UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Medicina Veterinaria

Tema:

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TIMOL Y APIGENINA EN LOS ÍNDICES PRODUCTIVOS EN COBAYOS.

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Médico Veterinario. Otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Carrera de Medicina Veterinaria.

Autores:

María José Cadena Vinueza

Jhonathan Efraín Peña Bárcenes

Tutor:

Dr. Franklin Antonio Román Cárdenas MSc.

Guaranda – Ecuador

2025

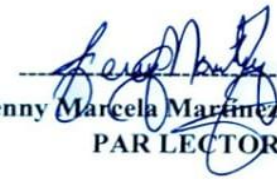
Tema:

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TIMOL Y APIGENINA EN LOS ÍNDICES PRODUCTIVOS EN COBAYOS.

REVISADO Y APROBADO POR:



Dr. Franklin Antonio Román Cárdenas MSc.
TUTOR



Dra. Jenny Marcela Martínez Moreira MSc.
PAR LECTOR



Dra. Alejandra Barrionuevo MSc.
PAR LECTOR

CERTIFICACIÓN DE AUTORIA

Nosotros, María José Cadena Vinueza, con cedula de ciudadanía N°1754473492 y, Jhonathan Efraín Peña Bárcenes, con cédula de ciudadanía N° 0250046752, declaramos que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.

Jhonathan Efraín Peña Bárcenes
CI. 0250046752
Egresado

María José Cadena Vinueza
CI. 1754473492
Egresada

NOTARÍA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA

Dr. Franklin Antonio Román Cárdenas MSc.
CI. 1103065072
Tutor

DOCTORA MSc. GINA CLAVIJO CARRION
Notario Cuarta del Cantón Guaranda.

ESCRITURA N°20250201004P01140

DECLARACIÓN JURAMENTADA

OTORGAN:

MARIA JOSE CADENA VINUEZA Y
JHONATHAN EFRAIN PEÑA BARCENES
CUANTÍA: INDETERMINADA
Di 2 COPIA

P.A.
En el Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy jueves a los seis días del mes de noviembre del año dos mil veinticinco, ante mi **DOCTORA MSc. GINA LUCIA CLAVIJO, NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA,** comparecen con plena capacidad, libertad y conocimiento, a la celebración de la presente escritura, la señorita **MARIA JOSE CADENA VINUEZA,** de estado civil soltera y el señor **JHONATHAN EFRAIN PEÑA BARCENES,** de estado civil soltero, ambas por sus propios y personales derechos en calidad de OTORGANTES. Los comparecientes declaran ser de nacionalidad ecuatorianos, mayores de edad, de estado civil como se deja expresado, de ocupación estudiantes ambas partes, domiciliada la primera, en la parroquia San Juan, cantón Quito, Provincia Pichincha y de paso por este cantón Guaranda, provincia Bolívar, con número celular cero nueve nueve seis tres nueve uno cinco ocho ocho ; y, con correo electrónico **maricadena@mailes.ueb.edu.ec;** y, el segúndo, domiciliado en la parroquia Angel Polivio Chavez, cantón Guaranda, provincia Bolívar, con número celular cero nueve seis nueve dos cinco dos cero nueve dos; y, con correo electrónico **jhopena@mailes.ueb.edu.ec,** hábiles en derecho para contratar y contraer obligaciones, a quienes de conocerles doy fe, en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación cuyas copias fotostáticas debidamente certificadas por mí, agrego a esta escritura, además a petición expresa de los comparecientes se adjunta sus documentos personales como son las cedulas de ciudadanía y certificados de votación, como documentos habilitantes. Los comparecientes me autorizan de conformidad con el artículo setenta y cinco de la Ley Orgánica de Gestión de la Identidad y Datos Civiles, a la obtención e impresión del Registro Personal Único cuyo custodio es la Dirección General de Registro Civil, Identificación y Cedulación, que incorporo a la presente escritura. Además, me facultan de conformidad con el artículo sesenta y seis, numeral diecinueve de la Constitución de la República del Ecuador, en concordancia con el artículo ocho, de la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales, a declarar y dar un tratamiento legitimo a sus datos personales en el presente instrumento público y además a petición expresa de las partes adjunto sus documentos personales como son cedulas de ciudadanía y certificados de votación, mismos que agrego a esta escritura como habilitantes. Advertidos los comparecientes por mí la Notaria de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinados que fueron en forma aislada y separada de que comparecen al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción instruidos por mí de la obligación que tienen de decir la verdad con claridad y exactitud; y, advertidos sobre la gravedad del juramento y de las penas de perjurio, me solicitan que recepte su declaración juramentada. Nosotros: la señorita **MARIA JOSE CADENA VINUEZA,** de estado civil soltera y el señor **JHONATHAN EFRAIN PEÑA BARCENES,** de estado civil soltero, declaramos bajo juramento que los criterios e ideas emitidos en el presente proyecto de investigación, es de nuestra absoluta autoría, titulado: **EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TIMOL Y APIGENINA EN LOS ÍNDICES PRODUCTIVOS EN COBAYOS,** previo a la obtención del título de Médicos Veterinarios, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recurso Naturales y del Ambiente, carrera de Medicina Veterinaria.- Es todo cuanto podemos declarar en honor a la verdad.- Para su otorgamiento se observaron los preceptos de ley y leída que les fue a los comparecientes íntegramente por mi la Notaria, aquellos se afirman y ratifican en la aceptación de su total contenido y firman junto conmigo en unidad de acto, incorporando al protocolo de esta Notaria la presente escritura de Declaración Juramentada, de todo lo cual doy Fe.--------

SRTA. MARIA JOSE CADENA VINUEZA.
C.C. 1754473478

SR. JHONATHAN EFRAIN PEÑA BARCENES
C.C. 0250046752

DOCTORA MSc. GINA CLAVIJO CARRION
NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA

NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA

turnitin Página 1 de 124 - Portada Identificador de la entrega: trn:oid:::3117:522800100

María José Cadena Vinueza Jhonathan Efraín Peña ...

