89	649.443.51			
Ilion	Modelo	2	88.420.14	44.210.07	8.14	0.0006
	Error	87	472.273.72	5.428.43		
	Total, corregido	89	560.693.86			

En la Tabla 13, se encontraron efectos significativos ($p < 0.01$), en la altura de las vellosidades en todos los segmentos intestinales lo que sugiere que la suplementación con ajo aumentó la superficie de absorción del intestino.

Tabla 14*ANOVA para el ancho de las vellosidades intestinales (μm).*

Segmento	Fuente	DF	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F-Valor	Pr > F
Duodeno	Modelo	2	24.326.25	12.163.12	9.18	0.0002
	Error	87	115.210.69	1.324.26		
	Total, corregido	89	139.536.94			
Yeyuno	Modelo	2	6.346.82	3.173.41	5.35	0.0064
	Error	87	51.597.00	593.06891		
	Total, corregido	89	57.943.82			
Ilion	Modelo	2	2.364.72	1.182.36	1.92	0.1534
	Error	87	53.701.00	617.25287		
	Total, corregido	89	56.065.72			

Tabla 14, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.01$), en el duodeno y yeyuno, pero no existe diferencia significativa ($p > 0.05$), en el íleon lo que sugiere que el ajo afecta selectivamente el grosor de las vellosidades según la región intestinal.

Tabla 15*ANOVA para la profundidad de criptas intestinales (μm).*

Segmento	Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Valor	Pr > F
Duodeno	Modelo	2	4.038.67	2.019.33	0.56	0.5709
	Error	87	311.394.08	3.579.24		
	Total, corregido	89	315.432.75			
Yeyuno	Modelo	2	21.214.90	10.607.45	5.03	0.0086
	Error	87	183.614.88	2.110.52		
	Total, corregido	89	204.829.78			
Íleon	Modelo	2	8.241.24	4.120.62	1.85	0.1638
	Error	87	194.072.89	2.230.72		
	Total, corregido	89	202.314.12			

En la Tabla 15, se observa que en las secciones de duodeno e íleon no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) en la profundidad de las criptas de Lieberkühn entre tratamientos. Sin embargo, en el yeyuno sí se evidenció una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.01$).

Tabla 16*Análisis de varianza para el consumo de alimento (g/día).*

Fuente	Grados de libertad (DF)	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	24.6018	12.3009	74.31	0.0001
Error	33	5.4627	0.1655		
Total, corregido	35	30.0645			

Tabla 16, se aprecia un efecto significativo ($p < 0.01$) consumo de alimento con adición de ajo.

Tabla 17*Análisis de varianza para la ganancia de peso (g/día).*

Fuente	Grados de libertad (DF)	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-valor	Pr > F
Modelo	2	15.9072	7.9536	2.32	0.1139
Error	33	113.0205	3.4249		
Total, corrido	35	128.9277			

Tabla 17, no existe diferencias significativas ($p > 0.05$), para ganancia de peso, pero si numéricamente.

Tabla 18*Análisis de varianza para la conversión alimenticia.*

Fuente	Grados de libertad (DF)	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	1.3949	0.6975	1.36	0.2708
Error	33	16.9331	0.5131		
Total, corregido	35	18.3281			

Tabla 18, se visualiza que no existe diferencias significativas ($p > 0.05$), en la conversión alimenticia.

Tabla 19*Análisis de varianza para el rendimiento de carcasa (%).*

Fuente	Grados de libertad (DF)	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	31.6595	15.8297	0.39	0.6841
Error	12	484.7019	40.3918		
Total, corregido	14	516.3614			

Tabla 19, se observa que no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$), en rendimiento de carcasa.

