

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD
DEL CUSCO**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA**



TESIS

**USO DE ENZIMAS EN LA ALIMENTACIÓN DE CUYES EN CRECIMIENTO Y
ACABADO**

PRESENTADO POR:

Br. JHON ROSEL HUILLCA HUAMAN

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO ZOOTECNISTA**

ASESORES:

Ing. Zoot. Juan E. Moscoso Muñoz, Ph.D.

Ing. Zoot. Liz B. Chino Velasquez, M.Sc.

M.V.Z. Oscar E. Gómez Quispe, Ph.D.

CUSCO – PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada:.....
USO DE ENZIMAS EN LA ALIMENTACIÓN DE CUYES.....
EN CRECIMIENTO Y ACABADO.....

presentado por: JHON ROSEL HUILLCA HUAMAN..... con DNI Nro.: 74764137..... presentado
por:..... con DNI Nro.:..... para optar el
título profesional/grado académico de INGENIERO ZOOTECNISTA.....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el
Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del *Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la*
UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 10 %.

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 se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica 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 la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 20 de Setiembre de 2024

Firma

Post firma JUAN ELMER MOSCOSO MUÑOZ

Nro. de DNI 23740692

2° asesor: Liz Beatriz Chino Velasquez ORCID del Asesor 0000-0001-5084-9718
DNI 71732710

3° Asesor: Oscar Elisban Gómez Quispe

Se adjunta: ORCID: 0000-0002-6322-7371

DNI: 01332932
ORCID: 0000-0002-7517-772x

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.

2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259 : 383506934



Identificación de reporte de similitud: oid:27259:383506934

NOMBRE DEL TRABAJO

TESIS JHON HUILLCA ULTIMA CORRECCION WORD.docx

AUTOR

JHON HUILLCA

RECUENTO DE PALABRAS

18792 Words

RECUENTO DE CARACTERES

100772 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

100 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

13.7MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 20, 2024 9:29 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 20, 2024 9:31 AM GMT-5

● **10% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

DEDICATORIA

Mis grandes deleites a mis queridos padres mis ídolos: Dario Huillca y Liberata Huaman.

Los mejores seres del mundo que Dios me ha dado, a quienes agradezco con el corazón por darme la vida, por su paciencia, su comprensión y su amor incondicional, a ellos que con sus sabios consejos han sabido guiarme, enseñarme, a construir sueños e ideales, a levantarme de las caídas y dificultades, sobre todo, por los principios y valores que supo enseñar, doy las gracias por todo el esfuerzo que ellos han realizado, que sin esperar nada a cambio dan su vida por brindar un futuro mejor a sus hijos.

A mis apreciados hermanos: Juana Silvia Huillca, Yaquelin Huillca, Lizeth Martha Huillca, Hilder Alexis Huillca, Cristian Huillca y Frank Ángel Huillca.

Quienes han velado por mi durante todo el proceso de mi formación como profesional, por el afecto, cariño y amor que nos une, por estar ahí conmigo en las malas y las buenas, por los consejos y por darme las energías suficientes para poder seguir adelante y cumplir las metas.

Mis amigos colegas: Juan Samuel Yucra, Nerio Paucarmayta, Waldir Ccalloquispe, Fredy Huayllani, Dante Moreano. Por sus compañías, amistad, confianza y su apoyo incondicional, por las experiencias vividas. A quienes agradezco y deseo una mejor vida.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios todo poderoso y a la Virgen Santísima por darme la oportunidad de contar siempre con personas buenas que me han sabido guiar por el buen camino del éxito, gracias infinito a mis padres, por su amor incondicional y su apoyo moral. Su fe en mí, incluso en los momentos más difíciles ha sido el pilar de este logro. También expreso mi gratitud a mis hermanos, a mi familia Huillca y Huamán, a mis amigos, quienes supieron brindarme su tiempo para escucharme, apoyarme y estar en los momentos más necesitados. Sin ustedes, todo esto no habría sido posible. Su amor y sacrificio han sido la luz que guío mi camino a través de este viaje académico.

Me gustaría agradecer a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, en especial a la Facultad Agronomía y Zootecnia, Escuela Profesional de Zootecnia. A su plana docente, por compartir sus conocimientos y experiencias.

Así también al laboratorio de Nutrición Animal, por el acceso y financiamiento para los análisis de laboratorio.

Quisiera expresar mis más profundos agradecimientos a mis asesores, el Dr. Juan E. Moscoso Muñoz, M.Sc. Liz B. Chino Velasquez, por sus experiencias, comprensión, paciencia y valiosa guía que contribuyeron a mi experiencia en el complejo y gratificante camino de la investigación.

A todos ellos gracias infinitas. Dios me los bendiga.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xii
i. INTRODUCCIÓN.....	1
II. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN.....	3
2.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN.....	3
2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
III. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....	4
3.1. OBJETIVOS.....	4
3.1.1. Objetivo general.....	4
3.1.2. Objetivos específicos.....	4
3.2. JUSTIFICACIÓN.....	5
IV. HIPÓTESIS.....	7
V. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	8
5.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
5.2. EL CUY (<i>CAVIA PORCELLUS</i>).....	11
5.2.1. Generalidades e importancia de producción de cuyes en los últimos años.....	11
5.2.2. Anatomía y fisiología del cuy.....	12
5.2.3. Alimentación y nutrición del cuy.....	15
5.2.4. Requerimiento nutricional de cuy.....	15
5.2.5. Aditivos alimentarios.....	18

5.3.	LAS ENZIMAS	19
5.3.1.	Generalidades	19
5.3.2.	Acción de las enzimas	21
5.3.3.	Clasificación de las enzimas.....	22
5.3.3.a.	Clasificación según su función.....	22
5.3.3.b.	Clasificación según su origen	22
5.3.4.	Tipos de enzima incluidas en la dieta de los cuyes	24
5.3.4.a.	β -glucanasa	24
5.3.4.b.	Xilanasa	24
5.3.4.c.	Fitasa	25
5.3.4.d.	Proteasas	25
5.3.4.e.	Amilasas	26
5.3.5.	Factores físico - químicos que afectan la actividad enzimática	26
5.3.6.	Importancia de la suplementación enzimática	26
5.3.7.	Uso de las enzimas en la nutrición animal.....	27
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
6.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN	29
6.1.1.	Ubicación política.....	30
6.1.2.	Ubicación geográfica	30
6.1.3.	Ubicación hidrográfica	30
6.2.	DURACIÓN DEL ESTUDIO	30
6.3.	INSTALACIONES	31
6.4.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	34

6.4.1.	Materiales y equipos de granja	34
6.4.2.	Materiales y equipos de laboratorio	35
6.5.	MATERIAL BIOLÓGICO.....	35
6.6.	PRODUCTOS EVALUADOS (ENZIMAS).....	37
6.7.	DIETAS EXPERIMENTALES.....	38
6.8.	TRATAMIENTOS.....	41
6.9.	MÉTODOS.....	42
6.9.1.	Variables en estudio	42
6.9.1.a.	Variables independientes	42
6.9.1.b.	Variables dependientes	42
6.9.2.	Manejo de los animales	42
6.9.3.	Sanidad	43
6.9.4.	Alimentación y suministro de agua	43
6.9.5.	Evaluaciones	44
6.9.5.a.	Peso vivo	44
6.9.5.b.	Ganancia de peso vivo	44
6.9.5.c.	Consumo de alimento	44
6.9.5.d.	Conversión alimenticia.....	44
6.9.5.e.	Rendimiento de carcasa (R.C.).....	45
6.9.5.f.	Mérito económico (M.E.).....	46
6.10.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	47
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	48

7.1. EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN CUYES UTILIZANDO ENZIMAS EXÓGENAS.....	48
7.1.1. Peso vivo inicial, peso vivo final, ganancia de peso vivo y conversión alimenticia en la fase de crecimiento.	48
7.1.2. Peso vivo final, ganancia de peso vivo y conversión alimenticia en la fase de acabado	49
7.1.3. Ganancia de peso vivo total, conversión alimenticia total y rendimiento de carcasa en la fase de crecimiento y acabado	50
7.2. RESPUESTA SOBRE EL CONSUMO DE ALIMENTO.....	54
7.2.1. Consumo de alimento en crecimiento.....	54
7.2.2. Consumo de alimento en acabado	54
4.2.c. Consumo de alimento total.....	54
7.3. EVALUACIÓN DEL MÉRITO ECONÓMICO.....	56
7.3.1. Costo de alimentación	56
7.3.2. Mérito económico	57
VIII. CONCLUSIONES.....	59
IX. RECOMENDACIONES.....	60
X. BIBLIOGRAFIA.....	61
XI. ANEXOS.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requerimiento nutricional del cuy.....	17
Tabla 2. Requerimiento nutricional de cuy de acuerdo a su estado de producción.....	18
Tabla 3. Clasificación de las enzimas.....	20
Tabla 4. Tipo de enzimas alimentarias, sustrato y materias primas.....	23
Tabla 5. Duración del estudio de investigación.....	31
Tabla 6. Control de temperatura (T°) y Humedad Relativa (HR) por semanas.....	34
Tabla 7. Enzimas exógenos utilizadas en la investigación.....	37
Tabla 8. Dieta basal para la investigación en porcentaje, base fresca.....	39
Tabla 9. Contenido nutricional de las dietas en estudio en base seca.....	40
Tabla 10. Descripción de los tratamientos.....	41
Tabla 11. Comparación de medias de peso vivo inicial, peso vivo final(g), ganancia de peso vivo (g) y conversión alimenticia en la fase de crecimiento.....	49
Tabla 12. Comparación de medias de peso vivo final (g), ganancia de peso vivo (g) y conversión alimenticia en la fase de acabado.....	50
Tabla 13. Comparación de medias de ganancia de peso vivo total (g), conversión alimenticia tota y rendimiento de carcasa (%) en la fase de crecimiento y acabado.....	51
Tabla 14. Consumo de alimento en la etapa de crecimiento y acabado.....	55
Tabla 15. Costo de alimentación de los cuyes.....	57
Tabla 16. Mérito económico de la evolución final.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Anatomía digestiva del cuy.....	14
Figura 2. Esquema de la acción enzimática.....	21
Figura 3. Ubicación de la granja Línea Andina.....	29
Figura 4. Estructura del galpón de la granja línea anadina.....	32
Figura 5. Instalación y dimensión de las pozas.....	33
Figura 6. Comederos, bebederos y empleo de las camas.....	33
Figura 7. Preparativos para la recepción de los cuyes.....	83
Figura 8. Pesado de micro insumos laboratorio de nutrición animal.....	84
Figura 9. Preparación de alimento para la investigación.....	84
Figura 10. Acondicionamiento del galpón para la investigación.....	84
Figura 11. Selección de cuyes de la granja del señor Alex Chacma.....	85
Figura 12. Animales en estudio.....	86
Figura 13. Etapa final de la investigación.....	86
Figura 14. Faenado de los cuyes.....	87
Figura 15. Comercialización en la feria de Inquilpata.....	87

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Estadística descriptiva de promedio de peso vivo (g) por tratamiento de los 21, 44, 58, 72 y 86 días de evaluación.....	69
Anexo 2. Estadística descriptiva ganancia de peso vivo (g), en crecimiento, acabado y total.....	70
Anexo 3. Estadística descriptiva de conversión alimenticia por etapas de crecimiento y acabado, por tratamiento.....	71
Anexo 4. Estadística descriptiva para el rendimiento de carcasa por tratamiento en crecimiento y acabado.....	72
Anexo 5. Estadística descriptiva consumo de alimento en base seca par la etapa de crecimiento, acabado y total.....	73
Anexo 6. Análisis de varianza y prueba de Tukey para el peso vivo inicial.....	74
Anexo 7. Análisis de varianza y prueba de Tukey para el peso vivo final en la etapa de crecimiento.....	74
Anexo 8. Análisis de varianza y prueba de Tukey para la ganancia de peso en la fase crecimiento.....	75
Anexo 9. Análisis de varianza y comparación de Tukey para la Conversión alimenticia en la fase de crecimiento.....	75
Anexo 10. Análisis de varianza y prueba de Tukey para el peso vivo final en la fase acabado.....	76
Anexo 11. Análisis de varianza y comparación de Tukey para ganancia de peso en la etapa de acabado.....	77

Anexo 12. Análisis de varianza y comparación de Tukey para la conversión alimenticia en acabado.....	77
Anexo 13. Análisis de varianza y comparación de Tukey para la ganancia de peso total.....	78
Anexo 14. Análisis de varianza y comparación de Tukey para la conversión alimenticia total.....	79
Anexo 15. Análisis de varianza y comparación de Tukey para el rendimiento de carcasa.....	79
Anexo 16. Análisis de varianza y comparación de Tukey para peso vivo de rendimiento de carcasa.....	80
Anexo 17. Análisis de varianza y comparación de Tukey para peso de carcasa.....	80
Anexo 18. Análisis de varianza y comparación de Tukey para consumo de materia seca en crecimiento.....	81
Anexo 19. Análisis de varianza y comparación de Tukey para consumo de materia seca en la etapa de acabado.....	82
Anexo 20. Análisis de varianza y comparación de Tukey para consumo de materia seca total.....	82
Anexo 21. Panel fotográfico de la investigación.....	83

RESUMEN

Se investigó el efecto del uso de tres enzimas exógenas (proteolítica, xilanasa y fibrolítica) en la alimentación de cuyes en un sistema de alimentación mixta en la fase de crecimiento y acabado; se emplearon 125 cuyes machos mejorados de 21 ± 6 días de edad con un peso promedio de 393.99 ± 40.40 g. El periodo de adaptación duró 7 días y 65 días de periodo experimental, los animales experimentales fueron distribuidos en cinco tratamientos con cinco repeticiones y en cada repetición cinco ejemplares; T1: dieta basal (alimento balanceado sin enzima), T2: dieta basal más 0.020% de enzima proteolítica, T3: dieta basal más 0.020% de enzima xilanasa, T4: dieta basal más 0.020% de enzima fibrolítica y T5: dieta basal más 0.060% de complejo enzimático (0.020% de proteolítica, 0.020% de xilanasa y 0.020% de fibrolítica). La inclusión de enzimas no muestran diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) para las variables en evaluación (peso vivo, ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento de carcasa), sin embargo, respecto al consumo de materia seca en la etapa de crecimiento, si se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) siendo el mayor consumo encontrado para el T4 con 1,555.5 g MS y el menor consumo para el T5 con 1,368.3 g MS; el consumo de MS total fue mayor con el T4 ($P < 0.05$). El mérito económico fue mayor con el T2 (46.57%). Se sugiere la incorporación de enzimas, principalmente proteolíticas para mejorar el rendimiento económico en cuyes.

Palabras claves: cuyes, enzima proteolítica, enzima xilanasa, enzima fibrolítica, mérito económico, complejo enzimático.

ABSTRACT

The effect of the use of three exogenous enzymes (proteolytic, xylanase and fibrolytic) in the feeding of guinea pigs in a mixed feeding system in the growth and finishing phase was investigated; 125 improved male guinea pigs of 21 ± 6 days of age with an average weight of 393.99 ± 40.40 g were used. The adaptation period lasted 7 days and the experimental period lasted 65 days. The experimental animals were distributed in five treatments with five repetitions and in each repetition five guinea pig; T1: basal diet (balanced food without enzyme), T2: basal diet plus 0.020% of proteolytic enzyme, T3: basal diet plus 0.020% of xylanase enzyme, T4: basal diet plus 0.020% of fibrolytic enzyme and T5: basal diet plus 0.060 % enzyme complex (0.020% proteolytic, 0.020% xylanase and 0.020% fibrolytic). The inclusion of enzymes does not show significant statistical differences ($P > 0.05$) for the variables under evaluation (live weight, weight gain, feed conversion and carcass yield), however, regarding dry matter consumption in the production stage growth, if statistically significant differences were found ($P < 0.05$) with the highest consumption found for T4 with 1,555.5 g DM and the lowest consumption for T5 with 1,368.3 g DM; Total DM consumption was higher with T4 ($P < 0.05$). The economic merit was greater with T2 (46.57%). The incorporation of enzymes, mainly proteolytic, is suggested to improve performance in guinea pigs.

Keywords: guinea pigs, proteolytic enzymes, xylanase enzyme, fibrolytic enzyme, economic merit, enzyme complex.

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo al reporte de la Encuesta Nacional de Hogares 2016-2021, la población de cuyes en el Perú es de 25,8 millones, representando un crecimiento poblacional de esta especie de 116% anualmente (MINAGRI, 2023). Esto se debe al creciente consumo per-cápita de la carne de cuy de 0.6 kilos en promedio por persona al año (MINAGRI, 2022). Su desarrollo continuo es por el incremento de la demanda local y externa debido a su carne exquisita, excelente calidad nutricional con alto valor biológico y bajo contenido de grasa (Aucapiña y Marín, 2016).