TESIS MATRIA JOSÉ.docx

2025

2025

Universidad Estatal de Bolívar

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::3117:522800100

119 páginas

Fecha de entrega
5 nov 2025, 11:54 a.m. GMT-5

22.301 palabras

126.044 caracteres

Fecha de descarga
5 nov 2025, 12:22 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
TESIS MATRIA JOSÉ.docx

Tamaño del archivo
4.0 MB

Dr. Franklin Antonio Román Cárdenas MSc.
TUTOR

turnitin Página 1 de 124 - Portada Identificador de la entrega: trn:oid:::3117:522800100

turnitin Página 2 de 124 · Descripción general de integridad Identificador de la entrega trn:oid:::3117:522300100

6% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

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

Fuentes principales

5% Fuentes de Internet
1% Publicaciones
4% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.° de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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

Dr. Franklin Antonio Román Cárdenas MSc.
TUTOR

turnitin Página 2 de 124 - Descripción general de integridad Identificador de la entrega trn:oid:::3117:522300100

DEDICATORIA

A mi querido y amado abuelito, que desde el cielo me guía y me ha acompañado en cada paso. Su amor y sus enseñanzas siguen vivos en mi corazón, y esta meta también es suya.

A mi fiel compañero Mateo, mi angelito de cuatro patas que me regalo amor incondicional y cuya huellita permanecerá siempre en mi vida.

A mi mami, por su amor infinito, por sus llamadas para motivarme, por su fuerza y por ser mi ejemplo de perseverancia y resiliencia. Gracias por apoyarme y estar conmigo. Te amo mami

A mi hermana Diana y a mis hermanos Daniel, Santiago y Diego, que a pesar de las dificultades siempre han estado conmigo y me han apoyado, gracias por las risas, los consejos y por caminar junto a mí en este camino.

A mi querida amiga del alma Gaby, quien ha estado conmigo desde los días del colegio, brindándome su apoyo incondicional, su cariño y su compañía en cada etapa. Gracias por ser mi refugio y mi fuerza en los momentos más difíciles.

A mi amiga Ingrid, porque, aunque la vida nos llevó por caminos distintos por un tiempo, el reencuentro nos regaló una amistad sincera y fuerte. Gracias por demostrar que las verdaderas amistades siempre encuentran su camino de regreso.

A mi novio Frank, por su paciencia, su apoyo, amor y compañía en los momentos más difíciles. Y a su familia por acogerme con tanto cariño y brindarme su apoyo.

Y a mi Micha, mi gatita, la cual llegó a mi vida cuando más lo necesitaba. Me brindo su compañía silenciosa, su mirada serena y su afecto sin palabras me dieron paz en los días de presión. Gracias por recordarme que el amor también viene en un ronroneo y cuatro patitas.

A todos ustedes, con todo mi cariño, gracias sinceramente por ser parte de este sueño hecho realidad.

María José Cadena Vinueza

DEDICATORIA

Con la finalización de esta tesis, quiero expresar mi sincero agradecimiento a quienes han sido parte esencial de este logro.

A mis padres, gracias por su apoyo y por estar siempre presentes en cada paso de mi formación. Su confianza en mí ha sido clave para llegar hasta aquí.

A mi abuela, por su cariño constante, sus palabras llenas de sabiduría y su fortaleza, que han sido un refugio en los momentos difíciles.

A mis docentes, por su dedicación, por compartir sus conocimientos con generosidad y por motivarme a seguir creciendo académica y personalmente.

Y a todas aquellas personas que, aunque no menciono directamente, han aportado con su apoyo, ánimo o compañía a lo largo de este camino.

Este logro también les pertenece. Gracias de todo corazón.

Jhonathan Efraín Peña Bárcenes

AGRADECIMIENTO

Este trabajo representa el resultado de muchas horas de esfuerzo, dedicación y también del apoyo invaluable de quienes nos han acompañado durante este camino.
A nuestras familias, gracias por su paciencia, por entender nuestras ausencias y por brindarnos siempre un espacio de apoyo, cariño y comprensión.
A nuestros padres, por guiarnos con sus valores, por enseñarnos a no rendirnos y por estar presentes incluso en silencio, siempre con fe en nosotros.
A nuestros amigos, por escucharnos, alentarnos y sacarnos una sonrisa en los momentos más estresantes. Su compañía hizo todo más llevadero.
A nuestros docentes, gracias por cada enseñanza, por compartir su conocimiento y por motivarnos a ser mejores cada día.
También agradecemos profundamente a Dios, por acompañarnos en este proceso y darnos fuerzas cuando más las necesitábamos.

María José Cadena y Jhonathan Peña

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	PÁG.
CAPÍTULO I	1
1.1.INTRODUCCIÓN	1
1.2.PROBLEMA	3
1.3.OBJETIVOS	4
1.4.HIPÓTESIS	5
CAPÍTULO II	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1.Cavicultura	6
2.1.1.Historia de la cavicultura	6
2.2. Características de la industria de Cobayos	7
2.3. Generalidades de los Cobayos	8
2.4. Anatomía digestiva	8
2.4.1 Boca	9
2.4.2 Esófago	9
2.4.3 Estómago	9
2.4.4 Intestino Delgado	9
2.4.5 Páncreas	10
2.4.6 Hígado	10
2.4.7 Vesícula Biliar	10
2.4.8 Ciego	10
2.4.9 Colón	10
2.4.10 Recto	11
2.4.11 Ano	11
2.5. Enfermedades del sistema digestivo	11
2.5.1. Diarrea	11
2.5.2. Trastornos digestivos y obstrucciones	12
2.5.3. Enteritis	12
2.5.4. Coccidiosis	12
2.5.5. Estasis gastrointestinal	13
2.5.6. Impactación fecal	13
2.5.7. Prolapso rectal:	14
2.6. Enfermedades Infecciosas	15
2.6.1. Salmonelosis	15
2.6.2. Neumonía	16
2.6.3. Linfadenitis	17
2.6.4. Enfermedades parasitarias	17
2.7. Nutrición y Alimentación	20
2.7.1. Componentes de la Ración Alimenticia	21