Anexo 4: Prueba de normalidad

Prueba de normalidad de los tratamientos T1, T2 Y T3 para histomorfometría intestinal

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk				
Segmento	Parámetro	Tratamiento	Estadístico	P
Duodeno	Altura	T1	0.928	0.426si
		T2	0.967	0.645si
		T3	0.942	0.103si
	Ancho	T1	0.883	0.033no
		T2	0.982	0.786si
		T3	0.926	0.504si
	Profundidad	T1	0.870	0.017no
		T2	0.979	0.785si
		T3	0.933	0.578si
Yeyuno	Altura	T1	0.970	0.537si
		T2	0.966	0.441si
		T3	0.943	0.108si
	Ancho	T1	0.904	0.103si
		T2	0.964	0.389si
		T3	0.976	0.703si
	Profundidad	T1	0.958	0.269si
		T2	0.902	0.095si
		T3	0.958	0.267si
Íleon	Altura	T1	0.960	0.307si
		T2	0.929	0.453si
		T3	0.945	0.127si
	Ancho	T1	0.939	0.844si
		T2	0.962	0.381si
		T3	0.946	0.132si
	Profundidad	T1	0.971	0.557si
		T2	0.955	0.236si
		T3	0.975	0.674si

Nota. “Sí” indica que los datos presentan distribución normal; “No” indica que los datos no presentan distribución normal.

Prueba de normalidad de los tratamientos T1, T2 Y T3 para parámetros productivos

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk			
Parámetro pro	Tratamiento	Estadístico	P
Consumo de alimento	T1	0.911	0.220si
	T2	0.943	0.544si
	T3	0.948	0.606si
Ganancia de peso	T1	0.961	0.715si
	T2	0.938	0.466si
	T3	0.941	0.504si
Conversión alimenticia	T1	0.866	0.058no
	T2	0.909	0.207si
	T3	0.960	0.780si
Rendimiento de carcasa	T1	0.820	0.116si
	T2	0.995	0.993si
	T3	0.903	0.427si

Nota. “Sí” indica que los datos presentan distribución normal; “No” indica que los datos no presentan distribución normal.

Anexo 5: Figuras

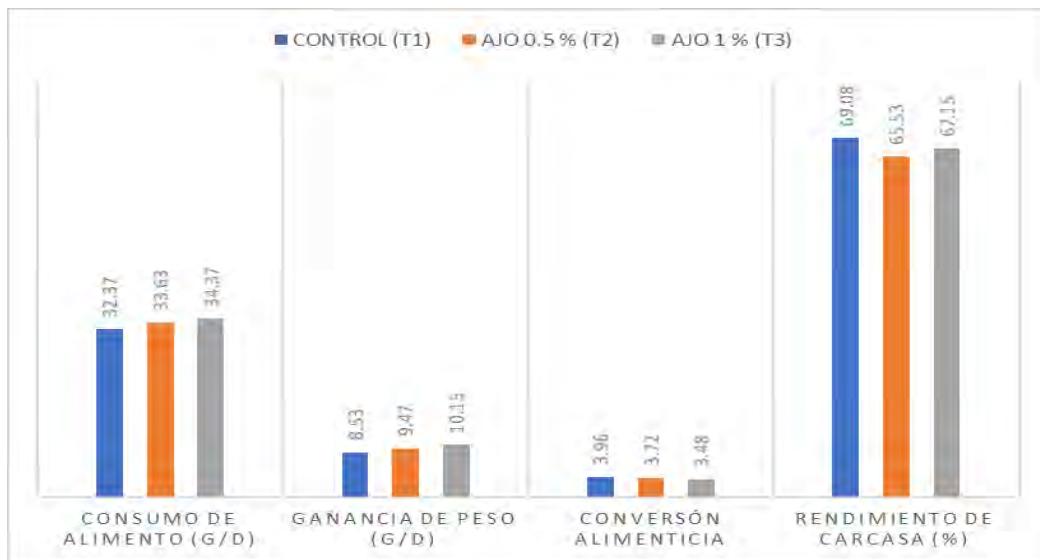


Figura 3. Resultados para parámetros productivos.