En la actualidad es una de las actividades pecuarias más influyentes en la economía familiar, siendo una producción con mayor impacto y relevancia en el mercado local, regional, nacional e internacional. Sin embargo, esta actividad se ve limitado por los elevados costos y menor aprovechamiento del valor nutritivo del alimento, además, ocasiona bajo rendimiento productivo del animal. Frente a este problema, se vuelve indispensable la búsqueda de estrategias nutritivas y alimentarias que pueden mejorar y optimizar los recursos alimenticios.

La alimentación es uno de los pilares de la producción animal fundamental para lograr el éxito de la producción, ya que, esta representa el 60% a 65% de costo de producción (Ezpinoza, 2008), es a raíz de ello que los especialistas en nutrición y alimentación animal buscan nuevas alternativas para mejorar la eficiencia alimenticia obteniendo una dieta a menor costo y más nutritiva, como el caso de la utilización de enzimas exógenas en la alimentación pecuaria.

El uso de las enzimas como un aditivo en nutrición animal se ha extendido rápidamente en los últimos años generando grandes beneficios en cuanto a la productividad, aunque la aplicación de tecnología de las enzimas es nueva en el mercado para la producción de alimento para los animales (Navarrete, 2002), debido a que mejoran la digestibilidad de los alimentos, siendo utilizado de manera exitosa en otras especies de importancia económica como las aves y porcinos (Adeola y Cowieson, 2011; Munir

y Maqsood, 2013); sin embargo, la efectividad del uso de las enzimas exógenas en cuyes han tenido limitaciones en su evaluación debido a que los pocos estudios realizados han reportado resultados insatisfactorios, a causa de que hasta la fecha no existe una matriz y/o una dosis exacta de utilización de enzimas en las dietas destinadas a estas especies a consecuencia de ello los conocimientos son escasos.

Por lo cual al continuar la evaluación de esta estrategia nutricional representaría una innovación tecnológica para mejorar la eficiencia en los alimentos, considerando además de que los cuyes, al ser herbívoros, requieren el suministro de fuentes fibrosas en su alimentación; por lo que el presente trabajo de investigación tiene como objetivo fundamental evaluar el efecto de tres tipos de enzimas exógenas en la alimentación de cuyes.

II. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

2.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

La alimentación en cuyes está basada principalmente por forrajes, en sistemas tradicionales, sistemas semi-comerciales y comerciales emplean una alimentación mixta y balanceada, a más de una buena formulación de nutrientes en base a sus requerimientos nutricionales en sus diferentes estados fisiológicos del cuy, no todo los nutrientes son aprovechados por el organismos, debido a diferentes factores anti nutricionales y la baja digestibilidad que presentan los insumos (elevados niveles de fibra), esto genera mayor porcentaje de desperdicio de alimento, también aumenta el costo de producción. Por esta razón se tuvo la iniciativa de realizar esta investigación mediante el uso de las enzimas con la finalidad de ver el efecto de las enzimas sobre los parámetros productivos y mejorar la eficiencia económica en la producción. El uso de las enzimas exógenas va teniendo importancia en el mercado en cuanto al alimentación, teniendo una múltiple funcionalidad en la producción, reproducción y productividad pecuaria. Las enzimas exógenas se vienen empleando en otras especies como: aves, porcinos, vacunos, etc., donde muestran resultados satisfactorios para la producción, por los que es necesario probar y comprobar el efecto de las enzimas en la alimentación de cuyes.

2.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La insuficiencia absorción de los nutrientes, carencia de enzimas catalizadoras por parte del organismo y la presencia de los efectos anti nutricionales que poseen los insumos, genera pérdidas económicas y productivas en la producción.

¿Qué efectos tendrá el uso de las enzimas sobre la ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento de carcasa de los cuyes?

¿Será económicamente rentable la utilización de las enzimas en la alimentación de cuyes en la etapa de criamiento y acabado?

III. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

3.1. OBJETIVOS

3.1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del uso de tres enzimas exógenas (proteolítica, xilanasas y fibrolíticas) en la alimentación de cuyes en crecimiento y acabado.

3.1.2. Objetivos específicos

Determinar los parámetros productivos (peso final, ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento de carcasa) de cuyes, utilizando enzimas exógenas biotecnológicas en su alimentación.

Determinar el consumo de alimento con el uso de enzimas exógenas.

Comparar el mérito económico de la utilización de enzimas en la alimentación de cuyes.

3.2. JUSTIFICACIÓN

El creciente incremento de la población urbana y suburbana en estos últimos años, genera una oportunidad de negocio en el sector pecuario, debido a la alta demanda de productos de origen animal de alto valor nutricional como el caso de la carne del cuy, provocando un desequilibrio en la producción dentro del mercado nacional. La carne de cuy en la actualidad ha aumentado significativamente, tanto la demanda en el mercado local, regional, nacional e internacional, todo ello, por la pandemia como un alimento altamente nutritivo y un aliado clave para fortalecer las defensas del organismo y recuperarse después de padecer el COVID-19. Por otro lado, la amplia versatilidad de la carne de cuy con lleva que el consumo se incremente, generando una inestabilidad entre la demanda y oferta.

Con la demanda insatisfecha, los procesos de cambios y elevados costos de los alimentos balanceados, los productores del cuy se ven en la necesidad de buscar alternativas de solución para cubrir la demanda del producto, sin elevar demasiado los costos de producción. En estos tiempos difíciles el costo del alimento incremento de forma insostenible, por lo que resulta de interés buscar alternativas que permitan mejorar la eficiencia en el uso de los nutrientes, como también, la sostenibilidad de la producción de cuyes. Una de las alternativas que cubre estas necesidades del productor, son las enzimas exógenas que incrementan la productividad y reducir los costos de la alimentación.

En la actualidad el mundo afronta una creciente y rápido alza de precio de los insumos alimenticios para la producción agropecuaria debido a los cambios que se vienen produciendo en el ambiente que generan inseguridad en la cadena de producción de alimentos. En base a estas consideraciones existe la necesidad de maximizar la eficiencia en el uso de nutrientes los cuales son cada vez más escasos, siendo una estrategia el uso de las enzimas exógenas, las mismas que ya se encuentran disponibles en el mercado con diferentes objetivos y que ha sido ampliamente evaluadas en la producción de aves y cerdos con resultados satisfactorias en lo

productivo y económico; sin embargo, este tipo de estrategias ha sido poco estudiada en la producción de cuyes, es por ello que, en el presente estudio se evalúa las posibles ventajas productivas y económicas que implica su incorporación en la alimentación de cuyes.

IV. HIPÓTESIS

4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Los usos de las enzimas exógenas con niveles adecuados permitirán que los cuyes tengan mayores ganancias de pesos, mayor velocidad de crecimiento, una conversión alimenticia más eficiente, un mayor rendimiento de carcasa y un mayor ingreso económico.

4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICA

Ho: El uso de enzimas en la alimentación de cuyes no influye sobre la respuesta productiva.

Ha: El uso de enzimas en la alimentación de cuyes influye sobre la respuesta productiva.

V. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

5.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Arce (2022), evaluó tres enzimas exógenas al 0.02% de fitasa, endoxilanasas y xilanasas - α - amilasa, sobre el desempeño productivo (rendimiento de carcasa y conversión alimenticia) del cuy, como también, el costo de alimentación y características organolépticas en cuy crudo y cuy frito, en la etapa de crecimiento y finalización, para lo cual empleó 60 cuyes machos destetados de línea Perú, distribuidos en cuatro tratamientos con 15 animales cada uno, reportando que para el rendimiento de carcasa no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos ($P > 0.05$), mas no para la conversión alimenticia que tuvo una relación estadística ($P < 0.05$), por último, concluye que la adición de enzimas exógenas proporcionadas en el alimento, no tuvieron un efecto en el desempeño productivo del cuy.

Valdez (2019), evaluó dos niveles de complejo enzimático al 0.030% y 0.035% en la dieta integral de cuy sobre los parámetros productivos en las fases crecimiento y acabado, para lo cual utilizó 45 machos de tres a cuatro semanas de edad, divididos en tres tratamientos, de acuerdo a los resultados reportados se encontraron diferencias estadísticas significativas en el peso final y ganancia de peso, con la adición al 0.035% de complejo enzimático, así mismo, para los parámetros productivos de consumo de alimento, conversión alimenticia, rendimiento de carcasa, no se encontraron diferencias estadísticas significativas y el mejor mérito económico demostró el tratamiento con 0.035% de enzimas, finalmente llegando a concluir que a mayor inclusión de nivel de complejo enzimático se alcanza mejores pesos y ganancias de pesos en cuyes.

Abad (2019), evaluó tres tipos de productos enzimáticos al 0.030% de *Nutrased*® (endoxilanasas), *Avyzyme*® (xilanasas, proteasa y amilasa) y *Natuzyme*® (xilanasas, β -glucanasas, manonasa, α - amilasa, fitasa y otras enzimas), sobre el desempeño productivo del cuy en la etapa de crecimiento y acabado, utilizando un sistema de

alimentación mixta, para tal fin, empleó 60 cuyes machos destetados y distribuidos en cuatro tratamientos, el estudio de los variables fue bajo un diseño completo al azar, para la comparación de medias empleó la prueba de Tukey al 0.05 %, al evaluar el incremento de peso, reportó diferencias estadísticas ($P \leq 0.04$) para el tratamiento sin utilización de enzimas, de igual forma, para el consumo de materia seca total ($P > 0.05$) para el tratamiento sin inclusión de enzimas, la conversión alimenticia, rendimiento de carcasa y merito económico no presento diferencias estadísticas significativas, en conclusión señala que no es conveniente el empleo de los productos enzimáticos, empleados, en el alimento balanceado de cuyes.

Romero (2019), evaluó el efecto de la adición de la fitasa bacteriana en la alimentación de cuyes machos sobre los parámetros productivos, para tal fin, se empleó 80 cuyes machos destetados de tipo I, conformados por cuatro tratamientos cuatro repeticiones y cada repetición por cinco unidades experimentales bajo un diseño completo al azar, con respecto a ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia reportó que no existe diferencias estadísticas ($P > 0.05$), sin embargo, para el rendimiento de carcasa se encontró diferencias estadísticas, como también el mejor merito económico fue con la edición de la enzimas, finalmente concluye que la inclusión de fitasa bacteriana en la dieta de los cuyes no tuvo efectos sobre los parámetros productivos.

Puelles (2018), determinó el consumo y digestibilidad de rastrojos de cosecha de yacón, kiwicha y maíz, suplementados con alimento balanceado y el uso o no del complejo enzimático fibrolítico en cuyes machos mejorados de tipo I, para tal fin se utilizó 10 machos adultos distribuidos bajo un diseño completo al azar, con 6 tratamientos y 5 unidades experimentales, reportando que el mayor consumo de materia seca fue con el rastrojo de yacón más alimento balanceado más enzima, la mejor coeficiente de la digestibilidad fue con el rastrojo de maíz más alimento balanceado más enzima y para la proteína cruda fue con el rastrojo de kiwicha más alimento balanceado más enzima, por siguiente, concluye que la adición del complejo

enzimático en el alimento balanceado mostró tener un efecto positivo sobre la digestibilidad y consumo de alimento.

Bernaola (2018), investigó en las instalaciones del programa nacional de cuyes de la INIA la Molina, Lima, Perú, el efecto de la suplementación con dos niveles de producto enzimático (Allzyme Vegpro) en cantidades de 0.01% y 0.02% en las dietas integrales para cuyes en la etapa de crecimiento sobre los parámetros productivos, para tal fin, se empleó 54 machos de línea sintética, distribuidas de forma aleatoria en tres tratamientos, tres bloques y dos repeticiones, bajo un diseño de bloques completamente aleatorizados, al ser evaluados estadísticamente no se encontró diferencias significativas para los parámetros productivos, llegando a concluir que la inclusión del complejo enzimático en la alimentación de cuyes no contribuye en los parámetros productivos.

Sopla (2017), evaluó el efecto de tres niveles de gallinaza (6%, 12% y 18%) más y sin complejo enzimático (0.033% de fitasa, 1,4 beta xilanasas y proteasa) en los parámetros productivos, análisis sensorial y evaluación económica en 40 machos de la línea Perú en etapa de recría, distribuidos en cinco tratamientos, según los resultados estadísticos señala que, para el consumo de alimento hubieron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.01$), mientras para ganancia de peso, conversión alimenticia no se encontraron diferencias estadísticas significativas, como también se obtuvo mejor evaluación económica con el empleo de la gallinaza más complejo enzimático, de esta forma concluye que la utilización de complejo enzimático no mejoró los parámetros productivos en la alimentación de cuyes.

Guerra (2015), analizó tres niveles de β -glucanasa y xilanasas (0.05%, 0.1% y 0.15%) en una dieta mixta (50% *Medicago sativa* y 50% *Lolium perenne* + balanceado) en cuyes, sobre el consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y mérito económico en la etapa de crecimiento y acabado, para tal fin, se emplearon 40 cuyes machos destetados divididos en cuatro tratamientos, los resultados obtenidos según las variables en estudio no fueron significativos ($P > 0.05$) para el peso vivo,

ganancia de peso y conversión alimenticia, sin embargo, existió diferencia estadística en el consumo de alimento en materia seca total, siendo con mayor consumo el tratamiento con mayor inclusión de enzima. El mérito económico más favorable fue con menor inclusión de enzima.

Hurtado (2014) realizó el estudio en Tingo María – Perú, con el objetivo de evaluar la concentración de fósforo y calcio en las heces, desempeño zootécnico e índice económico de cuyes alimentados con ración balanceada comercial con inclusión de fitasa (0.01%), para tal estudio, se utilizaron 25 cuyes machos de línea Perú en la etapa de crecimiento distribuidos en tres tratamientos con ocho repeticiones, según las variables estudiadas no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) para el desempeño zootécnico (ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia) y un mayor mérito económico para el tratamiento que no incluyó la fitasa, finalmente se llegó a concluir que la inclusión de fitasa no mostró efectos ($P > 0.05$) sobre los parámetros productivos, ni sobre el mérito económico.

5.2. EL CUY (*CAVIA PORCELLUS*)

5.2.1. Generalidades e importancia de producción de cuyes en los últimos años

Empezando desde el punto de vista nutricional la carne de cuy tiene un alto valor proteico (20.3%), bajo contenido de colesterol (65 mg / 100 g) y grasa por debajo de 10%, estos datos demuestran de que se trata de una carne saludable y de muy buena calidad, considerando como una carne exótica en el mercado mundial, es por ello, se debe extender el conocimiento de sus propiedades saludables que se fundamentan en su calidad proteica, y con ello la posibilidad de integrarla en las dietas habituales para una alimentación saludable de los consumidores, ya que, es una carne apta para todos los grupos poblacionales (niños, adolescentes, mujeres, deportistas, personas adultas y de la tercera edad) y en diferentes situaciones fisiológicas, además, económicamente es capaz de permitir utilidades comparativamente superiores a las otras actividades pecuarias (Santos, 2007).

El estado peruano promueve proyectos productivos y sostenibles para la crianza de cuy, por medio de las organizaciones no gubernamentales (ONG) y gubernamentales, con el objetivo de brindar una calidad de vida al productor, como también para combatir la lucha contra la anemia y como una medida de seguridad alimentaria (Cresci, 2019). Es por ello que la crianza del cuy es una alternativa para generar negocio, para generar empleo, para disminuir la migración, para combatir la extrema pobreza en el país, especialmente en las zonas rurales (Aybar, 2018).

El cuy tiene grandes cualidades alimenticia y productivas, es así, que la carne contiene altos estándares nutricionales, alto porcentaje de proteína y bajo contenido de grasa, además, el cuy tiene grandes virtudes a diferencia de otras especies monogástricos como: la rusticidad, prolificidad y rentabilidad (Ordoñez, 2003).

5.2.2. Anatomía y fisiología del cuy

El sistema digestivo del cuy es un tubo muscular recubierto internamente por una mucosa que contacta con la luz y varía según la región, adaptada a las diferentes funciones, desde la boca hasta el ano, está compuesto en dos partes, las de cavidad oral como: los dientes, lengua, glándulas salivares, y las de cavidad de los órganos anexos como: el esófago, estómago, intestino delgado, hígado, páncreas, intestino grueso, colon, recto y ano, tal como se ve en la figura 1 (León, 2019).