2.7.2. Requerimientos nutricionales 22
2.7.3. Índices productivos y reproductivos 22
2.8. Fitoterapia 24
CAPÍTULO III 27
3. MARCO METODOLÓGICO 27
3.1. Ubicación de la investigación 27
3.2. Metodología 28
3.2.1. Material experimental 28
3.2.2. Factores en estudio 28
3.2.3. Tratamientos 28
3.2.4. Tipo de diseño experimental 29
3.2.5. Tipos de análisis 29
3.2.6. Métodos de evaluación y datos a tomarse 29
3.2.7. Manejo del experimento 31
CAPÍTULO III RESULTADOS 34
COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS 85
CONCLUSIONES 86
RECOMENDACIONES 88
BIBLIOGRAFIA 89
ANEXOS 1

ÍNDICE DE TABLAS

N.º Detalle **Pág.**

1. Tabla 1 Requerimientos Nutricionales de los cobayos 22
2. Tabla 2 Pesos de los sujetos experimentales por semana 34
3. Tabla 3 Ganancia de peso semana 1 36
4. Tabla 4 Ganancia de peso semana 2 37
5. Tabla 5 Ganancia de peso semana 3 39
6. Tabla 6 Ganancia de peso semana 4 41
7. Tabla 7 Ganancia de peso semana 5 42
8. Tabla 8 Ganancia de peso semana 6 43
9. Tabla 9 Ganancia de peso en gramos por semana 44
10. Tabla 10 Alimento consumido 45
11. Tabla 11 Conversión alimenticia por semana 2 47
12. Tabla 12 Conversión alimenticia por semana 3 49
13. Tabla 13 Conversión alimenticia por semana 4 51
14. Tabla 14 Conversión alimenticia por semana 5 52
15. Tabla 15 Conversión alimenticia por semana 6 53
16. Tabla 16 Tasa de mortalidad 55
17. Tabla 17 Resultados de secuenciación NGS antes de aplicar los tratamientos. 56
18. Tabla 18 Resultados de secuenciación NGS después de aplicar los tratamientos 57
19. Tabla 19 Resultados de secuenciación NGS antes de aplicar los tratamientos 58
20. Tabla 20 Resultados de secuenciación NGS después de aplicar los tratamientos 59
21. Tabla 21 Resultados de secuenciación NGS antes de aplicar los tratamientos 61
22. Tabla 22 Resultados de secuenciación NGS después de aplicar los tratamientos 62

23. Tabla 23 Resultados de secuenciación NGS antes de aplicar los tratamientos Tratamiento 4 63
24. Tabla 24 Resultados de secuenciación NGS después de aplicar los tratamientos 64
25. Tabla 25 Gastos generados dentro de la investigación 66
26. Tabla 26 Ingresos generados dentro de la investigación 67
27. Tabla 27 Resultados mediante la escala hedónica 69
28. Tabla 28 Resultados de terneza 71
29. Tabla 29 Resultados sobre el color de la carne de cobayos dentro de los tratamientos 73
30. Tabla 30 Resultados sobre el aroma de la carne de cobayos dentro de los tratamientos 74
31. Tabla 31 Resultados sobre el sabor de la carne de cobayos dentro de los tratamientos 76
32. Tabla 32 Resultados de Color instrumental 78
33. Tabla 33 Resultados de textura y terneza 80
34. Tabla 34 Resultados de jugosidad 81
35. Tabla 35 Resultados de olor y aroma 83

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Figura 1 Ganancia de peso semana 1 36
2. Figura 2 Ganancia de peso semana 2 38
3. Figura 3 Ganancia de peso semana 3 39
4. Figura 4 Ganancia de peso semana 4 41
5. Figura 5 Ganancia de peso semana 5 42
6. Figura 6 Ganancia de peso semana 6 43
7. Figura 7 Conversión alimenticia por semana 2 47
8. Figura 8 Conversión alimenticia por semana 3 49
9. Figura 9 Conversión alimenticia por semana 4 51
10. Figura 10 Conversión alimenticia por semana 5 52
11. Figura 11 Conversión alimenticia por semana 6 53
12. Figura 12 Resultados mediante la escala hedónica 69
13. Figura 13 Resultados de terneza 71
14. Figura 14 Resultados sobre el color de la carne de cobayos dentro de los tratamientos 73
15. Figura 15 Resultados sobre el aroma de la carne de cobayos dentro de los tratamientos 75
16. Figura 16 Resultados sobre el sabor de la carne de cobayos dentro de los tratamientos 76
17. Figura 18 Resultados de textura y terneza 80
18. Figura 18 Resultados de jugosidad 82
19. Figura 19 Resultados de olor y aroma 83

ÍNDICE DE ANEXOS

CONTENIDO **Detalle**

Mapa de ubicación de la investigación

Croquis del ensayo

Cronograma de actividad

Presupuesto

Ficha de recolección de datos

Resultados del reporte de Secuenciación NGS

Anexos

Glosario

RESUMEN

La presente investigación, titulada “Evaluación del efecto del timol y apigenina en los índices productivos en cobayos”, se llevó a cabo en la parroquia San Simón, cantón Guaranda, provincia de Bolívar, a 2.672 msnm. El objetivo general fue evaluar el efecto del timol y la apigenina en los índices productivos en cobayos. Los objetivos específicos fueron: comparar el efecto del timol y la apigenina en la ganancia de peso y conversión alimentaria; determinar los efectos sobre la microbiota del ciego en cobayos faenados (mediante secuenciación 16S rRNA); evaluar el costo/beneficio de incorporar timol y apigenina en la dieta; y analizar las propiedades organolépticas de la carne.