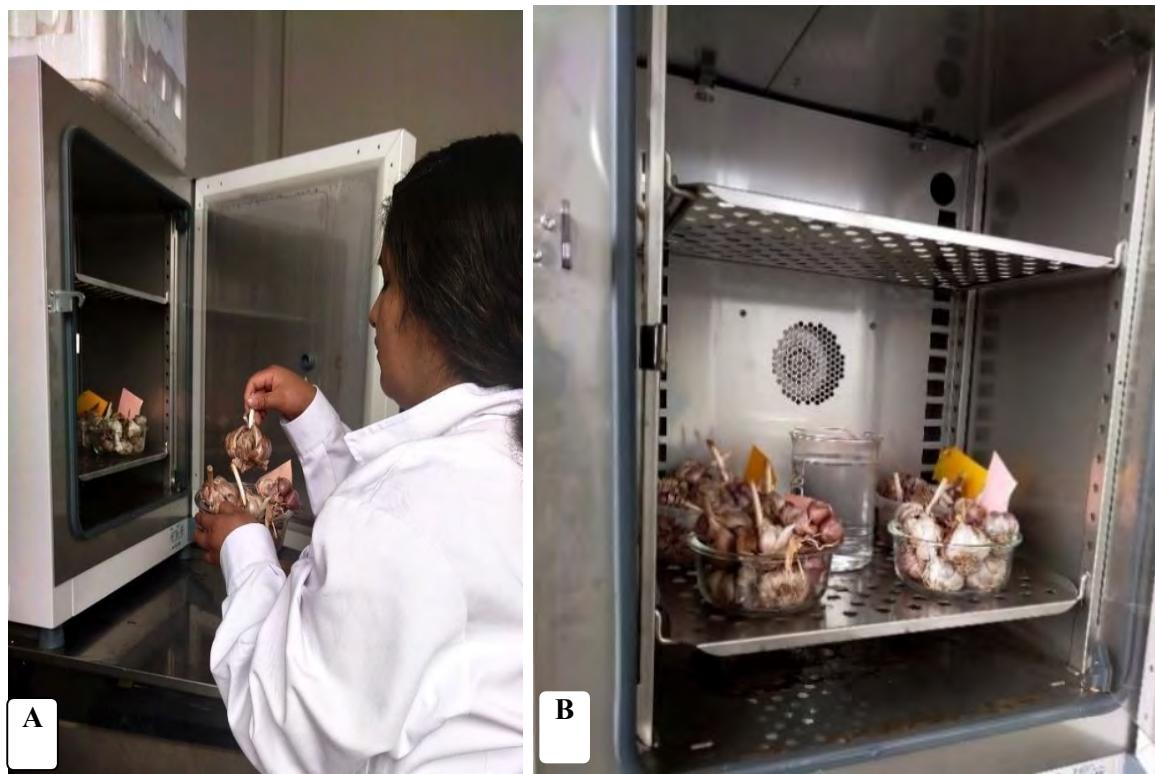


Figura 4. Colocación de cabezas de ajo morado en la estufa. **A:** cabezas de ajo morado. **B:** Registro de fecha que se colocó ajo.



Figura 5. Proceso de secado del ajo fermentado. El ajo fermentado fue colocado en bandejas y secado a temperatura ambiente durante dos semanas.



Figura 6. Pulverización del ajo fermentado. **A:** Proceso de molienda. **B:** Polvo obtenido listo para suplementación.



Figura 7. Preparación del alimento balanceado con ajo fermentado. **A:** Preparación del alimento balanceado según recomendaciones del NRC. **B:** Incorporación del ajo fermentado en polvo a la ración.



Figura 8. Pesado y rotulado del alimento experimental por tratamiento. **A:** Preparación de las raciones mediante el pesado individual del alimento. **B:** Rotulado correspondiente para cada tratamiento experimental.



Figura 9. Instalación de pozas individuales por tratamiento. Adecuación de las unidades experimentales en pozas individuales, separadas según el tratamiento asignado.