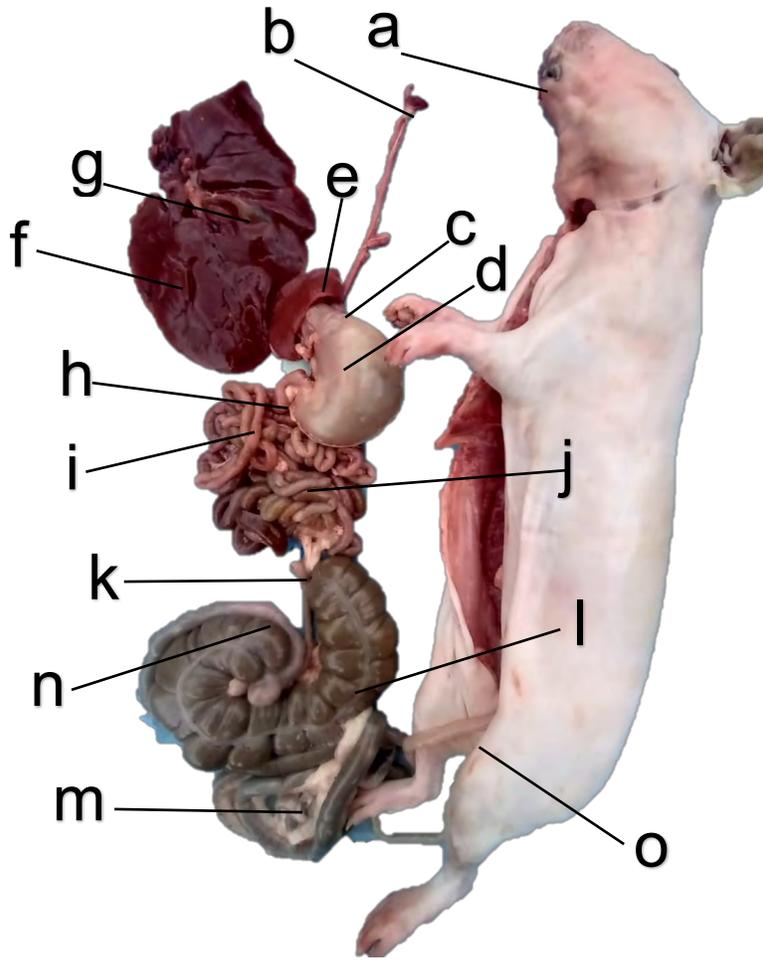
La ingestión del alimento inicia con la masticación de los alimentos de modo que el alimento está finamente molido cuando llega al estómago, donde se inicia la digestión enzimática para luego pasar al intestino delgado y seguir hacia el duodeno donde se secreta la bilis la cual ayuda a la digestión de las grasas, como también la secreción del jugo pancreático que interviene en la digestión de las proteínas, carbohidratos y grasas (Arce, 2016). La ingesta que llega a la parte final del intestino delgado (íleon), ingresan al ciego los alimentos que tienen partículas menores de 0.5 cm de grosor y que contienen carbohidratos digeribles los cuales son digeridos por fermentación bacteriana, los cuyes al tener un ciego funcional, aprovechan la fibra y reutilizan el

nitrógeno (heces), esto principalmente en raciones bajas en proteína, lo cual ayuda a mantener un buen rendimiento productivo de los animales (Chauca, 1997).

El cuy se caracteriza por ser una especie herbívora monogástrica, que realiza, dos tipos de digestión, una enzimática a nivel del estómago, donde la ingesta es muy ligero como también en el intestino delgado, no demora más de dos horas en llegar la mayor parte de la ingesta al ciego, el otro tipo de digestión es el ciego, donde la digestión es lento pudiendo permanecer en él parcialmente por 48 horas, y es ahí donde se realiza la fermentación bacteriana, su actividad mayor o menor depende de la composición del alimento (Gómez y Vergara, 1993).

El cuy tiene un pH de 1.53 en su contenido estomacal y del ciego de 6.63, además el contenido cecal se divide en tres elementos: el alimento, las secreciones digestivas y la microflora bacteriana, los alimentos que pasan a este segmento son principalmente substrato rico en celulosa, proteínas y otros elementos; los productos celulolíticos constituyen la fracción mayoritaria del ciego pues la ausencia de enzimas celulolíticas hace que estas materias lleguen indigestibles a dicho órgano, donde son aprovechados por parte de los microorganismos, que si producen estas enzimas de manera parcial, libera determinados nutrientes que serán luego aprovechados por el animal en un segundo ciclo de digestión (Ramón, 2017).

Según Chauca (1997) define, que la fisiología digestiva estudia los mecanismos que se encargan de proveer nutrientes orgánicos e inorgánicos del medio ambiente al medio interno, para luego ser conducidos por el sistema circulatorio a cada una de las células del organismo. Siendo así, un proceso muy complejo que comprende la ingestión, la digestión, la absorción de nutrientes como el transcurso de los mismos a lo largo del tracto digestivo (Gutiérrez *et al.*, 2020).



Leyenda: donde; a: boca, dientes, lengua y glándulas salivares, b: esófago, c: cardias, d: estómago, e: bazo, f: hígado, g: vesícula biliar, h: páncreas, i: duodeno, j: yeyuno, k: íleon, l: ciego, n: colon m: recto, o: ano

Figura 1. Anatomía digestiva del cuy

5.2.3. Alimentación y nutrición del cuy

La alimentación es uno de los factores impredecibles para el proceso productivo ya que esta representa entre el 60% a 65% de los costos de producción, siendo así, el forraje un alimento base en la alimentación convencional del cuy, además es la fuente principal de vitamina C, sin embargo, el suministro de concentrado en la dieta es importante para aprovechar la precocidad del animal y así obtener los pesos deseados en menor de tiempo posible (Ezpinoza, 2008).

Una alimentación adecuada, técnica y económica consiste en hacer una selección y combinación adecuada de los diferentes nutrientes que tienen los alimentos, con el fin de obtener una eficiencia productiva desde el punto de vista económico y nutricional, para ello, se debe tener las tres condiciones: hacer posible una producción elevada y una vida productiva larga del cuy, asegurar el estado saludable de los animales y de su progenie (Ataucusi, 2015).

La nutrición comprende un complejo procesos fisiológicos y químicos que transforman los compuestos de los alimentos en compuestos del cuerpo del animal o de los productos que el animal produce, los alimentos y el cuerpo de los animales están compuestos por las mismas sustancias químicas: carbohidratos, proteínas, grasas, minerales y vitaminas (Edelman, 2007). Por otro lado la nutrición juega un papel muy importante en toda explotación pecuaria y tener un adecuado conocimiento de la nutrición conlleva maximizar los nutrientes para una mejor producción.

5.2.4. Requerimiento nutricional de cuy

Son las cantidades de todos y cada uno de los nutrientes que el animal necesita ingerir para mantener un estado nutricional, para tener una vida saludable como también precisar algunos nutrientes esenciales para el animal y evitar la aparición del estado carente de nutrientes, el conocimiento de los requerimientos nutricionales del cuy, es de suma importancia para racionar un alimento eficiente y que permitan poder elaborar

raciones balanceadas que logren satisfacer sus requerimientos tanto para su mantenimiento, como el crecimiento, reproducción y producción (Chauca, 1997).

Como en las otras especies la dieta balanceada cumple un papel importante en la nutrición animal, aun mas cuando este roedor tiene grandes virtudes como: la precocidad, prolificidad, rusticidad y económico a diferencia de otras especies de explotación pecuaria, es por ello, el conocimiento de necesidades nutricionales es importante, de manera que las raciones que se suministran contemplen en sus diferentes etapas fisiológicas de cuy (Zuñica y Quisiyupannqui, 1995). En la Tabla 1, se muestra el requerimiento nutricional del cuy, en porcentajes.

Las necesidades nutritivas específicas varían de acuerdo a las etapas fisiológicas: lactancia, crecimiento, reproducción y acabado, como se demuestra en la Tabla 2, las cuales deben cumplir con ciertos nutrientes básicos por cada periodo, entre ellos tenemos la proteína (mantenimiento y formación de tejidos), energía (mantenimiento y terminación), minerales (estructura corporal y procesos fisiológicos) y vitaminas (crecimiento bienestar animal) (Zuñica y Quisiyupannqui, 1995).

Tabla 1. Requerimiento nutricional del cuy

Nutriente	Unidades	NRC (1995)
Energía Digestible	(Kcal/Kg)	3000
Proteína	%	18.0
Fibra cruda	%	15.0
Aminoácidos		
Arginina	%	1.20
Histidina	%	0.36
Isoleucina	%	0.60
Leucina	%	1.08
Lisina	%	0.84
Metionina	%	0.36
Metionina + cistina	%	0.60
Treonina	%	0.60
Triptófano	%	0.18
Valina	%	0.84
Minerales y vitaminas		
Calcio	%	0.80
Fosforo	%	0.40
Magnesio	%	0.10
Potasio	%	0.50
Sodio	%	0.20
Cobre	mg	6.0
Hierro	mg	50.0
Zinc	mg	20.0
Yodo	mg	150.0
Vitamina A	mg	6.6
Vitamina D	mg	0.025
Vitamina E	mg	26.7
Vitamina k	mg	5.0
Vitamina C	mg	200
Niacina	mg	10
Piridoxina	mg	2.0-3.0
Riboflavina	mg	3.0
Tiamina	mg	2.0

Fuente: NRC, (1995)

Leyenda: En porcentaje y cantidades según el alimento ofrecido

Tabla 2. Requerimiento nutricional de cuy de acuerdo a su estado de producción

Nutrientes	Unidades	Etapas			
		Inicio	Crecimiento	Acabado	Gestación/ Lactancia
Energía Digestible	Mcal/kg	3.0	2.8	2.7	2.9
Proteína	%	20.0	18.0	17.0	19.0
Fibra	%	6.0	8.0	10.0	12.0
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
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
Vitamina C	mg/100g	30.0	20.0	20.0	20.0

Fuente: Vergara, (2008)

Leyenda: inicio (1-28 días), crecimiento (29-63 días), acabado (64-84 días)

5.2.5. Aditivos alimentarios

Los aditivos para raciones son insumos utilizados en la nutrición animal como una estrategia para mejorar la calidad del alimento vegetal y animal, el rendimiento y la salud de los animales, por ejemplo, proporcionando una mejor digestibilidad de los materiales del alimento y además demostrar que el aditivo no tiene efectos nocivos para la salud humana y animal ni para el medio ambiente (Fochesato, 2019).

El uso de enzimas como aditivo alimentario se incrementó rápidamente en los últimos 38 años, el motivo por ello las enzimas demuestran varios beneficios, siendo uno de ellos la respuesta positiva sobre el medio ambiente, el beneficio económico y aumento de la digestibilidad de los materiales del alimento, posicionándolo con mayor

frecuencia en la industria de los aditivos alimentarios, sin embargo, aún es necesario ampliar su desarrollo para que estas alcancen su potencial en el mercado, no solo en la parte de la nutrición del animal si no que ejerce una respuesta positiva sobre el medio ambiente (Lopez, 2000).

La utilización de enzimas como aditivos se emplean con la finalidad de facilitar la digestión de algunos nutrientes que algunas especies animales que no son capaces de digerir alimentos con fuentes fibrosas, incrementar la eficiencia en la utilización de los nutrientes que proporciona cada alimento de este modo mejora el valor nutritivo de las materias primas que se utilizan en la preparación de los piensos (Quispe, 2016).

5.3. LAS ENZIMAS

5.3.1. Generalidades

Las enzimas son catalizadores biológicos de origen proteico formadas por una o más cadenas polipeptídicas que posibilitan la coexistencia de un elevado número de reacciones químicas dentro de una célula, están constituidas por un complejo de numerosos tipos de proteínas de elevado peso molecular y especializado (Álvarez *et al.*, 2018).

Las enzimas actúan como catalizadores de reacciones químicas específicas en los seres vivos o sistemas biológicos, la reacción química entre el sustrato y enzima ocurre en una zona llamado centro activo, en el cual existen aminoácidos que su proximidad depende de su estructura de las enzimas, muchas de las enzimas no trabajan solas, se organizan en secuencias, también llamadas rutas metabólicas, y muchas de ellas tienen la capacidad de regular su actividad enzimática (Benjamin, 2011).

Según la reacción química que catalizan se le atribuye los nombres a cada enzima, sustituyendo el final del nombre del compuesto o de la reacción por el sufijo –asa e ina, como la proteasa, lipasa, la papaína, renina pepsina y la tripsina, más recientemente, se ha desarrollado un método sistemático para nombrar las enzimas

(Timberlake, 2011). Generalmente se han establecido seis clases principales de enzimas, que se recogen en la Tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de las enzimas

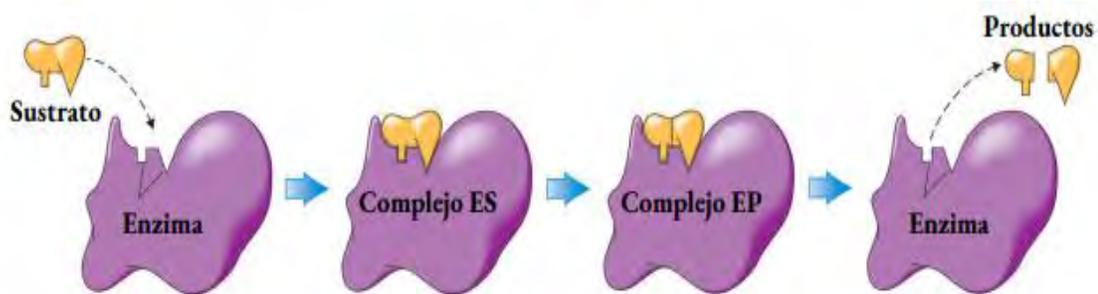
Clase	Reacción – catalizada	Ejemplo
Oxido - reductasa	Reacción de oxidación – reducción	Las oxidasas oxidan, las reductasas reducen, las deshidrogenasas eliminan hidrógenos para formar un enlace doble.
Transferasa	Transferencia de un grupo entre dos compuestos	Las transaminasas transfieren grupos amino, las quinatas transfieren grupos fosfato.
Hidrolasas	Reacciones de hidrólisis	Las proteasas hidrolizan los enlaces peptídicos de las proteínas, las lipasas hidrolizan los enlaces tipo éster de los lípidos, las carbohidrasas hidrolizan los enlaces glicosídicos de los carbohidratos, las fosfatasas hidrolizan los enlaces de tipo éster fosfórico, las nucleasas hidrolizan ácidos nucleicos.
Liasas	Adición o eliminación de grupos a un doble enlace sin hidrólisis	Las carboxilasas añaden CO ₂ (dióxido de carbono), las desaminasas eliminan NH ₃ (amoníaco).
Isomerasas	Reorganización de los átomos de una molécula para formar un isómero	Las isomerasas convierten las formas cis en trans o a la inversa, las epimerasas convierten isómeros D en L y viceversa
Ligasas	Forman enlaces entre las moléculas empleando la energía del ATP (adenosín tri fosfato)	Las sintetatas enlazan dos moléculas.

Fuente: Timberlake, (2011)

5.3.2. Acción de las enzimas

La acción de las enzimas se caracteriza por la formación de un complejo enzima – sustrato, en el sitio conocido como el centro activo, que es una pequeña porción de la enzima, constituido por una serie de aminoácidos que interaccionan con el sustrato y esta, se une a la enzima a través de numerosas interacciones débiles como ser: puentes de hidrógeno, electrostáticas, hidrófobas, etc. para ejercer su actividad las enzimas requieren, a menudo, de moléculas auxiliares, como los cofactores y las coenzimas (Coto, 2008).

Las enzimas en su mayoría son proteínas globulares, cada uno de ellas tienen en particularidad tridimensional única que les permite reconocer y unirse a un grupo limitado de moléculas reactivas, que se denominan sustrato; toda las enzimas tienen una región donde se une el sustrato llamado sitio activo, es ahí donde se produce la reacción enzimática, formando un complejo enzima sustrato, esta combinación de la enzima a con el sustrato proporciona un camino alternativo con un contenido menor de energía para que se produzca la reacción, una vez que la reacción ha tenido lugar, los productos son liberados por las enzimas y otra vez unirse a una nueva molécula de sustrato, como se observa en la figura 2 (Timberlake, 2011).



Fuente: Paysandú, (2020)

Leyenda: Donde; Complejo ES: Complejo Enzima Sustrato; Complejo EP: Complejo Enzima Producto

Figura 2. Esquema de la acción enzimática

5.3.3. Clasificación de las enzimas

Las enzimas se clasifican en dos grandes grupos, según: su función y origen

5.3.3.a. Clasificación según su función

Según su función que desempeña en el organismo del animal, las enzimas se clasifican en tres grupos.