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar con cuatro tratamientos: T1 (control: alimento balanceado), T2 (timol), T3 (apigenina) y T4 (timol + apigenina), con 4 repeticiones y un total de 64 cobayos. Los datos productivos (peso semanal, ganancia de peso, consumo y conversión alimenticia) se registraron durante seis semanas. Además, se realizaron análisis de microbiota cecal por secuenciación 16S y una evaluación organoléptica por escala hedónica a 12 panelistas; finalmente se elaboró un análisis costo/beneficio por tratamiento.

Los resultados mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) en ganancia de peso y conversión alimenticia entre tratamientos. El tratamiento combinado (T4) obtuvo la mejor respuesta productiva, alcanzando un peso final promedio superior al control y la conversión alimenticia más eficiente (mejoras porcentuales relevantes frente a T1). La secuenciación del contenido cecal mostró un incremento en bacterias beneficiosas celulolíticas y mayor diversidad microbiana en los grupos suplementados, asociándose con mejor digestibilidad y aprovechamiento de nutrientes. En la caracterización organoléptica, T4 presentó mayor aceptación (alta puntuación en color, terneza y jugosidad y menor presencia de olores defectuosos). El análisis económico indicó que, aunque el costo por tratamiento aumentó, T4 minimizó pérdidas y mostró mejor relación costo/beneficio al optimizar la eficiencia productiva y el peso comercial alcanzado.

Se concluye que la inclusión de timol y apigenina (especialmente en combinación) ejerce un efecto sinérgico positivo sobre los índices productivos, la microbiota cecal y la calidad sensorial de la carne de cobayos, constituyéndose en una alternativa técnica y potencialmente rentable frente a promotores de crecimiento sintéticos. Se recomienda adoptar el protocolo de mezcla usado (30 gotas de timol + 1 cápsula de apigenina por cada 300 g de alimento) y aplicar un periodo de adaptación de 7 días antes del inicio del tratamiento para estabilizar la microbiota.

Palabras Clave: Timol, apigenina, cobayos, índices productivos, microbiota cecal, fitobióticos, propiedades organolépticas.

SUMMARY

This research, titled “Evaluation of the effect of thymol and apigenin on productive indices in guinea pigs”, was carried out in San Simón parish, Guaranda canton, Bolívar province, at 2,672 m.a.s.l. The general objective was to evaluate the effect of thymol and apigenin on productive indices in guinea pigs. Specific objectives were: to compare the effect of thymol and apigenin on weight gain and feed conversion; to determine their effects on cecal microbiota in slaughtered guinea pigs (using 16S rRNA sequencing); to evaluate the cost/benefit of incorporating thymol and apigenin into the diet; and to analyze the meat’s organoleptic properties.

A Completely Randomized Block Design was applied with four treatments: T1 (control: balanced feed), T2 (thymol), T3 (apigenin), and T4 (thymol + apigenin), with 4 replications and 64 guinea pigs in total. Productive variables (weekly weight, weight gain, feed intake and feed conversion) were recorded over six weeks. Cecal microbiota was analyzed by 16S sequencing and meat sensory evaluation was performed with a 12-panelist hedonic scale; an economic cost/benefit analysis per treatment was also conducted.

Results indicated highly significant differences ($p < 0.0001$) in weight gain and feed conversion among treatments. The combined treatment (T4) delivered the best productive response, achieving higher final average weight and most efficient feed conversion (notable percentage improvements compared to T1). Cecal sequencing revealed increased abundance of beneficial cellulolytic bacteria and greater microbial diversity in supplemented groups, linked to improved digestibility and nutrient utilization. In sensory evaluation, T4 achieved higher acceptance (improved color, tenderness and juiciness, and fewer off-odors). Although production costs rose per treatment, the economic analysis showed that T4 minimized losses and improved the cost/benefit ratio by optimizing production efficiency and market weight.

In conclusion, dietary inclusion of thymol and apigenin (particularly combined) exerts a synergistic positive effect on productive indices, cecal microbiota and meat

quality in guinea pigs, representing a technical and potentially economical alternative to synthetic growth promoters. The use of the tested dosing protocol (30 drops thymol + 1 capsule apigenin per 300 g feed) and a 7-day adaptation period before supplementation are recommended.

Keywords: Thymol, apigenin, guinea pigs, productive indices, cecal microbiota, phytobiotics, organoleptic properties.

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

Los cobayos, también conocidos como conejillos de Indias, son animales que se crían principalmente en América del Sur, especialmente en países como Perú, Bolivia y Ecuador. Su distribución y hábitat están influenciados por factores como el clima, la altitud y la disponibilidad de alimentos (Zaldívar, L, 2023).

En Ecuador, la producción de cobayos es una actividad significativa que contribuye a la seguridad alimentaria y al sustento de muchas familias. En el año 2020, se estimó que había aproximadamente 21 millones de cobayos en el país, los cuales producen alrededor de 47 millones de cobayos anuales destinados al consumo y la venta. Esto representa aproximadamente 14,300 toneladas de carne de cobayos (Silva, 2021)

La carne de cobayos es apreciada por su alto contenido proteico y bajo nivel de grasa, lo que la convierte en una opción nutritiva en la dieta de muchas personas, especialmente en las regiones andinas. El consumo per cápita en el sector rural se sitúa en 16,90 kg al año, mientras que en el sector urbano es de 8,52 kg al año. El precio de la carne de cobayos es competitivo en comparación con otras carnes, lo que la convierte en una opción accesible para muchas familias. En las provincias andinas, el costo promedio de la carne de cobayos es significativamente menor que el de la carne de res, lo que impulsa su demanda local. Sin embargo, a pesar de esta producción, la demanda en algunas regiones aún no se cubre completamente, lo que ha llevado a la necesidad de importar reproductores para mejorar la genética y aumentar la producción (Silva, 2021).