Figura 10. Distribución de cuyes por tratamiento. Asignación de 12 cuyes por tratamiento en las respectivas unidades experimentales.



Figura 11. Registro de condiciones ambientales y consumo de alimento. **A:** Monitoreo diario de la temperatura y humedad durante el experimento. **B:** Registro del consumo de alimento por tratamiento.

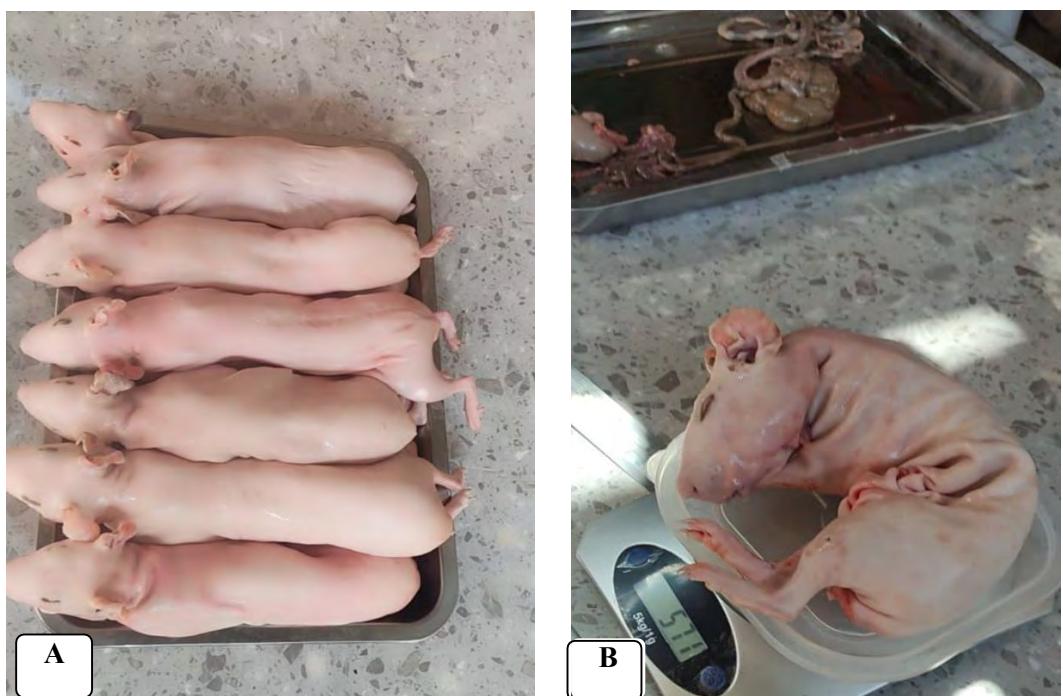


Figura 12. Evaluación de la carcasa post-experimento. **A:** Cuyes eviscerados al finalizar el experimento. **B:** Pesaje individual de las carcassas y de la carne para el análisis productivo.



Figura 13. Muestras intestinales por tratamiento. Segmentos del intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon) colectados por tratamiento, debidamente rotulados para el análisis histológico.



Figura 14. Procesamiento automatizado de muestras histológicas. Procesador automático de tejidos marca Leica, utilizado para el tratamiento de las muestras intestinales.