Digestiva. Son las llamadas enzimas endógenas que permite que el organismo aproveche eficazmente los nutrientes del alimento que conforma la dieta (Eroski, 2003).

Metabólica. Estas enzimas se producen dentro de las células del cuerpo y contribuyen a la eliminación de sustancias de deshecho y tóxicas, como también, son las que intervienen en procesos de obtención de energía, la regeneración de las células y en el buen funcionamiento de nuestro sistema inmunológico (Eroski, 2003).

Dietética o enzimas de alimento. Son las que forman parte de la composición de alimentos crudos, favoreciendo los procesos digestivos y el funcionamiento de las otras enzimas (Eroski, 2003).

5.3.3.b. Clasificación según su origen

Enzimas endógenas. Son secretadas y producidas por el propio organismo del animal a lo largo del tracto digestivo, como parte del proceso de alimentación y digestión (Paulino, 2018). Los rumiantes presentan una mayor eficiencia digestiva que los monogástricos, fundamentalmente cuando se incluyen ingredientes con un elevado contenido en fibra (Pérez, 2006).

Enzimas exógenas. Son aquellas que no pertenecen al sistema digestivo endógeno del animal que se incorporan en el alimento como aditivos (Rojo *et al.*, 2007). Estas enzimas se obtienen desde el cultivo de microorganismos como hongos, levaduras y bacterias mediante procesos fermentativos (Paulino, 2018). En su mayor parte de los

complejos enzimáticos comerciales tienen un origen bacterial (*Bacillus sp.*), o fúngico (*Aspergillus sp.*), los cuales aseguran usar la fracción de polisacáridos no amiláceos presentes y eliminar los factores anti nutricionales (Quispe, 1999). Como se señala en la Tabla 4, los diferentes tipos de enzima con sus respectivos sustratos.

Tabla 4. Tipos de enzimas alimentarias, sustrato y materias primas

Enzima	Sustrato	Materia Prima
β- glucanasa	β-glucanos	Cebada, avena y centenos.
Xilanasas	Arabinosilanos	Trigo, centeno, críticale, cebada, fibra vegetal
α-galactosidasas	Oligosacáridos	Harina de soya y leguminosas de grano
Fitasas	Ácido fítico	Todos los alimentos de origen vegetal
Proteasas	Proteínas	Todas las fuentes de proteína vegetal
Amilasas	Almidón	Granos, cereales y lípidos
Lipasas	Lípidos	Suplemento lipídicos y lípidos
Manonasas celulosas, hemicelulosas, pectinas	Pared celular (compuestos fibrosos)	Materia prima de origen vegetal.

Fuente: Ravindran, (2010)

5.3.4. Tipos de enzima incluidas en la dieta de los cuyes

La utilización de enzimas exógenas es muy difundida en las especies de aves y porcinos, su aplicación es menor en rumiantes y existe escasa información en cuyes (Abad, 2019).

5.3.4.a. β -glucanasa

Las β -glucanasas son enzimas que hidrolizan los enlaces O - glucosídicos de las cadenas de β -glucanos de la pared celular de fitopatógenos como *Scerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani* y *pythium sp* (Gonzales *et al.*, 2011). La pared celular de los vegetales está compuesta por β -glucanos las cuales son hidrolizados por las enzimas β -glucanasas, por tanto, las β -glucanasas se utilizan con la finalidad de incrementar la digestibilidad de algunos polímeros que son parte de la estructura de los ingredientes de los piensos, naturalmente esta enzima es utilizada en una asociación con otras carbohidrasas con la finalidad de incrementar la eficacia en la alimentación animal (Quispe, 2016).

5.3.4.b. Xilanasa

Es una enzima que ayuda fraccionar los enlaces (β -1,4) de estructura de los arabinoxilanos presentes en las paredes celulares, que hidrolizan el polisacárido D-xilano a D-xilosa (Solá, 2019). Su mecanismo de acción es romper los enlaces glicosídicos de la cadena principal de las moléculas, en este proceso, se liberan nutrientes que son absorbidos y aprovechados por el animal (Ponce y Pérez, 2002).

El xilano en los monogástricos viene a ser una fuente dietética que está limitada por la falta de enzimas intestinales para degradar este material en azúcares simples, por lo tanto, el aprovechamiento de este polisacárido en estos animales puede mejorarse con la introducción de las enzimas xilanasas (Quispe, 2016). Su aplicación es útil para las diferentes variedades de cereales como: trigo, cebada, mazorcas de maíz y otros granos y alimentos difíciles de digerir (Biosystems, 2022).

5.3.4.c. Fitasa

Las fitasas son parte de un subgrupo de enzimas de la familia de las fosfatasas ácidas, las cuales, son del tipo hidrolasas que actúan rompiendo los enlaces fosfomonoéster degradando los fitatos a mioinositol hexafosfato y fósforo inorgánico (Neira *et al.*, 2023). La fitasa es una de las enzimas que degrada el ácido fítico, que es el mayor componente del fosforo orgánico en los cereales y leguminosas, son procedentes de microorganismos como: hongos, levaduras y bacterias (*Aspergillus*, *Saccharomyces* y *Peniophora*, *Bacillus*, *Enterobacter* y *Pseudomonas*) (Frontela *et al.*, 2008).

Los cereales son mayores ingredientes de interés zootécnico para el uso de los alimentos hasta la fecha, sin embargo, estas materias primas contienen, diversos niveles de factores antinutricionales, entre los que destaca el ácido fítico, que disminuye la biodisponibilidad del fósforo y otros nutrientes, debido a estos factores la industria está interesada en la optimización y la mejora de fitasas incorporadas en la alimentación animal y obtener altos rendimientos, disminuir los costos de producción (Neira *et al.*, 2023). Al incluir fitasa exógena al alimento se hace disponible el fósforo (entre 15 y 25% del total), disminuyendo el requerimiento de fósforo inorgánico agregado a la ración, como también, el costo del balanceado, la fitasa hasta la fecha es un ingrediente infaltable, gracias a su demostrada eficiencia a nivel nutricional y económico (Torero, 2005).

5.3.4.d. Proteasas

Las proteasas sintéticas, también conocidos proteinasas y peptidasas, comprenden dos grandes grupos de enzimas: las endopeptidasas y las exopeptidasas, las mismas que se encargan de romper las uniones peptídicas y remueven secuencialmente aminoácidos desde el N-terminal o C-terminal, favoreciendo su digestión y absorción (Llerena, 2011). Su acción realiza de dos formas, por medio de una proteólisis limitada (ruptura de aminoácidos específicos, sin llegar a destruir toda la proteína), o de una

proteólisis ilimitada en el caso de hidrolizar completamente las proteínas llegando a aminoácidos (Álvarez, 2019).

Las enzimas proteasas intervienen en la reacción metabólica, siendo su función principal facilitar la digestión de las proteínas que contienen los alimentos, su actividad en el tracto digestivo, es complementar a la acción de las proteasas digestivas secretadas por los páncreas, mejorando la digestibilidad de las proteínas ingeridas, entre las proteasas más conocidas se tiene a las tripsinas, quimotripsinas, colagenasa, elastasa y carboxipeptidasa (Martínez *et al.*, 2010).

5.3.4.e. Amilasas

Es una enzima que ayuda a descomponer los carbohidratos y los almidones en azúcares simples, produce principalmente en el páncreas y las glándulas salivales, cataliza una reacción de hidrólisis los carbohidratos y almidones en la digestión, culmina con la creación de azúcares simples para permitir la absorción y aprovechamiento de los mismos (Quispe, 2019).

5.3.5. Factores físico - químicos que afectan la actividad enzimática

Existen factores que de una forma u otra pueden afectar la velocidad de una reacción enzimática; entre ellos tenemos la concentración de enzima, la concentración de sustrato, el pH, la temperatura y las radiaciones (Alvia *et al.*, 2018).

5.3.6. Importancia de la suplementación enzimática

En los últimos años el uso de las enzimas sintéticas tiene una importancia específica, incrementar la eficiencia en la utilización de los nutrientes que proporciona cada alimento, estas se incluyen en la dieta para mejorar el valor nutricional de los ingredientes de alimento balanceado, mejoran la salud, el bienestar y el desempeño animal, y reducir la excreción de los nutrientes al medio ambiente, resulta en última instancia en bajar los costos de alimentación de una manera sostenible (Mckinney, 2021).

Paulino (2018), señala los beneficios de las enzimas en la dieta, como la reducción de costos de los insumos alimenticios, mejorar la salud intestinal, disminuyendo sustratos que alimentan bacterias patógenas al final del intestino y aportando mananos-oligosacaridos (MOS), y fructos-oligosacaridos (FOS) de la digestión de los polisacáridos no amiláceos para alimentar la flora benéfica (*Lactobacillus* y *Bifidobacterias*), por último, reduce la contaminación ambiental.

El beneficio de adicionar las enzimas en la dieta es mejorar la digestibilidad de los nutrientes del alimento, inactivación y/o destrucción de determinados factores anti nutricionales, aumento de la digestibilidad de los polisacáridos no amiláceos (Durán, 2012).

5.3.7. Uso de las enzimas en la nutrición animal

Para el empleo de las enzimas se debe tener en cuenta los siguientes factores, como el tipo y la cantidad de cereales de la dieta, la presencia de factores anti nutricionales, la especie, edad del animal, las enzimas producidas por parte de animal son insuficientes, especialmente en las raciones utilizadas en crías que contienen elevadas concentraciones de nutrientes, en particular de proteína, por lo que se necesitan grandes cantidades de enzimas para digerirlos (Orpí, 2021).

La utilización de aditivos enzimáticos en la nutrición animal constituye una alternativa sostenible para elevar el aprovechamiento de los nutrientes empleados, sus empleos mejoran indicadores productivos durante la crianza, y facilitar la incorporación de nuevas fuentes alternativas a las raciones destinadas a los animales (Cuban, 2019). La adición de las enzimas en las dietas es una herramienta clave para obtener mayor cantidad de energía de los alimentos balanceados que actualmente se utilizan en la alimentación animal y a través de su utilización impulsa la producción de alimentos de origen animal para satisfacer su actual y futura demanda (Rojó *et al.*, 2007).

En la actualidad se están utilizando enzimas endógenas y exógenas para mejorar la digestibilidad de los alimentos que son ofrecidos a los animales poligástricos, monogástricos y algunas especies acuícolas, algunos experimentos realizados con estos tipos de especies, han mostrado resultados satisfactorios en la digestibilidad y el crecimiento de los animales, además de reducir considerablemente los costos de producción haciendo más atractiva la explotación de estas especies (Moral *et al.*, 2015).

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente estudio de investigación se ejecutó en la granja Línea Andina, ubicado en la comunidad campesina Urinsaya Parccotica del distrito Chinchaypujio, provincia de Anta y región Cusco (figura 3), según SENAMHI, en el mes de mayo – agosto cuenta con un clima templado, con una temperatura máxima de 19.6 °C a 20.1 °C y una mínima de 1.5 °C a 3.5 °C.



Fuente: Google Earth, (2023)

Figura 3. Ubicación de la granja Línea Andina

6.1.1. Ubicación política

Región : Cusco
Provincia : Anta
Distrito : Chinchaypujio
Lugar : Comunidad Campesina Urinsaya Parccotica

6.1.2. Ubicación geográfica

Longitud : 72°14'58.43" oeste
Latitud : 13°34'24.35" sur
Altitud : 3452 msnm.

6.1.3. Ubicación hidrográfica

Cuenca : Apurímac
Sub cuenca : Chequemayo

6.2. DURACIÓN DEL ESTUDIO

El presente estudio de investigación tuvo una duración de seis meses, y se desarrolló durante los meses de mayo a julio del 2023, según se detalla en la Tabla 5.

Tabla 5. Duración del estudio de investigación

Actividades	Desarrollo	Duración
Etapa pre – experimental		
Acondicionamiento del galpón	Preparación del galpón de cuyes para la recepción, implementación de materias y acondicionamiento de comederos y bebederos, diseño y planificaciones los tratamientos.	90 días
	Desinfección del galpón y de los materiales equipos útiles para el estudio.	
Etapa Experimental		
Periodo adaptación	Adaptación de los animales al nuevo galpón	7 días
Periodo experimental	Evaluación de parámetros productivos	65 días

6.3. INSTALACIONES

El presente estudio de investigación se realizó en las instalaciones de un galpón de cuyes de la granja “Línea Andina” (figura 4), el galpón tuvo las siguientes medidas:

Largo : 20 m

Ancho : 6 m

Altura al mojinete : 3 m

Altura a la pared : 2.50 m

Estructura : Material noble y rollizos

Techo : Calamina de 3.60 m x 0.80 m x 0.22 mm y calamina translúcida de 1.8 m x 0.80 x 0.22 mm



Figura 4. Galpón de cuyes de la granja Línea Andina

El galpón cumplió con las condiciones técnicas para una óptima producción de cuyes con adecuada ventilación y luminosidad, para la investigación se utilizó un área de 10 m de largo y 6 m de ancho, abarcando 25 pozas con las dimensiones (1.50 m x 1.00 m x 0.35 m) como se aprecia en la figura 5, debidamente diseñadas y construidas con listones de madera y malla galvanizado electrosoldada de 3/8, tiene la capacidad de albergar cinco cuyes machos y contaba con un comedero tipo tolva de color rojo con capacidad de 5 kg, bebederos artesanales de materia de arcilla con capacidad de un litro.

Todas las pozas estaban debidamente codificadas por los tratamientos. Antes de comenzar el trabajo experimental, las pozas fueron debidamente limpiadas y desinfectadas, como medida de prevención se aplicó desinfectante (SVD)[®] con una pulverizadora, dejándola secar por tres días; para finalmente tratarlas con una capa de cal. Por último, se empleó la cascarilla de arroz para la cama de los cuyes, con el fin

de evitar la humedad y las bajas temperaturas entre el suelo y animal, como se muestra en la figura 6.

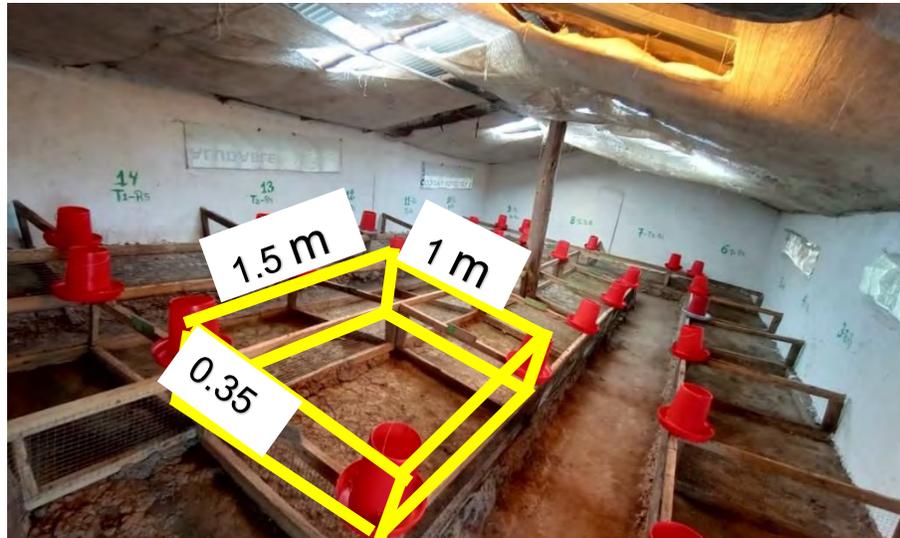


Figura 5. Instalación y dimensión de las pozas



Figura 6. Comederos, bebederos y empleo de las camas

El manejo del ambiente interno del galpón; como la temperatura y la humedad relativa se realizó de forma diaria, utilizando dos termohigrómetros (marca Boeco, modelo Boe-327; ISOLAB Laborgerate GmbH). En la Tabla 6 se observa el promedio de la temperatura y humedad relativa por semanas.

Tabla 6. Control de temperatura (T°) y Humedad Relativa (HR) por semanas

Etapas	Semanas	T° del Galpón (°C)	HR (%)
Crecimiento	0 a 3	16.5	62
	3 a 5	17	54
	5 a 7	17	54
Acabado	7 a 8	18	56
	8 a 9	17	53
Promedio de temperatura		17.1	55.8
Mínimo de temperatura		17	53
Máximo de temperatura		18	62

6.4. MATERIALES Y EQUIPOS

6.4.1. Materiales y equipos de granja

- **Balanza analítica:** Balanza de precisión electrónica, con 1 g de precisión con una capacidad de 10000 x 1g/ 353 oz x 0.1oz.
- **Productos veterinarios:** Antibiótico (enrofloxacina 10%), antiparasitario (fipronil)
- **Indumentarias:** Mameluco, botas, guantes, gorras, barbijo.
- **Cámara digital:** Para fotografiar el avance del trabajo.
- **Materiales de limpieza:** Escoba, recogedor, carretilla, pala, rastrillo.
- **Comederos:** Tipo tolva con capacidad 5 kg, 25 unidades.
- **Bebederos:** Tipo artesanal de materia arcilla, 25 unidades.
- **Materiales de escritorio:** Lapicero, tarjador, borrador, cuadernos, marcador, registros, laptop.