El timol, un compuesto presente en el orégano *(Origanum vulgare*), aporta múltiples beneficios a la alimentación de los cobayos, favoreciendo su salud y bienestar. Sus propiedades digestivas contribuyen a optimizar la función intestinal, lo que resulta clave en la cría de estos animales. Al mejorar la salud digestiva, se potencia el aprovechamiento de los nutrientes, fortaleciendo el sistema

inmunológico y reduciendo la incidencia de enfermedades. Como consecuencia, el rendimiento productivo en la cavicultura se ve favorecido, permitiendo un crecimiento más eficiente y saludable de los cobayos (Fernández, 2021).

La Apigenina, compuesto que se encuentra en la manzanilla (*Matricaria chamomilla*) es una planta medicinal que ha demostrado tener varios beneficios para la salud, y su uso se ha extendido a la cría de cobayos (*Cavia porcellus*), especialmente en el contexto de la salud reproductiva y digestiva de estos animales. Puede influir positivamente en el microbiota cecal debido a sus propiedades antiinflamatorias, antimicrobianas y prebióticas. Sus compuestos bioactivos, como los flavonoides y terpenoides, ayudan a modular el equilibrio microbiano en el ciego, favoreciendo el crecimiento de bacterias beneficiosas como Lactobacillus y Bifidobacterium, mientras inhiben microorganismos patógenos. Además, su efecto carminativo contribuye a reducir la producción excesiva de gases y promueve una digestión más eficiente, optimizando la fermentación de la fibra en el ciego y mejorando la salud intestinal del cobayo (Sánchez & Morales, 2021).

1.2.PROBLEMA

La producción de cobayos enfrenta desafíos sanitarios críticos debido a la proliferación de bacterias en su entorno, las cuales pueden afectar la calidad del tejido muscular y contaminar la carne, representando un riesgo significativo para la salud pública. La implementación generalizada de antibióticos en la alimentación animal, si bien ha sido una estrategia común para el control de enfermedades, ha generado preocupaciones debido a sus efectos adversos, tales como la disrupción del equilibrio de la microbiota intestinal y el desarrollo de resistencia antimicrobiana, comprometiendo así la eficiencia productiva y la inocuidad de los productos derivados.

El intestino delgado, especialmente el duodeno y el yeyuno, es fundamental para la absorción de nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de los cobayos; sin embargo, cuando esta integridad se ve comprometida por agentes patógenos, se reduce la eficiencia de conversión alimenticia, lo que afecta la ganancia de peso, la calidad de la carne y genera inflamaciones crónicas que alteran la homeostasis digestiva y el rendimiento productivo.

En este contexto, la fitoterapia se plantea como una alternativa sostenible al incorporar compuestos bioactivos, como el timol del orégano y los flavonoides de la manzanilla, que han demostrado propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias y carminativas, favoreciendo el equilibrio de la microbiota intestinal y fortaleciendo el sistema inmunológico de los cobayos; no obstante, su potencial en la producción de estos animales aún requiere de estudios científicos que evalúen su eficacia, mecanismos de acción y posibles sinergias con otros compuestos naturales.

El desarrollo de estrategias nutricionales basadas en fitoterapia no solo permitiría reducir la dependencia de antibióticos y minimizar la resistencia microbiana, sino que también optimizaría la calidad de la carne y mejoraría los parámetros productivos en la cavicultura. La investigación en este ámbito es clave para consolidar sistemas de producción más eficientes, sostenibles y alineados con las exigencias actuales de la seguridad alimentaria y el bienestar animal.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Evaluar el efecto del timol y la apigenina en los índices productivos en cobayos.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Comparar el efecto del timol y apigenina en la ganancia de peso y conversión alimentaria
- Determinar los efectos del timol y apigenina sobre la microbiota del ciego en cobayos faenados.
- Evaluar el costo/beneficio de incorporar timol y apigenina en la dieta de cobayos.
- Analizar las propiedades organolépticas de la carne de cobayos alimentada con timol y apigenina.

1.4. HIPÓTESIS

H_1: La inclusión del timol y apigenina, influye en los índices productivos de los cobayos.

H_0: La inclusión del timol y apigenina, no influye en los índices productivos de los cobayos.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1.Cavicultura

La crianza de cobayos es una actividad de gran importancia dentro del sector agropecuario, especialmente en países andinos como Ecuador, donde su consumo es significativo y representa una fuente importante de proteína animal. Esta práctica no solo contribuye a la seguridad alimentaria, sino que también impulsa el desarrollo económico en áreas rurales.

Según datos del último censo agropecuario realizado en Ecuador, el consumo de carne de cobayos ha mostrado un crecimiento constante, siendo especialmente popular en las regiones andinas. En la región Sierra, se estima que el consumo representa un 60%, mientras que en la Costa y otras áreas se mantiene en un 30% y 10%, respectivamente.

2.1.1. Historia de la cavicultura

La domesticación de los cobayos, conocidos científicamente como Cavia porcellus, se remonta a aproximadamente 5000 años en la región andina de América del Sur, donde las comunidades indígenas comenzaron a criarlos como fuente de alimento. Estos animales se convirtieron en una parte integral de la dieta local, proporcionando proteínas y nutrientes esenciales. A lo largo de los siglos, los cobayos han sido criados no solo para el consumo personal, sino también para el comercio y festividades culturales en países como Perú, Ecuador y Bolivia (Digital, 2021).

En Ecuador, la cuyicultura comenzó a tomar un enfoque más organizado durante la década de 1940, cuando se implementaron programas de mejora genética y manejo adecuado para aumentar la producción. Con el apoyo técnico de expertos internacionales, se promovió la crianza de cobayos en granjas familiares, lo que

ayudó a consolidar esta práctica como una actividad económica viable (Francodex, 2021).

Hoy en día, la cuyicultura no solo representa una importante fuente de ingresos para muchas familias rurales, sino que también contribuye a la seguridad alimentaria y al desarrollo económico en las regiones andinas. La carne de cobayos es valorada por su alto contenido proteico y bajo nivel de grasa, lo que la convierte en una alternativa nutritiva dentro de la dieta local (Tapia, I & Esquivel, D, 2022).