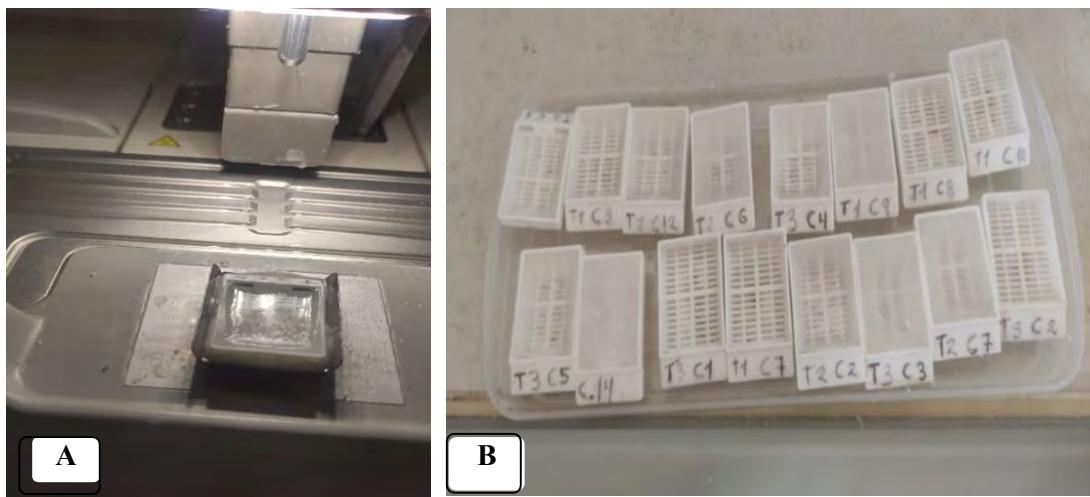


Figura 15. Inclusión con parafina y análisis de bloques histológicos. **A:** Formación de bloques mediante equipo de inclusión con parafina. **B:** Enfriamiento y análisis de los bloques en plancha fría, con muestras debidamente rotuladas.

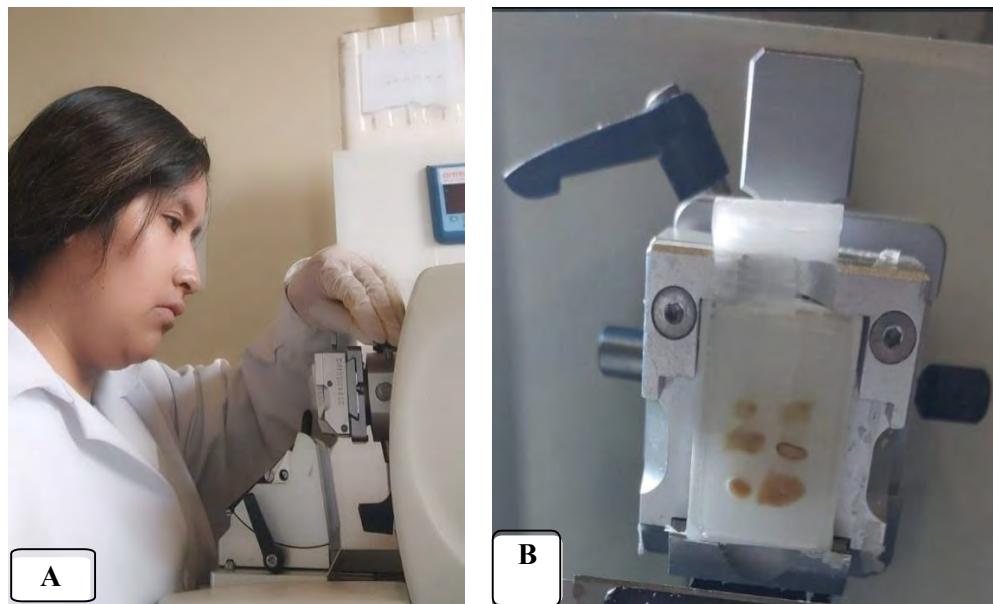


Figura 16. Corte histológico de bloques en micrótomo. **A:** Bloques de parafina posicionados para el corte. **B:** Realización de cortes histológicos de 5 micras con micrótomo.



Figura 17. Tinción de tejidos. Equipo automático marca DAKEWE utilizado para teñir las muestras antes del análisis microscópico.



Figura 18. Láminas histológicas preparadas para el análisis. Muestras teñidas y montadas en portaobjetos, listas para su observación bajo el microscopio óptico



Figura 19. Microscopio confocal LSM 800. Dispositivo equipado con módulo de campo claro, empleado en la captura de imágenes histológicas.