- **Materiales de desinfección:** Glutaraldehído y dimetil cocobenzil cloruro de amonio, cal y amonio cuaternario
- **Jabas de transporte:** Material para transportar a los animales.
- **Jabas de manejo:** Material para realizar el manejo de los animales.
- **Calefactores artesanales:** Material para generar calor a base de carbón.

6.4.2. Materiales y equipos de laboratorio

- **Materiales de auxilio:** Recipientes de aluminio, brochas de limpieza, alcohol, papel toalla y espátulas
- **Equipos de protección personal:** Guantes quirúrgicos, mascarilla, gorra y mandil
- **Balanza:** De precisión marca: Sartorius, modelo: Practum 1102-1S, capacidad 1,100 g, precisión 0.01 g.
- **Termohigrómetro:** ISOLAB Laborgerate GmbH.
- **Estufa:** De convección forzada, marca: Binder, modelo: FED720, serie: BI00920.
- **Espectrómetro NIR:** marca: Perten instrument, modelo: DA 7250 NIR.

6.5. MATERIAL BIOLÓGICO.

En el presente estudio de investigación se emplearon 125 cuyes mejorados de línea mejorado, procedentes de la comunidad Villa del Carmen distrito Cachimayo, provincia Anta, región Cusco, los cuyes contaban con las siguientes características:

Tipo por su forma de pelaje	:	I
Tipo por su conformación	:	A
Línea	:	Mejorados cárnicos
Sexo	:	Machos
Edad	:	21 días, \pm 6 días

Peso promedio : 393.99 g \pm 40.4 g

Los animales fueron distribuidos bajo un diseño completo al azar, en 25 pozas, contemplando cinco cuyes por poza, obtenido así cinco tratamientos, con cinco repeticiones y cada repetición con cinco unidades experimentales, la etapa de crecimiento se consideró 37 días desde el destete y la etapa de acabado 28 días desde el crecimiento, tenido un total de periodo de investigación de 65 días, logrando una edad de 86 días desde el nacimiento hasta el benéfico.

6.6. PRODUCTOS EVALUADOS (ENZIMAS)

Las enzimas utilizadas fueron obtenidas de la empresa ProPremix Nutricion S.R.L.; Las enzimas se describen en la Tabla 7.

Tabla 7. Enzimas exógenos utilizadas en la investigación

Nombre comercial	Enzima	Sustrato	Indicación	Dosis
<i>RONOZYME® ProAct</i>	Proteasa	Proteínas	Mejora la digestibilidad de la proteína, asegura una disponibilidad mayor de aminoácidos para el animal y optimiza el costo del alimento, su utilización también reduce la excreción de nitrógeno y el impacto que ejerce la producción animal sobre el ambiente, su empleo es recomendable principalmente en las dietas basada en maíz y soja (DSMproteasa, 2012).	200g por tonelada de alimento
<i>RONOZYME® WX</i>	Xilanasa	Arabinosilanos y xilanos	Sus características incluyen la estabilidad térmica excepcional, un amplio rango de pH y actividad altamente consistente. Estas características permiten que sea una enzima única para polisacáridos no almidones (PNA) en dietas a base de maíz y dietas que, pueden incluir subproductos de cereales (DSMproteasa, 2012).	150g a 200g por tonelada de alimento
<i>FEED SOLUTIONS</i>	Fibrolítica	Fracciones fibrosos	Mejora la digestibilidad de las fuentes fibrosos, mejoran en la palatabilidad de las raciones, cambio en la viscosidad intestinal y cambios en el sitio de la digestión.	No muestra su dosificación

Fuente: DSM nutritional products, (2012)

6.7. DIETAS EXPERIMENTALES

Para el presente trabajo de investigación se realizó la formulación de las dietas con el programa de formulación MIXIT, considerando una dieta experimental (dieta basal) para cada fase (crecimiento y acabado), a esta dieta basal se añadió las cantidades de enzimas correspondientes las mismas señaladas en la Tabla 8.

Los cuyes fueron alimentados bajo el sistema de alimentación mixta, en sus cinco tratamientos, considerando forraje en base fresca de 150 g en la etapa de crecimiento y acabado, por tratamiento, así mismo el alimento balanceado fue suministrado por día de forma *ad libitum*.

La base forrajera como el ryegrass italiano y trébol rojo, se suministró en todo el periodo de tratamiento de los cuyes, la misma fue instalada en el lugar de experimento, el corte se realizó antes de la floración con una altura de 60 a 80 cm del suelo, el suministro de forraje fue con la finalidad de cubrir los requerimientos de vitamina C. Los insumos alimenticios para la elaboración de la dieta balanceada fueron los mencionados en la Tabla 8 y en la Tabla 9 su respectiva composición nutricional evaluados por espectrómetro NIR.

Tabla 8. Dieta basal para la investigación en porcentaje, base fresca

Ingredientes	Crecimiento (%)	
	21 – 58 días	58 – 86 días
Maíz Molido amarillo duro	30.00	30.00
Cebada	25.45	24.01
Alfalfa	22.69	12.94
Torta de soya	17.69	17.90
Afrecho de trigo	0.00	12.95
Aceite de soya	1.29	0.17
Carbonato de Calcio	1.035	1.196
Fosfato dicálcico	0.747	0.077
Sal	0.168	0.088
DI-Metionina	0.116	0.027
Lisina	0.144	0.000
Bicarbonato de sodio	0.349	0.322
Premix	0.200	0.200
Colina	0.100	0.100
Enzimas	0.020	0.020

Tabla 9. Contenido nutricional de las dietas en estudio en base seca

Nutrientes	Crecimiento (%)	Acabado (%)
	21 – 58 días	58 – 86 días
Materia seca (%)	89.73	89.35
Proteína cruda (%)	18.14	17.75
Grasa cruda (%)	3.8	3.4
Fibra cruda (%)	6.37	6.17
Extracto libre de nitrógeno (%)	55.28	57.05
Cenizas (%)	7.20	6.57
Energía digestible (Mcal/kg)	2.80	2.90
Lisina (%)	0.960	0.846
Arginina (%)	1.05	1.10
Metionina (%)	0.40	0.31
Metionina + cistina (%)	0.68	0.60
Triptófano (%)	0.33	0.29
Treonina (%)	0.69	0.67
Glicina – serina (%)	1.62	1.60
Histidina (%)	0.41	0.42
Isoleucina (%)	0.75	0.73
Leucina (%)	1.42	1.42
Fenilalanina (%)	0.86	0.85
Fenilalanina – tirosina (%)	1.55	1.54
Valina (%)	0.87	0.86
Fósforo total (%)	0.79	0.77
Calcio (%)	1.17	1.15
Sodio (%)	0.20	0.15
Potasio (%)	0.52	0.66
Cloro (%)	0.20	0.16
Sodio+ potasio + cloro (mg)	145.31	173.88

Leyenda: Evaluados por el espectrómetro NIR

6.8. TRATAMIENTOS

Los tratamientos utilizados en la investigación resultaron de la combinación de los factores en estudio (administración de diferentes enzimas), considerando cinco tratamientos, con cinco repeticiones y cada repetición con cinco animales, en un sistema de alimentación mixta (forraje más alimento balanceado), como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. Descripción de los tratamientos

Tratamientos	Dieta experimental
(T1) Dieta basal (alimento balanceado sin enzima)	Pasto (asociación de ryegrass italiano (<i>Lolium multiflorum</i>) más trébol rojo (<i>Trifolium pratense</i>) 150 g/tratamiento/día) + alimento balanceado sin enzimas exógenos.
(T2) Dieta basal más 0.020% de enzima Proteolítica	Pasto (asociación de ryegrass italiano (<i>Lolium multiflorum</i>) más trébol rojo (<i>Trifolium pratense</i>) 150 g/tratamiento/día) + alimento balanceado con 0.020% de enzima proteolítica.
(T3) Dieta basal más 0.020% de enzima xilanasa	Pasto (asociación ryegrass italiano (<i>Lolium multiflorum</i>) más trébol rojo (<i>Trifolium pratense</i>) 150 g/tratamiento/día) + alimento balanceado con 0.020% de enzima xilanasa.
(T4) Dieta basal más 0.020% de enzima Fibrolítica	Pasto (asociación de ryegrass italiano (<i>Lolium multiflorum</i>) más trébol rojo (<i>Trifolium pratense</i>) 150 g/tratamiento/día) + alimento balanceado con 0.020% de enzima fibrolítica.
(T5) Dieta basal más 0.060% de complejo enzimático (0.020% de proteolítica + 0.020% de xilanasa + 0.020% de fibrolítica)	Pasto (asociación de ryegrass italiano (<i>Lolium multiflorum</i>) más trébol rojo (<i>Trifolium pratense</i>) 150 g/tratamiento/día) + alimento balanceado con 0.060% de complejo enzimático (0.020% de proteolítica + 0.020% de xilanasa + 0.020% de fibrolítica).

6.9. MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en dos etapas: la etapa de adaptación y la etapa de experimental.

6.9.1. Variables en estudio

6.9. 1.a. Variables independientes

El alimento balaceado con inclusión de tres diferentes enzimas en las cantidades de 0.020% de enzima proteolítica, 0.020% de enzima xilanasa, 0.020% de enzima de fibrolítica y 0.060% de complejo enzimático (0.020% de proteolítica, 0.020% de xilanasa y 0.020% de fibrolítica).

6.9.1.b. Variables dependientes

- Peso vivo.
- Ganancia de peso.
- Consumo de alimento
- Conversión de alimenticia.
- Rendimiento de carcasa.
- Costos económicos.

6.9.2. Manejo de los animales

Es un proceso donde se realizó la instalación, el adiestramiento, acostumbramiento, aclimatación y la preparación de los animales en estudio, que tuvo una duración de siete días antes de la etapa experimental, todo ello, para su adaptación a las nuevas condiciones de manejo y alimentación. El suministro de las dietas experimentales se realizó de manera progresiva incrementado de manera proporcional hasta llegar al 100% de la misma (100% forraje, 75% forraje/25% dieta experimental, 60% forraje/40% dieta experimental, 50%forraje/50% dieta experimental, 40% forraje/60% dieta experimental, 25% forraje/75% dieta experimental, 100% dieta experimental). En

la etapa experimental los animales solo fueron manipulados para evaluar el registro de peso semanal.

6.9.3. Sanidad

El manejo sanitario principalmente se realizó en la etapa pre-experimental, con el uso de los productos veterinarios, entre ellos, fipronil al 10% es un antiparasitario externo para el tratamiento y prevención de ácaros, piojos y pulgas, se aplicó una dosis referencial de 1 ml/Kg de peso corporal (dos gotas por cuy), por la vía tópica sobre la parte dorsal del animal, como también, la prevención contra la enfermedad salmonela y otros agentes patógenos, se utilizó la enrofloxacin al 10% por la vía oral, con una dosis una gota por animal equivalente a 0.1 ml/Kg de peso vivo.

6.9.4. Alimentación y suministro de agua

Durante todo el periodo de investigación, la alimentación fue uno de los pilares importantes para lograr los resultados satisfactorios, por ende, se suministró el alimento balanceado todos los días de forma *ad libitum*, teniendo como referente el consumo del día anterior y el 6% del peso vivo del animal, en todo el proceso en un tiempo predeterminado entre las 7:30 a.m. hasta 8:30 a.m., se ofreció un alimento limpio y fresco en comederos de plástico tipo tolva de 5 Kg. El sistema de alimentación mixta fue con uso de forraje verde asociado de ryegrass italiano más trébol rojo en los cinco tratamientos, suplementados con 150 g por repetición. Diariamente se sacaron las heces que pudieron haberse depositado dentro los comederos, para evitar la contaminación del alimento y la toma de datos erróneos al momento de evaluar.

El suministro de agua fue *ad libitum*, se ofreció agua clorada limpia y fresca. El recambio del agua fue en tres tiempos uno en la mañana a 8:30 a.m., luego a 12:00 p.m., por último 7:00 p.m., el material utilizado fue los recipientes de material arcilla, la desinfección de los bebederos artesanales de arcilla fue diario, ya que, en este tipo de bebederos existe mayor contaminación de bacterias.

6.9.5. Evaluaciones

6.9.5.a. Peso vivo

Las evaluaciones se realizaron de acuerdo a la edad del cuy primero a los 21 días, 44 días, 58 días, 72 días y finalmente a los 85 días de edad (Anexo 1), donde se determinó la ganancia de peso vivo en los animales del experimento. Las evaluaciones (pesaje) de los animales se realizaron a la misma hora (8:30 a.m.) en estado de ayuna, suprimiendo el alimento 12 horas antes.

6.9.5.b. Ganancia de peso vivo

El incremento de peso vivo, se evaluó al final de cada fase (crecimiento 37 días y acabado 28 días y ganancia de peso vivo total 65 días). El incremento de ganancia de peso vivo es el resultado de diferencia del peso vivo final y de peso vivo inicial de la unidad experimental. Se determinó con la siguiente formula:

$$\text{Ganancia peso, g} = \text{Peso final, g} - \text{Peso inicial, g}$$

6.9.5.c. Consumo de alimento

El pesado de alimento ofrecido y rechazado se realizó todos los días a las 7:00 a.m.; Empleando para ello la siguiente relación:

$$\text{Consumo alimento, g} = \text{Alimento ofrecido, g} - \text{Alimento rechazado, g}$$

6.9.5.d. Conversión alimenticia

Se determinó a partir del consumo y la ganancia de peso observadas en los diferentes tratamientos y para el ciclo completo, empleando para ello la siguiente relación:

$$\text{C.A.} = \text{Alimento consumido, g} / \text{Ganancia de peso, g}$$

6.9.5.e. Rendimiento de carcasa (R.C.)

El rendimiento de carcasa se realizó al culminar del estudio, para ello se seleccionó al azar 10 cuyes por tratamiento. Los animales estuvieron en ayunos 12 horas antes para el beneficio. La carcasa incluye piel, cabeza y extremidades, para la determinación de este parámetro se usó la siguiente fórmula:

$$\text{R.C. (\%)} = (\text{Peso de la carcasa, g} / \text{peso vivo en ayunas g}) \times 100$$

Para determinar el rendimiento de la carcasa se realizó el faenamiento de los animales utilizando el método de faenado.

- **Recepción y Pesado.** Los cuyes tuvieron un proceso de ayuno de 12 horas, lo que permite que el tracto intestinal esté con menor contenido y con una menor carga de bacterias entéricas. Fueron debidamente identificados por tratamiento y libre de enfermedades.
- **Aturdimiento.** Operación que consistió en desnucar al animal provocándole una insensibilidad.
- **Desangrado.** Se realizó en la posición vertical para favorecer la sangría, con un objeto punzante dejando al animal que tenga el sangrado completo hasta la muerte.
- **Escaldado.** Se sometió al agua caliente a 65°C a 80°C por 5 segundos aproximadamente dependiendo al fácil desprendimiento del pelo y luego se realizó el cambio a agua fría, se escurrió y se empezó a depilar.
- **Pelado.** Consistió en eliminar los pelos de la carcasa sin dañar la piel.
- **Eviscerado.** Es donde se retiró los órganos internos rojos y blancos del cuy beneficiado.
- **Oreado de la carcasa.** Se realizó para lograr una carne con sus características organolépticas, haciendo pasar los procesos físico-químicos sufre la carne (rigor mortis) y posteriormente su venta y consumo.

6.9.5.f. Mérito económico (M.E.)

La retribución económica de las dietas se evaluó, mediante la diferencia de los ingresos, siendo el producto del peso final por el precio de la carne de cuy / Kg, con los egresos constituidos por el costo total de la alimentación (alimento balanceado más forraje). El mérito económico se determinó utilizando la siguiente ecuación:

$$M.E = \frac{VF - (VI + C.A.) * 100}{(VI + C.A.)}$$

Donde:

M.E. = Mérito económico

V = Valor Inicial (se consideró S/ 10.00 por cada cuy).

VF = Valor Final (se consideró el peso final del cuy, multiplicado por S/. 25.00)

C.A. = Costo de alimentación

6.10. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con cinco tratamientos, cada tratamiento con cinco repeticiones y cada repetición con cinco unidades experimentales. El modelo aditivo lineal fue el siguiente:

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

Donde:

Y_{ij} : Observación en el tratamiento k-ésimo de un Diseño Completo al Azar.