2.2. Características de la industria de Cobayos

La industria de cobayos abarca diversas fases que van desde el mejoramiento genético hasta la producción y venta de estos animales. Este sector se enfoca en la cría de cobayos para la obtención de carne, un alimento tradicional en varios países de los Andes, además de la producción de cobayos reproductores y la formulación de dietas específicas que promuevan su crecimiento óptimo (Aucapiña, C & Peñaranda, A, 2020).

El mejoramiento genético se ha vuelto crucial para incrementar la productividad y la resistencia a enfermedades en los cobayos. Se aplican métodos de selección que permiten desarrollar líneas con características deseadas, como un mayor peso y una mejor conversión alimentaria, a través de cruzamientos selectivos entre distintas variedades (Guerra, C, 2023).

La crianza adecuada de cobayos requiere un manejo integral que incluya una alimentación balanceada, control sanitario y condiciones ambientales favorables. Su dieta se compone principalmente de forrajes y concentrados que favorecen un crecimiento rápido y saludable (Guerra, C, 2023).Los cobayos son criados principalmente para el consumo humano, siendo su carne apreciada por su sabor y valor nutricional. La comercialización se lleva a cabo en mercados locales y ferias, donde se destaca la calidad del producto final (Agraria, 2021).

2.3. Generalidades de los Cobayos

Los cobayos, conocidos también como cobayas o conejillos de Indias, son roedores domesticados que se crían principalmente por su carne. Este animal es especialmente valorado en varios países andinos, donde su producción ha sido perfeccionada para satisfacer la creciente demanda de este alimento tradicional. Además de su uso como fuente de proteína, los cobayos son criados para la producción de ejemplares reproductores, lo que garantiza la continuidad del ciclo productivo (Abarza, 2024).

El período de gestación en cobayos es aproximadamente de 67 días. Al finalizar este tiempo, las crías nacen completamente desarrolladas y son capaces de alimentarse poco después del parto. Este tipo de desarrollo es típico en especies que requieren una alta tasa de supervivencia desde el nacimiento (Zaldívar, L, 2023).

2.3.1. Taxonomía del Cobayos

Reino	Animal
Tipo	Mamíferos
Filo	Vertebrado
Clase	Mammalia
Subclase	Theira
Orden	Roedor
Familia	Cavidae
Género	Cavia
Especie	*Cavia porcellus* *Cavia aparea aparea* *Cavia cutleri King*

2.4.Anatomía digestiva

El sistema digestivo del cobayo (*Cavia porcellus*) presenta características distintivas que lo diferencian de otros mamíferos. Este sistema está diseñado para procesar eficientemente los alimentos herbívoros, permitiendo la absorción de nutrientes esenciales (Vargas, A & Mamani, P, 2020).

2.4.1 Boca

Según (Guerra, C, 2023), el tracto digestivo del cobayo comienza en la cavidad bucal, donde el maxilar superior e inferior alberga un total de 20 dientes (I 1/1, C 0/0, PM 1/1, M 3/3). Este roedor no tiene caninos y sus dientes carecen de la raíz típica, lo que les permite crecer continuamente, alcanzando un promedio de diez centímetros al año. Debido a este crecimiento constante, es esencial que los cobayos desgasten sus dientes de manera continua a través de la acción de roer (Zaldívar, L, 2023).

2.4.2 Esófago

Se encuentra en la garganta, adyacente a la tráquea. La capa muscular del esófago está compuesta, en su parte superior, por fibras musculares estriadas, mientras que la sección inferior del esófago está formada por músculo liso, comenzando desde la región cardíaca proximal (Vargas, A & Mamani, P, 2020).

2.4.3 Estómago

El estómago del cobayo es un órgano de gran tamaño, con una capacidad de hasta 150 cc, y se caracteriza por poseer una musculatura débil compuesta de fibras musculares lisas. Desde un punto de vista anatómico, se pueden identificar dos áreas: la región cardial y la fúndica, que tiene paredes delgadas y funciona como un reservorio, y el antro pilórico, que presenta una mucosa glandular y paredes un poco más gruesas (Vargas, A & Mamani, P, 2020).

2.4.4 Intestino Delgado

El intestino delgado se divide en tres partes: duodeno, yeyuno e íleon. Aquí se lleva a cabo la mayor parte de la digestión y absorción de nutrientes. En esta sección, el alimento se mezcla con bilis y jugos pancreáticos para facilitar su análisis (Guerra, C, 2023).

2.4.5 Páncreas

El páncreas es la glándula digestiva más crucial, ya que produce casi todas las enzimas necesarias para descomponer los alimentos (Guerra, C, 2023).

2.4.6 Hígado

Desde un punto de vista anatómico, la cara visceral del hígado está en contacto con el lado izquierdo del estómago y, en ocasiones, con el bazo. En su lado derecho, se relaciona con el páncreas, el riñón derecho y el duodeno (Agraria, 2021).

2.4.7 Vesícula Biliar

Se encuentra en una fosa entre los lóbulos cuadrados y derecho medial del hígado, y cuando está lleno, hace contacto con el hígado y el diafragma. Almacena la bilis hasta que es liberada hacia el duodeno, y la bilis del cobayo tiene un color amarillento (Zaldívar, L, 2023).

2.4.8 Ciego

El ciego es un órgano crucial para la fermentación microbiana de los alimentos no digeridos. En él habitan microorganismos que descomponen la celulosa, permitiendo al cobayo aprovechar nutrientes de alimentos fibrosos. Este órgano puede sostener hasta el 65% del contenido gastrointestinal y es fundamental para la digestión postgástrica (Tapia, I & Esquivel, D, 2022).

2.4.9 Colón

Se divide en dos puntos ascendentes, que es corto; colon transverso y colon descendente, que es largo. La curva que se forma entre el colon ascendente y el transverso se denomina flexura cólica derecha, mientras que la que se encuentra entre el colon transverso y el descendente se llama flexura cólica izquierda (Chauca, L, 2020).