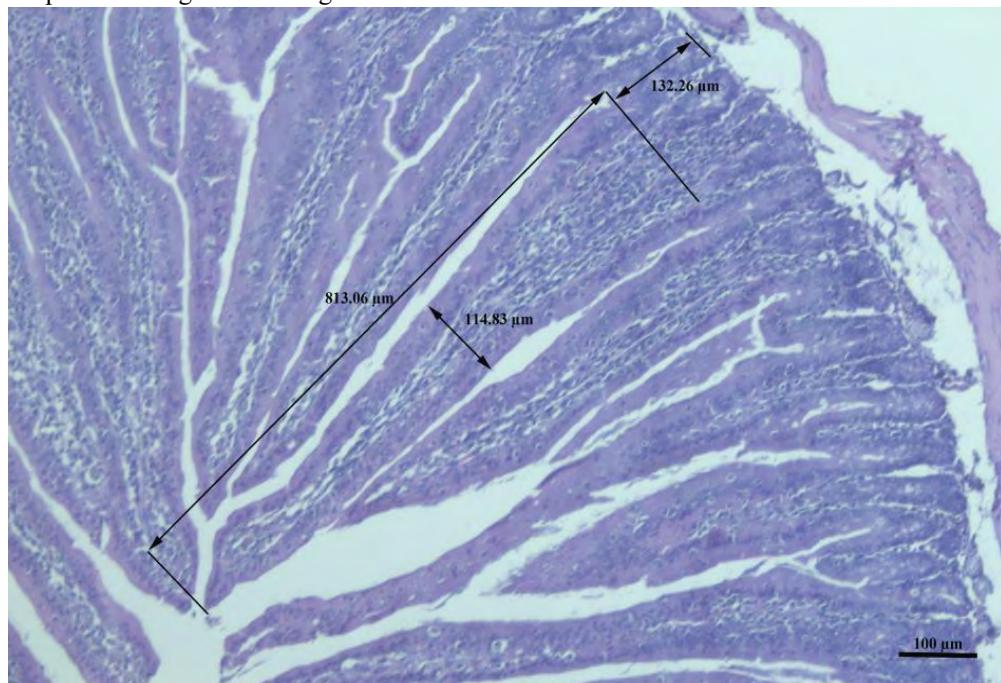


Figura 20. Duodeno a 10x con mediciones histomorfométricas. Vista a 10x con valores en micras (μm), correspondientes a la altura y ancho de vellosidades, y a la profundidad de las criptas de Lieberkühn.