μ : Media general de las observaciones.

T_i : Efecto del i-ésimo tratamiento (adición de enzimas exógenas y complejo enzimático).

E_{ij} : Error aleatorio.

Los parámetros productivos fueron evaluados usando el programa estadístico MINITAB 18 para la prueba de análisis de varianza. Para la comparación de los promedios se utilizó la prueba de Tukey de significancia estadística al 95%.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

7.1. EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN CUYES UTILIZANDO ENZIMAS EXÓGENAS

7.1.1. Peso vivo inicial, peso vivo final, ganancia de peso vivo y conversión alimenticia en la fase de crecimiento

El resultado de los parámetros productivos en la fase de crecimiento, se muestran en la Tabla 11. De acuerdo al análisis de varianza se observan que no existe diferencias estadísticas significativas entre la media de los tratamientos ($P > 0.05$), (Anexos 6, 7, 8 y 9), al no haber diferencias estadísticas significativas para la variable de peso vivo inicial que fluctúa de 382.7 g a 401.56 g de promedio de peso vivo por tratamiento, esto indica que el material experimental fue homogéneo para el trabajo experimental. Sin embargo, se puede apreciar que numéricamente el peso vivo final más alto en la fase de crecimiento fue de 790.6 g para la dieta basal más 0.020% de enzima fibrolítica (T4), seguido por la dieta basal más 0.020% de enzima proteolítica (T2) con 761.8 g, la dieta basal más 0.020% de enzima xilanasa (T3), con 744.3 g, 734.8 g para la dieta basal (T1) y el menor peso vivo obtenido es de 721.8 g para la dieta basal más 0.060% de complejo enzimático (T5).

La ganancia de peso vivo más alta es de 389.6 g para el T4, seguidos por el T2 con 363.3 g, 351.6 g para el T1, 344.8 g para el T3, 339.1 g para el T5 sucesivamente. Para el variable de la conversión alimenticia se pudo observar una mínima diferencia numérica, donde el T4 y T5 son los más eficientes para este estudio con 4.004 y 4.035, frente a los tratamientos (T1, T2 y T3).

Tabla 11. Comparación de medias de peso vivo inicial, peso vivo final, ganancia de peso vivo y conversión alimenticia en la fase de crecimiento

Tratamiento	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Ganancia de peso vivo (g)	Conversión alimenticia
T1	383.24 ^a ± 33.51	734.8 ^a ± 99.6	351.6 ^a ± 109.3	4.135 ^a ± 0.37
T2	398.50 ^a ± 42.96	761.8 ^a ± 102.8	363.3 ^a ± 104.6	4.122 ^a ± 0.35
T3	399.44 ^a ± 41.72	744.3 ^a ± 85.4	344.8 ^a ± 85.8	4.327 ^a ± 0.14
T4	401.56 ^a ± 25.85	790.6 ^a ± 57.0	389.0 ^a ± 64.0	4.004 ^a ± 0.18
T5	382.70 ^a ± 52.7	721.8 ^a ± 85.1	339.1 ^a ± 68.1	4.035 ^a ± 0.22
Desv- Estándar	40.36	87.34	88.16	0.260
P - valor	0.266	0.061	0.292	0.385

Leyenda: Letras distintas indican diferencias significativas. T1: Dieta basal (alimento balanceado sin enzima), T2: Dieta basal más 0.020% de enzima proteolítica, T3: Dieta basal más 0.020% de enzima xilanasa, T4: Dieta basal más 0.020% de enzima fibrolítica, T5: Dieta basal más 0.060% de complejo enzimático (0.020% de enzima proteolítica, 0.20% de enzima xilanasa y 0.020% de enzima fibrolítica)

7.1.2. Peso vivo final, ganancia de peso vivo y conversión alimenticia en la fase de acabado

Los resultados de los parámetros productivos en la fase de acabado se muestran en la Tabla 12, al realizar el análisis de varianza, se observa que no existe diferencias estadísticas significativas entre la media de los tratamientos ($P > 0.05$) (Anexos 10, 11 y 12), sin embargo, al analizar los resultados numéricamente, se puede mencionar que el peso vivo final más alto obtenido es de 1,084.8 g para la dieta basal más 0.020% de enzima fibrolítica (T4) y dieta basal más 0.020% de enzima proteolítica (T2) con 1,082.6 g, seguidos por la dieta basal más 0.020% de enzima xilanasa (T3) con 1,065.6 g, 1,034.2 g para la dieta basal, 1,032.8 g para la dieta basal más 0.060% de complejo enzimático (T5) sucesivamente. De la misma forma, se presencia para la ganancia peso vivo (g), donde los tratamientos (T3: 321.3 g y T2: 320.8 g), obtuvieron la mayor ganancia de peso vivo a diferencia de los demás tratamientos (T5: 311.0 g; T1: 299.3 g y T4: 294.2 g). Se menciona que existe una diferencia numérica mínima

para la conversión alimenticia, donde el T5 con 4.72 es más adecuado para el estudio frente a los tratamientos (T1, T2, T3, T4).

Tabla 12. Comparación de medias de peso vivo final, ganancia de peso vivo y conversión alimenticia en la fase de acabado

Tratamiento	Peso final (g)	Ganancia de peso vivo (g)	Conversión alimenticia
T1	1034.1 ^a ± 136.8	299.3 ^a ± 120.4	5.088 ^a ± 0.35
T2	1082.6 ^a ± 137.1	320.8 ^a ± 78.40	4.760 ^a ± 0.26
T3	1065.6 ^a ± 102.6	321.3 ^a ± 90.30	4.838 ^a ± 0.41
T4	1084.8 ^a ± 94.8	294.2 ^a ± 111.4	5.362 ^a ± 0.69
T5	1032.8 ^a ± 91.7	311.0 ^a ± 97.90	4.724 ^a ± 0.92
Desv-estándar	114.19	100.96	0.580
P - valor	0.306	0.830	0.394

Leyenda: Letras distintas indican diferencias significativas. T1: Dieta basal (alimento balanceado sin enzima), T2: Dieta basal más 0.020% de enzima proteolítica, T3: Dieta basal más 0.020% de enzima xilanas, T4: Dieta basal más 0.020% de enzima fibrolítica, T5: Dieta basal más 0.060% de complejo enzimático (0.020% de enzima proteolítica, 0.20% de enzima xilanas y 0.020% de enzima fibrolítica)

7.1.3. Ganancia de peso vivo total, conversión alimenticia total y rendimiento de carcasa en la fase de crecimiento y acabado

Los resultados de ganancia de peso vivo total, la conversión alimenticia total y el rendimiento de carcasa, se señalan en la Tabla 13, según el análisis de varianza no existe diferencias estadísticamente significativas entre la media de los tratamientos, ($P > 0.05$) (Anexos 13,14 y 15). Por otro lado, se observa que el más alto ganancia de peso vivo total, pertenece a la dieta basal más 0.020% de enzima proteolítica (T2) con 684.1 g, y la dieta basal más 0.020% de enzima fibrolítica (T4) con 683.2 g, seguidos con 666.1 g para la dieta basal más 0.020% de enzima xilanas (T3), 650.8 g para la dieta basal (T1) y 650.1 g para la dieta basal más 0.060 de complejo enzimático (T5). La conversión alimenticia más conveniente en todo el periodo de evaluación es para el T5 con 4.325, seguido por el T2 con 4.418 y por último existe bastantes similitudes

entre los tratamientos (T1, T3 y T4) con 4.571, 4.565 y 4.560 sucesivamente. Para el variable de rendimiento de carcasa, se observa que los mayores porcentajes de canal son para el T4 con 66.50% y 66.46% para el T5, por otro lado, existe una mínima diferencia numérica para los demás tratamientos (T1, T2 y T3).

Para evaluar el rendimiento de carcasa se analizó el peso vivo de los animales seleccionados para el beneficio, según el análisis de varianza no se encuentra diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) (Anexo 16), lo cual nos muestra la homogeneidad de pesos entre tratamientos, asimismo, para el peso de la carcasa (Anexo 17).

Tabla 13. Comparación de medias de ganancia de peso vivo total, conversión alimenticia total y rendimiento de carcasa en la fase de crecimiento y acabado

Tratamiento	Ganancia de peso total (g)	Conversión alimenticia total	Rendimiento de carcasa (%)
T1	650.8 ^a ± 148.8	4.571 ^a ± 0.34	65.75 ^a ± 3.86
T2	684.1 ^a ± 133.9	4.418 ^a ± 0.24	65.76 ^a ± 3.82
T3	666.1 ^a ± 105.8	4.565 ^a ± 0.16	65.49 ^a ± 7.10
T4	683.2 ^a ± 101.1	4.560 ^a ± 0.26	66.50 ^a ± 3.54
T5	650.1 ^a ± 78.80	4.325 ^a ± 0.43	66.46 ^a ± 4.01
Desv- estándar	116.20	0.300	4.16
P - valor	0.732	0.606	0.971

Leyenda: Letras distintas indican diferencias significativas. T1: Dieta basal (alimento balanceado sin enzima), T2: Dieta basal más 0.020% de enzima proteolítica, T3: Dieta basal más 0.020% de enzima xilanasas, T4: Dieta basal más 0.020% de enzima fibrolítica, T5: Dieta basal más 0.060% de complejo enzimático (0.020% de enzima proteolítica, 0.20 % de enzima xilanasas y 0.020 % de enzima fibrolítica)

Al analizar los resultados, desde el punto de vista estadístico el uso de las enzimas exógenas (proteolítica, xilanasas, fibrolítica) y complejo enzimático, en la alimentación de cuyes en la etapa de crecimiento y acabado, no muestra efectos diferentes a la dieta basal.

Evaluar los parámetros productivos basados en el uso de las enzimas exógenas en la alimentación de cuyes en la fase de crecimiento y acabado, fue uno de los objetivos específicos del presente estudio. Se sabe que las enzimas son proteínas que aceleran las reacciones bioquímicas en el organismo (Álvarez *et al.*, 2018). En la actualidad su uso es para incrementar la eficiencia de los nutrientes que proporciona cada alimento (Moral *et al.*, 2015), más un que el cuy realiza una digestión enzimática a nivel de estómago (Gómez y Vergara, 1993), y una digestión enzimática parcial a nivel cecal (Ramón, 2017). Es por ello que, según varios autores, la suplementación de enzimas digestivas en la alimentación de cuyes puede mejorar la absorción de los nutrientes a nivel del estómago e intestino delgado (Guerra, 2015).

De acuerdo a los resultados obtenidos que se observan en las Tablas 11, 12 y 13, se puede determinar que existe diferencias numéricas para el peso vivo final (g) y ganancia de peso vivo (g) en la fase de crecimiento y acabado con el uso de las enzimas exógenas, con la excepción del complejo enzimático, donde los tratamientos dieta basal más 0.020% de enzima fibrolítica (T4) y dieta basal más 0.020 de enzima proteolítica (T2), obtuvieron el más alto peso vivo final y ganancia de peso vivo, tal como se aprecia en las Tablas 12 y 13. Asimismo, para el variable de conversión alimenticia, la dieta basal más 0.060% de complejo enzimático (T5) es más conveniente utilizar para este estudio, lo cual indica una relación de 1:4.325 entre el peso vivo y consumo del alimento (Tabla 13). Por lo visto en la tabla 13, se observa una leve diferencia numerica entre tratatamientos para el rendimiento de carcasa, siendo el mas alto porsentaje para el T4 con 66.50% y 66.46% para el T5, mientras los demas tratatamientos muestran un similar porcentaje.

Resultados similares obtuvo Bernaola (2018), quien reportó que la inclusión del complejo enzimático al 0.01% y 0.02% en la alimentación integral de cuyes, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre sus tratamientos ($P > 0.05$) para la variable de peso vivo final (g), ganancia de peso vivo (g) y conversión alimenticia. Asimismo, Guerra (2015), no encontró diferencias estadísticas ($P > 0.05$) para la variable de pesos finales; sin embargo, los resultados para la variable de

ganancia de peso, si existió diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($P < 0.05$) con la inclusión de 0.1% de enzima. Mientas que, Abad (2015) reportó que el tratamiento testigo es mucho mejor a los tratamientos con inclusión de productos enzimáticos en los variables de pesos finales y ganancias de pesos.

Por otro lado, Valdez (2019) por su parte no corrobora con el presente trabajo, ya que, si reportó diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) en los variables de pesos finales y ganancia de peso, con la adición al 0.035% de complejo enzimático en la dieta integral del cuy.

Los resultados sobre el variable de rendimiento de carcasa son corroborados por Arce (2022), no presentó diferencia estadística entre sus tratamientos ($P > 0.05$), al evaluar 0.020% de las enzimas (6 – fitasas, endoxilanasas, xilanasas – α amilasa) en la dieta integral de los cuyes. Por otro lado, Romero (2019) al evaluar la inclusión de enzima fitasa bacteriana en la dieta del cuy, si encontró diferencias estadísticas para el variable de rendimiento de carcasa.

En este estudio la concentración utilizada fue de 0.020% de enzimas exógenas y 0.060% de complejo enzimático, dichas concentraciones son basadas en las recomendaciones del fabricante, pero finalmente en esta investigación se constató que, a pesar de no existir diferencia estadística significativa entre los tratamientos para los parámetros productivos, se observó que los tratamientos con el uso de enzimas exógenas obtuvieron una mejor respuesta sobre los parámetros productivos. Estos resultados podrían ser por la dosificación del producto, ya que, a la actualidad no existe un nivel estándar de inclusión de enzimas exógenas, en la dieta integral de cuyes, es por ello, se empleó una dosificación referente a las aves.

7.2. RESPUESTA SOBRE EL CONSUMO DE ALIMENTO

7.2.1. Consumo de alimento en crecimiento

El resultado del consumo de alimento en la fase de crecimiento a los 37 días se observa en la Tabla 14, según el análisis de varianza si existe diferencia estadística significativa entre la media de los tratamientos ($P < 0.05$) (Anexo 18), al realizar la prueba de Tukey con un nivel de confianza al 95%, muestra que la dieta basal más 0.020% de enzima fibrolítica (T4) con 1,555.5 g, es superior a la dieta basal más 0.060% de complejo enzimático (T5) con 1,368.3 g de consumo de alimento. Estos resultados indican que cuanto más mayor sea la inclusión de enzimas exógenas mayor será el consumo de materia seca y viceversa para la inclusión de complejo enzimático.

7.2.2. Consumo de alimento en acabado

Al realizar la prueba de análisis de varianza no se encontró diferencia estadística significativa entre la media de los tratamientos ($P > 0.05$) (Anexo 19), sin embargo, se puede observar las diferencias numéricas (Tabla 14), donde se aprecia que el mayor consumo de alimento fue el T3 con 1,550.5 g, seguidos por el T4 con 1,549.6 g, por el T1 con 1,518.5 g, por el T2 con 1,483.3 g y por último por el T5 con 1,368.3 g de alimento consumiendo sucesivamente.

4.2.c. Consumo de alimento total

El consumo de alimento total es la suma de alimento consumido en la fase de crecimiento y acabado, el resultado se muestra en la Tabla 14. Según el análisis de varianza y la comparación entre la media de los tratamientos si existe diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) (Anexo 20), siendo que la dieta basal más 0.020% de enzima fibrolítica (T4) con 3,105.1 g, es superior a la dieta basal más 0.060% de complejo enzimático (T5) con 2,802.2 g.

Tabla 14. Consumo de alimento en la etapa de crecimiento y acabado

Tratamiento	Consumo en crecimiento	Consumo en acabado	Consumo total
T1	1447.9 ^{ab} ± 75.1	1518.5 ^a ± 70.2	2966.4 ^{ab} ± 87.8
T2	1483.3 ^{ab} ± 100.8	1515.0 ^a ± 107.6	2998.2 ^{ab} ± 193.1
T3	1489.0 ^{ab} ± 77.5	1550.5 ^a ± 99.0	3039.5 ^{ab} ± 145.1
T4	1555.5 ^a ± 47.0	1549.6 ^a ± 81.8	3105.1 ^a ± 83.0
T5	1368.3 ^b ± 125.3	1433.9 ^a ± 76.4	2802.2 ^b ± 190.8
Desv - estándar	89.15	88.15	149.86
P – valor	0.046	0.253	0.046

Leyenda: Letras distintas indican diferencias significativas. T1: Dieta basal (alimento balanceado sin enzima), T2: Dieta basal más 0.020% de enzima proteolítica, T3: Dieta basal más 0.020% de enzima xilanasas, T4: Dieta basal más 0.020% de enzima fibrolítica, T5: Dieta basal más 0.060% de complejo enzimático (0.020% de enzima proteolítica, 0.20% de enzima xilanasas y 0.020% de enzima fibrolítica)

De acuerdo a los resultados analizadas, el uso de 0.020% de enzima fibrolítica influye en el mayor consumo del alimento en materia seca y la inclusión de 0.060% de complejo enzimático influye en el menor consumo de alimento en materia seca.