2.4.10 Recto

Su función es recibir los excrementos que vienen del colon y no permitir que ocurra la evacuación de las heces involuntariamente. Para controlar esto está el esfínter que es un músculo que se contrae para sujetar y se relaja para evacuar (Zaldívar, L, 2023).

2.4.11 Ano

Finalmente, las heces son expulsadas a través del ano. Los cobayos presentan un comportamiento conocido como cecotrofía, donde consumen sus heces blandas para maximizar la absorción de nutrientes (Zaldívar, L, 2023).

2.5. Enfermedades del sistema digestivo

Los trastornos digestivos en los cobayas pueden estar causados por diversos tipos de bacterias, virus y parásitos pueden afectar el aparato digestivo de los cobayas, causando síntomas como diarrea, pérdida de peso, falta de energía, disminución del apetito y deshidratación. En algunos casos, pueden morir súbitamente sin mostrar signos evidentes de enfermedad. (Avilés, 2020)

2.5.1. Diarrea

Para tratar la diarrea y mejorar la salud digestiva, se recomienda aumentar la fibra en la dieta proporcionando heno y reduciendo la ingesta de granos y azúcares. Los probióticos pueden ser útiles para restablecer el equilibrio de bacterias en el tracto digestivo. Es fundamental garantizar una hidratación adecuada, y si el cobaya no bebe suficiente agua, el veterinario puede administrar fluidos por inyección. Los antibióticos deben utilizarse solo cuando sea estrictamente necesario, ya que pueden agravar el desequilibrio bacteriano. Además, mantener limpio y desinfectado el entorno del cobaya, incluyendo su cama, botella de agua y alojamiento, así como retirar rápidamente los alimentos no consumidos, ayuda a prevenir infecciones al reducir la proliferación de microorganismos patógenos. (Abarza, 2024)

2.5.2. Trastornos digestivos y obstrucciones

Los animales afectados suelen mostrar un marcado descenso en el apetito, permaneciendo inactivos y apáticos. Además, pueden presentar signos adicionales de malestar, como distensión abdominal, dificultad para procesar los alimentos y cambios en la consistencia de las heces. Es posible que el animal experimente dolor al ser manipulado, manifestando sensibilidad en el abdomen y, en algunos casos, vómitos o letargo extremo. Estas alteraciones pueden ser indicativas de problemas serios en el tracto digestivo, por lo que es fundamental buscar atención veterinaria de inmediato ante la detección de estos síntomas para evitar complicaciones mayores y asegurar un tratamiento adecuado. (Digital, 2021)

2.5.3. Enteritis

La enteritis en cuyes es una inflamación del intestino que puede ser causada por una variedad de agentes infecciosos, incluyendo bacterias, virus y parásitos. Esta enfermedad provoca que el intestino se inflame, lo que resulta en un compromiso en la absorción de nutrientes y líquidos, generando síntomas como diarrea persistente, deshidratación, letargo y pérdida de peso. Además, la enteritis puede ocasionar molestias abdominales y, en casos severos, puede llevar a complicaciones sistémicas si no se trata oportunamente. El diagnóstico suele basarse en la evaluación clínica y, en ocasiones, en pruebas de laboratorio para identificar el agente patógeno. La intervención temprana con tratamientos específicos, que pueden incluir el uso cuidadoso de antibióticos y la administración de fluidos, es crucial para la recuperación del animal. La prevención se centra en mantener una adecuada higiene, una dieta balanceada y la reducción de factores de estrés, elementos esenciales para el bienestar del cuy. (Vargas, A & Mamani, P, 2020)

2.5.4. Coccidiosis

La coccidiosis es una enfermedad parasitaria que afecta el tracto intestinal de los cuyes y es causada por protozoos del género *Eimeria*. Esta infección se caracteriza por la destrucción de las células intestinales, lo que conduce a una absorción

deficiente de nutrientes y agua, manifestándose a través de síntomas como diarrea severa, pérdida de peso y, en ocasiones, deshidratación crítica. La coccidiosis puede tener un impacto especialmente negativo en cuyes jóvenes o inmunocomprometidos, y su rápida progresión puede llegar a ser mortal si no se maneja adecuadamente. El diagnóstico se realiza mediante análisis fecales que permiten identificar la presencia de oocistos, y el tratamiento generalmente involucra el uso de medicamentos anticoccidiales junto con medidas de soporte, como la hidratación y la corrección nutricional. La prevención es fundamental e incluye mantener una buena higiene en el alojamiento y una alimentación adecuada, así como evitar el hacinamiento, lo que reduce la propagación del parásito (Chauca, L, 2020).

2.5.5. Estasis gastrointestinal

La estasis gastrointestinal es una condición en la que el movimiento normal del sistema digestivo se ralentiza o detiene, provocando una acumulación de gas y materia no digerida en el tracto intestinal. Este trastorno puede ser consecuencia de una dieta baja en fibra, estrés, dolor o enfermedades subyacentes que afecten la motilidad intestinal. Los cuyes que sufren de estasis gastrointestinal suelen presentar síntomas como disminución o ausencia del apetito, letargo, hinchazón abdominal y, en algunos casos, malestar al ser manipulados. La acumulación de gas puede generar una presión que, si no se alivia, puede llevar a complicaciones más graves, incluyendo infecciones secundarias. El tratamiento de la estasis gastrointestinal generalmente implica ajustar la dieta para incluir mayor cantidad de fibra, promover el ejercicio y, en situaciones críticas, la intervención veterinaria para reactivar la motilidad del intestino. Además, se recomienda minimizar el estrés ambiental y mantener un entorno limpio y adecuado para favorecer la recuperación del animal (Sánchez & Morales, 2021).