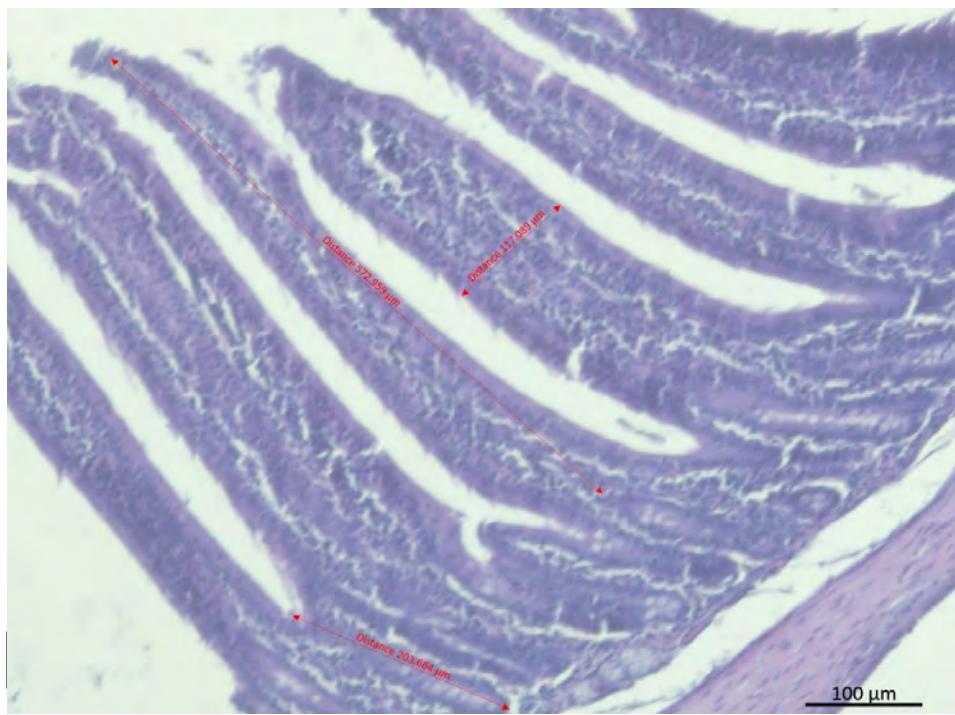


Figura 21. Yeyuno a 10x con medidas histomorfométricos. Corte a 10x con mediciones en micras (μm) de la altura y ancho de las vellosidades, y la profundidad de las criptas de Lieberkühn.

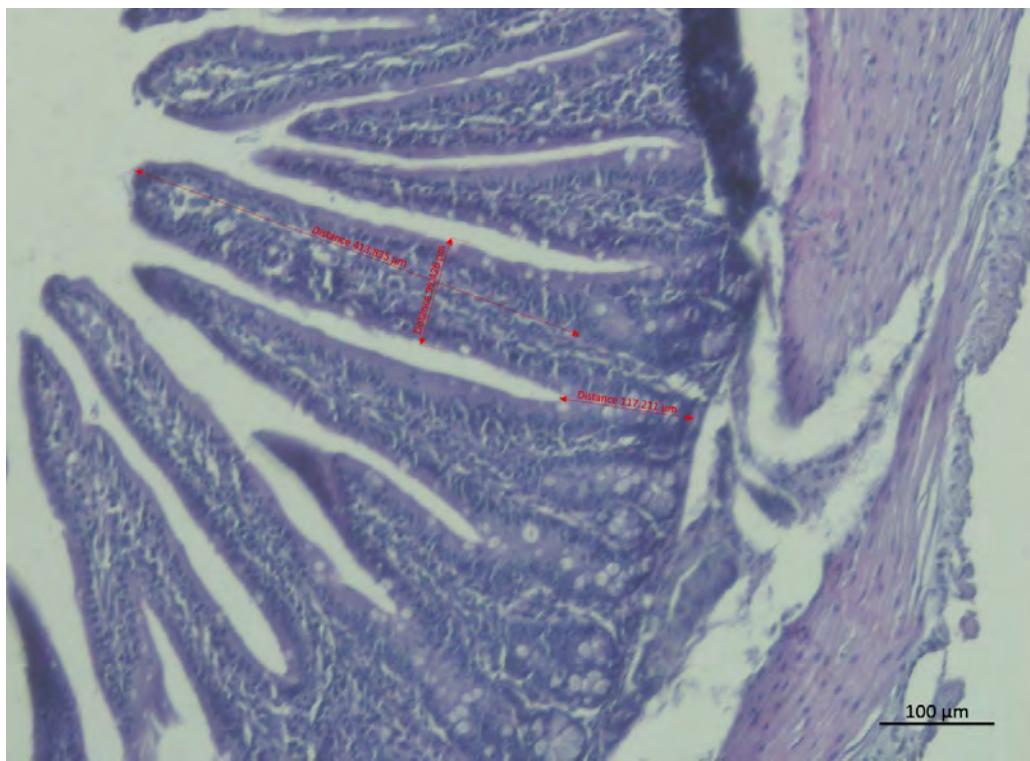


Figura 22. Íleon a 10x con medidas histomorfométricos. Corte a 10x con mediciones en micras (μm) de la altura y ancho de las vellosidades, y la profundidad de las criptas de Lieberkühn.