Evaluar el consumo de alimento en base seca con el uso de las enzimas exógenas en la alimentación de cuyes, fue uno de los objetivos específicos de este estudio. Gómez y Vergara (1993), señalan que su actividad enzimática mayor o menor depende de la composición del alimento. Además, es uno de los monogástricos herbívoros que mejor aprovecha los alimentos fibrosos (Chauca, 1997).

Según el análisis de la Tabla 14, se observa que los animales suministrados con enzimas tuvieron mayor consumo con respecto a los animales sin suministrar, como también vemos a mayor cantidad de enzima se observa menor consumo de alimento, sin embargo, estadísticamente ganan el mismo peso vivo. Existen reportes que coinciden con el presente estudio, donde mencionan que la adición de enzimas mejora la ganancia de peso con un menor consumo de alimento en monogástricos (Sopla, 2017).

Los datos son corroborados con lo reportado por y Puelles (2018) y Guerra (2015), quienes encontraron que si existió diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$), atribuyendo a que la mejor respuesta en cuanto al consumo se debió al mayor incremento de complejo enzimático al 0.15%.

Sin embargo, Valdez (2019), Romero (2019), Abad (2019), Bernaola (2018), y Hurtado (2014), quienes en sus investigaciones no encontraron diferencias estadísticas significativas, mencionando que el complejo enzimático no influye el consumo de alimento en base seca.

Al analizar los datos de esta investigación se constató que el uso de las enzimas exógenas, influye en el mayor o menor consumo de alimento en la materia seca, se aprecia que el mayor consumo de alimento fue con 0.020% de enzima fibrolítica (T4), su mayor consumo podría ser por diferentes factores como: la dieta, el animal y el ambiental. El menor consumo de alimento fue con el uso de 0.060% de complejo enzimático (T5), a pesar, con un menor consumo de alimento, estadísticamente ganan el mismo peso vivo con el resto de los tratamientos.

7.3. EVALUACIÓN DEL MÉRITO ECONÓMICO

7.3.1. Costo de alimentación

En la Tabla 15 se observa el costo promedio de alimentación por cuy, por tratamiento, lo cual indica que el tratamiento dieta basal obtuvo un menor costo de alimentación su menor costo es lógico por la falta de inclusión de enzima. Se señala que el costo de alimentación más alto es la dieta basal más 0.020% de enzima fibrolítica (T4) con S/. 8.56, como también la dieta basal más 0.020% de enzima proteolítica (T2) con S/. 8.47, seguido por el T3 con S/. 8.35, y el tratamiento 5 con S/. 8.13.

Tabla 15. Costo de alimentación por tratamiento y por cuy

Tratamiento	Consumo de FV, kg	Costo/ kg (S/.)	Costo/ FV (S/.)	Consumo de AB (kg)	Costo/ kg (S/.)	Costo AB (S/.)	Costo de alimentación (S/.)
T1	1.95	1.00	1.95	2.83	2.18	6.16	8.11
T2	1.95	1.00	1.95	2.86	2.27	6.52	8.47
T3	1.95	1.00	1.95	2.91	2.20	6.40	8.35
T4	1.95	1.00	1.95	2.98	2.22	6.61	8.56
T5	1.95	1.00	1.95	2.65	2.34	6.18	8.13

Leyenda: FV: Forraje verde, AB: Alimento balanceado, T1: Dieta basal (alimento balanceado sin enzima), T2: Dieta basal más 0.020 % de enzima proteolítica, T3: Dieta basal más 0.020 % de enzima xilanasas, T4: Dieta basal más 0.020 % de enzima fibrolítica, T5: Dieta basal más 0.060 % de complejo enzimático (0.020% de proteolítica, 0.20 % de xilanasas y 0.020 % de fibrolítica).

7.3.2. Mérito económico

Según el análisis de la Tabla 16, se señala el mejor indicador del mérito económico es la dieta basal más 0.020% de enzima proteolítica (T2) con 46.57%, muy seguido por la dieta basal más 0.020% de enzima fibrolítica (T4) con 46.10%, por otra parte, los cuyes que tuvieron menor costo de alimentación presentaron un mérito económico pésimo, las cuales fueron los cuyes a los que no se les suplementó las enzimas en su dieta. Al igual que, la adición del complejo enzimático a la dieta basal.

Tabla 16. Mérito económico por tratamiento y por cuy

Tratamiento	Valor inicial (S/.)	Peso final/ kg	Precio/ kg (S/.)	Valor final (S/.)	Costo de alimentación	Mérito económico %
T1	10	1.03	25.00	25.85	8.11	42.76
T2	10	1.08	25.00	27.07	8.47	46.57
T3	10	1.07	25.00	26.64	8.35	45.17
T4	10	1.08	25.00	27.12	8.56	46.10
T5	10	1.03	25.00	25.82	8.13	42.40

Leyenda: T1: Dieta basal (alimento balanceado sin enzima), T2: Dieta basal más 0.020 % de enzima proteolítica, T3: Dieta basal más 0.020 % de enzima xilanasas, T4: Dieta basal más 0.020 % de enzima fibrolítica, T5: Dieta basal más 0.060 % de complejo enzimático (0.020 % de proteolítica, 0.20 % de xilanasas y 0.020% de fibrolítica).

Se entiende que el mérito económico va en función al consumo de alimento y el peso vivo del animal. De acuerdo a lo reportado se sustenta que no siempre influye en el menor costo de alimentación, para un mejor mérito económico.

Valdez (2019), Romero (2019), Sopla (2017) y Guerra (2015) corroboran que la adición de enzimas mejora el mérito económico en la alimentación de cuyes. Por otro lado, Abad (2019) y Hurtado (2014), reportó que la inclusión de enzima no mejoró el mérito económico y no es conveniente el empleo de los productos enzimáticos en el alimento balanceado de cuyes.

VIII. CONCLUSIONES

Se concluye de acuerdo a los resultados obtenidos que:

- La adición de 0.020% de enzimas (fibrolítica, proteolítica, xilanas) y 0.060% de complejo enzimático (0.020% de fibrolítica, 0.020% de proteolítica y 0.020% de xilanas), en la alimentación de cuyes en la etapa de crecimiento y acabado, no muestran diferencias estadísticas significativas frente a la dieta basal, en cuanto, a los parámetros productivos evaluados.
- En lo que respecta al consumo del alimento en materia seca, la adición de 0.020% de enzima fibrolítica generó una respuesta positiva en la etapa de crecimiento como también en consumo de alimento en materia seca total, frente a la adición con 0.060% de complejo enzimático. Las concentraciones de 0.020% y 0.060% de enzimas exógenas y complejo enzimático en la alimentación de cuyes, influye en el mayor y menor consumo de alimento en materia seca.
- El mayor mérito económico obtenido fue por los tratamientos con enzima proteolítica, fibrolítica y xilanas (46.52%, 46.11% y 45.17%) respectivamente mostrando que, a pesar del costo alto del alimento con la adición de enzimas, el rendimiento productivo es mejor, por lo que, se llega a obtener mejor mérito económico.

IX. RECOMENDACIONES

De acuerdo a las condiciones en que se realizó el trabajo de investigación se llega a recomendar los siguientes guiones:

- Se recomienda incluir niveles superiores al 0.020% de enzimas entre fibrolíticas, proteolíticas y xilanasas, debido a que los valores son superiores matemáticamente a la dieta basal.

- Se recomienda realizar investigaciones en digestibilidad invivo con la inclusión de enzimas fibrolíticas, proteolíticas, xilanasas.

- Se recomienda realizar investigaciones en diferentes etapas fisiológicas del cuy y de forma individual.

- Probar las mismas enzimas en niveles más altos con diferentes insumos y sobre todo con fuentes fibrosos como los forrajes secos y sub productos de cosecha, ya que, existe un mayor consumo de alimento con la inclusión de enzimas exógenas.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, P., Farías N., & Ramos, N. (2018). *Enzimología I: Efecto del pH en la actividad enzimática*. (BIO-005/ Ssección 2.2). Universidad Santo Tomas. [https://www.academia.edu/Enzimología I: Efecto del pH en la actividad enzimática](https://www.academia.edu/Enzimología_I:_Efecto_del_pH_en_la_actividad_enzimática).
- Abad, K. G. (2019). *Evaluación de los productos enzimáticos Nutrase®, Natuzyme® y Avizyme® en el crecimiento y engorde de cuyes (cavia porcellus)*. Tesis para optar el título profesional de ingeniería de zootecnia. Universidad Nacional de Piura, Facultad de Zootecnia, Escuela profesional de ingeniería de zootecnia, Piura - Perú.
- Álvarez, M. E. (2019). *Uso de una proteasa en la alimentación de pollos parrilleros. Tesis para optar el grado de ingeniero agronomo*. Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires- Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales. Buenos Aires - Argentina.
- Alvia, A. Hurtado, J. Cedeño, D. Zolórsano, F. Vallejo, P. Macías M.(2018). *Intruducción al estudio de la bioquímica*. ISBN: 978-84-949306-0-7. Área de Innovación y Desarrollo,S.L.
- Arce, N. (2016). *Estudio histológico de las vellosidades intestinales de cuyes (cavia porcellus) criollos y mejorados según el sistema de alimentación. para optar el título de medico veterinario y zootecnista*. Universidad privada Antenor Orrego Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela profecional de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Trujillo - Perú.
- Arce, V. S. (2022). *Evaluación de tres enzimas (6-fitasa, endoxilanasas y xilanasas - α amilasa), sobre el comportamiento productivo en la etapa de crecimiento y engorde del cuy (cavia porcellus) en la granja Piedra Blanca. Tesis para optar el título profesional de médico veterinario y zootecnista*. Universidad Nacional

Jorge Basadre Grohmann , Facultad de Ciencias Agropecuaria, Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Tacna - Perú.

Ataucusi, S. (2015). *Manejo técnico de la crianza de cuyes en la sierra del Perú*. BUENAVENTURA. Arequipa - Perú

Aybar, J. E. (2018). Parámetros hematológicos y bioquímicos nutricionales en *cavia porcellus* suplementados con probiótico *Lactobacillus* spp. *Tesis para optar el título profesional de médico veterinario y zootecnista*. Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela profesional de ciencias veterinarias. Lima- Perú. pp 17.

Benjamin, F. (2011). *Las enzimas*. Tesis doctoral. Universidad del País Vasco. España

Bernaola, R. S. (2018). Suplementación con un complejo enzimático en dietas balanceadas de crecimiento en cuyes mejorados en (*cavia porcellus*). *Tesis para obtener el título de ingeniero zootecnista*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Ciencias Agrarias, Lima - Perú.

Biosystems, (2022). *Xilanasa*. Obtenido de google:
<https://www.americanbiosystems.com/productos/enzymes/xilanasa/lang>

Chauca, L. (1997). *Producción de cuyes (Cavia porcellus)*. Lima- Perú: Instituto Nacional de Investigación Agraria.

Coto, C. E. (2008). Curso de introducción al conocimiento científico experimental. *Quimicaviva*, 145-150. Obtenido de: <http://www.quimicaviva.com>. capítulo 18.

Cresci, A. (2019). El cuy. *Veterinaria digital.com*, pág. 2.

Cuban, J. (2019). Los aditivos enzimáticos su aplicación en la crianza animal. Revista científica: *Scielo*. pp,1.

DSMproteasa. (2012). Ronozyme ProAct. *DSM Nutritional Products*.

- Durán, G. R. (2012). *Enzimas exógenas sus efectos sobre la nutrición y sobre la flora microbiana Intestinal del lechón destetado*. Obtenido de google: <https://www.porcicultura.com>.
- Edelman, Z. (2007). Temas selectos de nutrición Ministerio de Relaciones Exteriores, *Centro de Cooperación Internacional "MASHAV"*, 168.
- Eroski. (2003). Enzimas de los alimentos, sustancias que ayudan a la digestión. *Enzimas*, pág. 1.
- Ezpiñoza, J. ,. (2008). *Propuesta de un plan de negocio para una empresa dedicada a la crianza tecnificada de cuyes ubicada en Ñaña y su comercialización al mercado local*. Lima- Perú.
- Fochesato, A. S. (2019). Aplicación de aditivos alimentarios innovadores para el mejoramiento de la calidad de alimentos y la producción animal. *Tesis doctoral en Ciencias Biológicas*. Universidad Nacional de Rio Cuarto Facultad de Ciencias Exactas, Físico- Química y Naturales, Rio Cuarto.
- Frontela , C., Ros , G., & Martínez, C. (2008). Empleo de fitasas como ingrediente funcional en alimentos. *ALAN (Archivos latinoamericanos de nutricion)*.
- Gómez, & Vergara. (1993). *Fundamentos de nutrición y alimentación*. (I. EELM-EEBI., Ed.) Lima: I Curso Nacional de capacitación en crianzas familiares.
- Gonzales, I., Infate , D., Peteira, B., Martínez, B., Arias, Y., González, N., & Miranda, I. (2011). Caracterización bioquímica de aislamiento de trichoderma spp promisorios como agentes de control biológico. *II proteccion vegetal*, 1 - 2.
- Guerra, C. J. (2015). Evaluación del uso de diestas con tres niveles de enzimas digestivas en la alimentación de cuyes en la fase de crecimiento y finalización . *Tesis para optar el grado de Médico Veterinario Zootecnista*. Universidad

Central de Ecuador, facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Carrera profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Quito.

Gutierrez, M. I., Ramos, G. L., & Soscuel, S. M. (2020). Fisiopatología del sistema digestivo y necesidades nutricionales del cuy (*Cavia porcellus*). *Tesis para optar el título de Médicos veterinarios*. Universidad Antioño Mariño, Popayan.

Hurtado, V. B. (2014). inclusion de fitasa en la racion comercial de cuyes (*cavias porcellus L.*) en la face de crecimiento. *Tesis para optar garado de título de ingeniero zootecnista*. universidad nacional de la selva facultad de zootecnia, Tingo Maria -Peru.

León, G. N. (2019). Desarrollo de la funcionalidad intestinal, con énfasis en la actividad amilásica del páncreas y crecimiento alométrico de los órganos digestivos, en cuyes desde el nacimiento hasta las 7 semanas de edad. *Tesis para optar el grado de medicina veterinaria y zootecnia*. Universidad Nacional De Loja, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, carrera de Medicina veterinaria y zootecnia, Loja - Ecuador.

Llerena, C. (2011). Fitoproteasas como biocatalizadores en síntesis orgánica en medios acuoso-orgánicos. *Tesis para optar el grado*. Universidad Nacional De La Plata, Facultad de Ciencias Exactas, Departamento de Ciencias Biológicas, Buenos Aires - Argentina.

Lopez, F. S. (2000). Uso de enzimas en los piensos de cerdos y aves. *Dossier*.

Martínez, A., Korsbak, B., & Pontoppidan, K. (2010). Uso de proteasa para la alimentación de pollos . *DSM Nutricional Products*, 36 - 38.

MINAGRI. (2023). *Cadena productiva del cuy*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Lima.

- Moral, S., Ramírez, C. L., & García, G. M. (2015). Aspectos relevantes del uso de enzimas en la industria de los alimentos. *Iberoamericana de Ciencias*.
- Munir, K., & Maqsood, S. (2013). A review on role of exogenous enzyme supplementation in poultry production. *Emir. J. Food Agric.* , 66 - 80.
- Navarrete, J. A. (2002). Utilización de enzimas en la alimentación animal. *Monografía*. Universidad Autonoma Agraria Antonio Navarro, Buenavista, Saltillo. México.
- Neira , A. A., Nava, E., Iliná, A., Michelena, G., Gaona, J. G., & Martínez, J. L. (2023). Aspectos fundamentales de las fitasas. *Investigación y Ciencia redalyc*, 58 - 61.
- NRC. (1995). Requerimientos nutricionales para animal de laboratorio, Cuyes. *Publicación N°990. Cuarta edición. Washington, D.C. USA.*, 192 pág.
- Ordoñez, N. R. (2003). Plan estrategico de la carne cuy en Lima metropolitana: estudio de mercado y propuesta empresaria. *Tesis para optar el grado académico de magister de adminitración de negocios*. Pontifice Universidad de Catolica de Perú, Lima- Perú.
- Orpí, P. J. (2021). *Uso de enzimas en alimentación animal*. Obtenido de Google: <https://www.veterinariadigital.com>.
- Paulino, A. J. (2018). Las enzimas exógenas en las dietas Maíz/Sorgo-Harina de soya para aves y cerdos. *Engormix*.
- Paysandú, I. (2020). Química bio- orgánica. *Consejo de educacion tecnico profesional, Uruguay*, 1.
- Pérez, F. J. (2006). Utilización de enzimas en la alimentación del ganado porcino. *Anaporc*, 1.
- Ponce, N. T., & Pérez, A. O. (2002). Celulosa y xilanas en la industria. *XXX Aniversario de Biotecnología y Bioingeniería*, 273 - 274.

- Puelles, S. A. (2018). Uso de complejo multienzimático fibrolítico sobre la digestibilidad de rastrojo agrícola en cuyes (*cavia porcellus*). *Tesis para optar el grado de ingeniero zootecnista*. Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco, facultad de ciencias agrarias, escuela profesional de zootecnia, Cusco- Perú.
- Quispe, C. R. (2016). Efecto de la adición de carbohidrasas sobre el aprovechamiento de nutrientes en cerdas reproductoras. *tesis para optar maestría en producción animal*. Universidad Politécnica de Valécia, Valécia.
- Quispe, L. (1999). Uso de las Enzimas en la formulación de dietas para aves. *Monográfico para optar el título de Ingeniero Zootecnista*. UNALM, Lima.
- Ramón, A. M. (2017). Determinación de características morfofisiológicas del tracto digestivo del cuy (*cavia porcellus*). *Tesis para la optener el grado de médico veterinario y zootecnista*. Universidad Nacional de Loja, Facultad Agropecuaria y de Recursos Renovables. Loja - Ecuador.
- Ravindran V. (2010). Aditivos en la alimentación animal: presente y futuro. *XXVI curso de especialización FADNA*.
- Rojo, R. R., Martínez, G., Montañez, O., Rebollar, S., Cardoso, D., Hernandez, J., & Gonzalea, F. (2007). Enzimas amilolíticas exógenas en la alimentación de rumiantes. *Revista científica: Scielo*, 5.
- Romero, T. D. (2019). Efecto de la inclusión de fitasa bacteriana en la alimentación de cuyes machos sobre los parámetros productivos. *Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Agropecuario*. Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional Ingeniería Agropecuaria, Cusco.
- Santos, V. G. (2007). Importancia del cuy y competitividad en el mercado. *Archivo latinoamericano en producción animal Vol. 15*, 216 - 217.

- Sopla, L. H. (2017). Utilización de gallinaza y de un complejo enzimático en la alimentación de cuyes raza Perú (*cavia porcellus l.*) en la etapa de recría. *Tesis para optar el grado de ingeniero zootecnista*. Universidad Nacional de Ttoribio Rodriguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas - Perú.
- Timberlake C., K. (2011). *Química: una instrucción al la química general, orgánica y biológica*. España: PEARSON EDUCACION S.A.
- Torero, F. A. (2005). Las enzimas exógenas: insumos básicos para la fabricación de alimento balanceado para animales. *Alltec*, pág. 1.
- Valdez, Q. E. (2019). Efecto de dos niveles de complejo enzimático en la alimentación de cuyes machos mejorados en la etapa de crecimineto y acabado. *Tesis para optar el título de ingeniero zootecnista*. Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco, Cusco -Perú.
- Vergara, V. (2008). *Avances en Nutrición y Alimentación en cuyes*. Lima Peru: XXXI Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal.
- Zuñica, D., & Quisiyupannqui, L. (1995). *Manejo de cuyes*. Cusco - Perú: UNSAAC.

XI. ANEXOS

Anexo 1. Estadística descriptiva de promedio de peso vivo por tratamiento y por cuy de los 21, 44, 58, 72 y 86 días de evaluación

Evaluación del peso vivo (días)	Código	Promedio de pesos (g)	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
21 días (crecimiento)	T1	383.2	33.5	327.0	456.0
	T2	398.5	42.9	317.0	502.0
	T3	399.4	41.7	316.0	480.0
	T4	401.6	25.9	336.0	463.0
	T5	382.7	52.7	302.0	478.0
44 días (crecimiento)	T1	604.7	74.0	415.0	743.0
	T2	617.8	91.6	464.0	826.0
	T3	616.3	64.1	476.0	732.0
	T4	645.7	59.6	481.0	771.0
	T5	576.7	84.0	451.0	736.0
58 días (crecimiento)	T1	734.8	99.6	491.0	864.0
	T2	761.8	102.8	564.0	1020.0
	T3	744.3	85.4	596.0	936.0
	T4	790.6	57.0	632.0	908.0
	T5	721.8	85.1	603.0	870.0
72 días (acabado)	T1	895.7	118.9	619.0	1084.0
	T2	929.5	126.7	723.0	1243.0
	T3	899.4	96.4	715.0	1099.0
	T4	943.4	80.6	786.0	1093.0
	T5	871.2	76.0	712.0	992.0
86 días (acabado)	T1	1034.1	136.8	786.0	1243.0
	T2	1082.6	137.1	825.0	1402.0
	T3	1065.6	102.6	826.0	1264.0
	T4	1084.8	94.8	932.0	1247.0
	T5	1032.8	91.7	852.0	1238.0

Anexo 2. Estadística descriptiva ganancia de peso vivo, por tratamiento y por cuy en crecimiento, acabado y total

Etapas de evaluación	Código	Promedio de pesos (g)	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Crecimiento 37 días	T1	351.6	109.3	91.0	527.0
	T2	363.3	104.6	186.0	629.0
	T3	344.8	85.8	177.0	486.0
	T4	389.0	64.0	244.0	533.0
	T5	339.1	68.1	215.0	498.0
Acabado 28 días	T1	299.3	120.4	24.0	476.0
	T2	320.8	78.4	199.0	505.0
	T3	321.3	90.3	157.0	461.0
	T4	294.2	111.4	108.0	555.0
	T5	311.0	97.9	99.0	539.0
Total, de evaluación 65 días	T1	650.8	148.8	358.0	916.0
	T2	684.1	133.9	443.0	900.0
	T3	666.1	105.8	399.0	870.0
	T4	683.2	101.1	538.0	840.0
	T5	650.1	78.8	500.0	866.0

Anexo 3. Estadística descriptiva de conversión alimenticia por etapas de crecimiento y acabado, por tratamiento y por cuy

Conversión alimenticia	Código	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Crecimiento 37 días	T2	4.122	0.366	3.823	4.631
	T1	4.135	0.354	3.707	4.601
	T3	4.326	0.138	4.197	4.532
	T4	4.004	0.183	3.748	4.161
	T5	4.034	0.221	3.706	4.218
Acabado 28 días	T2	4.760	0.352	4.312	5.294
	T1	5.088	0.264	4.706	5.344
	T3	4.838	0.413	4.294	5.343
	T4	5.362	0.687	4.568	6.180
	T5	4.724	0.924	3.650	6.178
Conversión alimenticia total 65 días	T2	4.418	0.343	4.099	4.944
	T1	4.571	0.238	4.168	4.785
	T3	4.564	0.157	4.333	4.719
	T4	4.560	0.256	4.327	4.933
	T5	4.325	0.427	3.865	4.995

Anexo 4. Estadísticas descriptivas de peso vivo, peso de carcasa rendimiento de carcasa por tratamiento y por cuy en crecimiento y acabado

Variable	Código	Media	Desv.Est.	Coef. Var.	Mínimo	Máximo
Peso vivo	T1	1112.5	43.6	3.92	1066.0	1182.0
	T2	1103.8	30.3	2.74	1068.0	1160.0
	T3	1077.8	41.6	3.86	1035.0	1180.0
	T4	1102.2	45.2	4.10	1040.0	1181.0
	T5	1066.7	48.4	4.54	993.0	1142.0
Peso de carcasa	T1	730.2	26.6	3.6	695.0	777.0
	T2	725.1	37.1	5.1	668.0	789.0
	T3	705.0	30.1	4.3	664.0	743.0
	T4	732.5	33.9	4.6	657.0	781.0
	T5	707.6	42.5	6.0	638.0	776.0
Rendimiento Carcasa	T1	65.7	3.8	5.8	59.5	70.4
	T2	65.7	4.1	6.3	59.5	72.8
	T3	65.4	3.5	5.4	56.5	69.6
	T4	66.5	4.0	6.0	59.5	72.3
	T5	66.4	5.0	7.6	59.6	78.1

Anexo 5. Estadística descriptiva consumo de alimento en base seca para la etapa de crecimiento, acabado y total

Consumo de alimento en base seca	Código	Promedio de consumo de alimento / cuy (g)	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Crecimiento 37 días	T1	1447.9	75.1	1333.0	1541.4
	T2	1483.3	100.8	1402.2	1648.2
	T3	1489.0	77.5	1405.1	1600.9
	T4	1555.5	47.0	1496.3	1605.2
	T5	1368.3	125.3	1241.5	1553.2
Acabado 28 días	T1	1518.5	70.2	1426.6	1601.0
	T2	1515.0	107.6	1439.9	1685.6
	T3	1550.5	99.0	1429.5	1659.1
	T4	1549.6	81.8	1462.4	1646.0
	T5	1433.9	76.4	1337.5	1519.6
Consumo de alimento total 65 días	T1	2966.4	87.8	2867.9	3072.6
	T2	2998.2	193.1	2852.7	3333.7
	T3	3039.5	145.1	2834.6	3190.0
	T4	3105.1	83.0	2987.9	3209.5
	T5	2802.2	190.8	2599.9	3047.0

Anexo 6. Análisis de varianza y prueba de Tukey para el peso vivo inicial

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Código	4	8618	2154	1.32	0.266
Error	119	193862	1629		
Total	123	202480			

Comparaciones de medias por la prueba de Tukey al 95%

Código	N°	Media	Agrupación
T4	25	401.56	A
T3	25	399.44	A
T2	24	398.50	A
T1	25	383.24	A
T5	25	382.7	A

Leyenda: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 7. Análisis de varianza y prueba de Tukey para el peso vivo final en crecimiento

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Código	4	70901	17725	2.32	0.061
Error	119	907763	7628		
Total	123	978665			

Comparaciones de medias por la prueba de Tukey al 95%

Código	N°	Media	Agrupación
T4	25	790.6	A
T2	24	761.8	A
T3	25	744.3	A
T1	25	734.8	A
T5	25	721.8	A

Leyenda: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 8. Análisis de varianza y prueba de Tukey para la ganancia de peso en la fase crecimiento

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Código	4	38983	9746	1.25	0.292
Error	119	924892	7772		
Total	123	963875			

Comparaciones de medias por prueba de Tukey al 95%

Código	N°	Media	Agrupación
T4	25	389.0	A
T2	24	363.3	A
T1	25	351.6	A
T3	25	344.8	A
T5	25	339.1	A

Leyenda: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 9. Análisis de varianza y comparación de Tukey para la conversión alimenticia en la fase de crecimiento

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Código	4	0.3168	0.07920	1.10	0.385
Error	20	1.4445	0.07222		
Total	24	1.7613			

Comparaciones de medias por el método de Tukey

Código	N°	Media	Agrupación
T3	5	4.3264	A
T1	5	4.135	A
T2	5	4.122	A
T5	5	4.0347	A
T4	5	4.0044	A

Legenda: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 10. Análisis de varianza y prueba de Tukey para el peso vivo final en la fase acabado

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Código	4	63625	15906	1.22	0.306
Error	119	1551650	13039		
Total	123	1615276			

Comparaciones de medias por la prueba de Tukey al 95%

Código	N°	Media	Agrupación
T4	25	1084.8	A
T2	24	1082.6	A
T3	25	1065.6	A
T1	25	1034.1	A
T5	25	1032.8	A

Leyenda: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 11. Análisis de varianza y comparación de Tukey para ganancia de peso en la etapa de acabado

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Código	4	15039	3760	0.37	0.830
Error	119	1212864	10192		
Total	123	1227903			

Comparaciones de medias por la prueba de Tukey 95%

Código	N°	Media	Agrupación
T3	25	321.3	A
T2	24	320.8	A
T5	25	311.0	A
T1	25	299.3	A
T4	25	294.2	A

Leyenda: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 12. Análisis de varianza y comparación de Tukey para la conversión alimenticia en acabado

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Código	4	1.442	0.3605	1.07	0.399
Error	20	6.760	0.3380		
Total	24	8.202			

Comparaciones de medias por la prueba de Tukey

Código	N°	Media	Agrupación
T4	5	5.362	A
T1	5	5.088	A
T3	5	4.838	A
T2	5	4.760	A
T5	5	4.724	A

Leyenda: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 13. Análisis de varianza y comparación de Tukey para la ganancia de peso total

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Código	4	27261	6815	0.50	0.732
Error	119	1606696	13502		
Total	123	1633957			

Comparaciones de medias por el método de Tukey al 95%

Código	N°	Media	Agrupación
T2	24	684.1	A
T4	25	683.2	A
T3	25	666.1	A
T1	25	650.8	A
T5	25	650.1	A

Leyenda: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 14. Análisis de varianza y comparación de Tukey para la conversión alimenticia total

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Código	4	0.2477	0.06191	0.69	0.606
Error	20	1.7889	0.08945		
Total	24	2.0366			

Comparaciones por la prueba de Tukey

Código	N°	Media	Agrupación
T1	5	4.571	A
T3	5	4.564	A
T4	5	4.560	A
T2	5	4.418	A
T5	5	4.325	A

Leyenda: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 15. Análisis de varianza y comparación de Tukey para el rendimiento de carcasa

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Código	4	8.953	2.238	0.13	0.971
Error	45	780.457	17.343		
Total	49	789.410			

Comparaciones de medias por la prueba de Tukey

Código	N°	Media	Agrupación
T4	10	66.55	A
T5	10	66.46	A
T2	10	65.76	A
T1	10	65.75	A
T3	10	65.49	A

Leyenda: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 16. Análisis de varianza y comparación de Tukey para peso vivo de rendimiento de carcasa

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Código	4	15035	3759	2.10	0.096
Error	45	80429	1787		
Total	49	95464			

Comparaciones de medias por la comparación de Tukey

Código	N°	Media	Agrupación
T1	10	1112.5	A
T2	10	1103.80	A
T4	10	1102.2	A
T3	10	1077.8	A
T5	10	1066.7	A

Leyenda: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 17. Análisis de varianza y comparación de Tukey para peso de carcasa

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Código	4	6650	1663	1.40	0.250
Error	45	53555	1190		
Total	49	60206			

Comparaciones de medias por la prueba de Tukey

Código	N	Media	Agrupación
T4	10	732.5	A
T1	10	730.2	A
T2	10	725.1	A
T5	10	707.6	A
T3	10	705.0	A

Leyenda: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 18. Análisis de varianza y comparación de Tukey para consumo de materia seca en crecimiento

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Código	4	93361	23340	2.94	0.046
Error	20	158960	7948		
Total	24	252321			

Comparaciones de medias por la prueba de Tukey

Código	N°	Media	Agrupación	
T4	5	1555.5	A	
T3	5	1489.0	A	B
T2	5	1483.3	A	B
T1	5	1447.9	A	B
T5	5	1368.3		B

Leyenda: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 19. Análisis de varianza y comparación de Tukey para consumo de materia seca en la etapa de acabado

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Código	4	45208	11302	1.45	0.253
Error	20	155395	7770		
Total	24	200604			

Comparaciones de medias por la prueba de Tukey

Código	N°	Media	Agrupación
T3	5	1550.5	A
T4	5	1549.6	A
T1	5	1518.5	A
T2	5	1515.0	A
T5	5	1433.9	A

Leyenda: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 20. Análisis de varianza y comparación de Tukey para consumo de materia seca total

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Código	4	256578	64144	2.93	0.046
Error	20	437230	21861		
Total	24	693807			

Comparaciones de medias por la prueba de Tukey

Código	N	Media	Agrupación
T4	5	3105.1	A
T3	5	3039.5	A B
T2	5	2998.2	A B
T1	5	2966.4	A B
T5	5	2802.2	B

Leyenda: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 21. Panel fotográfico de la investigación (figura 7 a figura 12)



Figura 7. Preparativos para la recepción de los cuyes



Figura 8. Pesado de micro insumos laboratorio de nutrición animal



Figura 9. Preparación de alimento para la investigación



Figura 10. Acondicionamiento del galpón para la investigación



Figura 11. Selección de cuyes de la granja del señor Alex Chacma



Figura 12. Animales en estudio



Figura 13. Etapa final de la investigación



Figura 14. Faenado de los cuyes



Figura 15. Comercialización en la feria de Inquilpata