2.5.6. Impactación fecal

La impactación fecal es una afección en la que las heces se acumulan en el recto de los cuyes, lo que impide su expulsión normal y puede provocar un bloqueo del

sistema digestivo. Esta condición es especialmente común en animales de edad avanzada o en aquellos que han tenido problemas crónicos de movilidad intestinal, y se caracteriza por un abdomen distendido, dolor a la palpación y una notable disminución en el apetito. La acumulación prolongada de materia fecal no solo genera molestias significativas, sino que también puede desencadenar infecciones secundarias y un deterioro general de la salud del cuy. El tratamiento generalmente implica la rehidratación del animal, la administración de laxantes o enemas bajo supervisión veterinaria y la implementación de cambios en la dieta para aumentar la ingesta de fibra. La prevención se basa en un manejo adecuado de la alimentación y en controles regulares que permitan identificar a tiempo cualquier signo de dificultad para la evacuación (Grégoire, Thierry, Huamán Fuertes, & Silva, 2021).

2.5.7. Prolapso rectal:

El prolapso rectal es una condición en la que parte del recto del cuy se invierte y sobresale a través del ano, lo que suele ocurrir tras episodios repetidos de esfuerzo durante la defecación, frecuentemente asociados a diarreas crónicas o inflamaciones del tracto digestivo. Esta alteración resulta en una exposición directa del tejido rectal a factores ambientales, lo que aumenta el riesgo de infecciones y lesiones en la zona afectada. Los cuyes con prolapso pueden mostrar signos de dolor, irritabilidad y una marcada disminución del apetito, además de evidenciar una clara afectación en la calidad de vida. El tratamiento requiere atención veterinaria inmediata, donde se evaluará la extensión del prolapso y se determinará si es necesario realizar una intervención quirúrgica o aplicar tratamientos tópicos y medidas de soporte para reducir la inflamación y facilitar la reubicación del tejido. La prevención implica controlar las condiciones subyacentes que favorecen el esfuerzo excesivo, mantener una dieta rica en fibra y garantizar un manejo adecuado de la higiene y el estrés del animal (Rodrigo Romero, 2021).

2.5.7. Timpanismo

El timpanismo en el cuy es una condición grave caracterizada por la acumulación excesiva de gas en el tracto digestivo, lo que provoca una notable distensión

abdominal y dolor. Esta situación puede deberse a una dieta inadecuada, estrés o infecciones gastrointestinales, comprometiendo la función normal del sistema digestivo. Los cuyes afectados suelen mostrar síntomas como letargo, pérdida de apetito, dificultad para defecar e incluso problemas respiratorios debido a la presión sobre los órganos internos. Ante la sospecha de timpanismo, es fundamental actuar con prontitud y buscar la ayuda de un veterinario especializado en animales exóticos, ya que un tratamiento oportuno puede marcar la diferencia en la evolución y recuperación del animal (Meneses-Reyes, Soto-Hernández, Espinosa-Solares, & Ramírez-Guzmán, 2021).

2.6. Enfermedades Infecciosas

Son aquellas producidas por gérmenes muy pequeños.

2.6.1. Salmonelosis

Es producida por un germen que se encuentra en los excrementos de diversos animales (conejo, pollos, gallinas, pavos, cerdos, vacas, caballos), es capaz de matar a cobayos de todas las edades (Digital, 2021).

Signos: Podemos identificar la presencia de salmonelosis en nuestro cuyero al observar lo siguiente: los animales comienzan a presentar diarrea de color blanquecino, las hembras embarazadas experimentan abortos frecuentes, los animales arrastran las patas traseras, su pelaje se eriza y el abdomen de los animales se agranda (Tapia, I & Esquivel, D, 2022).

Tratamiento: Para ayudar a los cobayos que muestren síntomas de salmonelosis, se pueden administrar medicamentos (antibióticos), ya sea por inyección o mezclados con agua o alimento **(Tapia, I & Esquivel, D, 2022)**.

- Medicamentos inyectables: Enropro 10%, emicina, ciclosona, biomizona.
- Medicamentos orales: Clorafen, gallito, terramicina, saniterra.
- La duración del tratamiento suele ser de 7 a 9 días.

Prevención:

- Para prevenir la salmonelosis, podemos seguir estos pasos:
- Mantener alejados a otros tipos de animales de los cobayos y de los pastos que consumen.
- Asegurarse de que el cobayosero proteja a los cobayos de plagas y depredadores como ratas y aves.
- Mantener el cobayosero limpio, realizando desinfecciones cada 15 días.
- No sobre poblar las pozas o jaulas; generalmente se recomienda tener entre 6 y 9 animales por cada una.
- Proteger a los cobayos del exceso de calor y evitar que estén expuestos a corrientes de aire.

2.6.2. Neumonía

La neumonía es causada por gérmenes que afectan los pulmones de los cobayos, siendo las crías las más susceptibles a esta enfermedad (Tapia, I & Esquivel, D, 2022).

Signos

- Podemos identificar que nuestros cobayos tienen neumonía al observar lo siguiente:
- Las crías se mantienen apartadas del grupo.
- Comienzan a presentar secreción nasal (moco por la nariz).
- Tienen dificultad para respirar (respiración agitada).
- Dejan de comer y se muestran postradas.

Tratamiento

Para ayudar a los cobayos afectados por neumonía, es necesario administrar medicamentos (antibióticos), ya sea de forma oral o inyectable (Jaramillo, R, 2022).

Prevención

Podemos prevenir la neumonía evitando corrientes de aire fuertes en el cuyero.

Medicamentos Inyectables: Biomizona, Enropro 10%, ciclosona, agrosona.

Orales: Saniterra, terramicina (Digital, 2021).

2.6.3. Linfadenitis

La linfadenitis es una enfermedad causada por un germen que afecta a los cobayos de todas las edades (Chauca, L, 2020).

Signos: Podemos identificar que nuestros cobayos tienen linfadenitis cuando observamos la aparición de bultos o protuberancias a los lados del cuello o debajo de la cabeza. En ocasiones, estos bultos pueden reventar y liberar pus (Montes Andía, 2020).

Tratamiento

Para tratar a los cobayos con linfadenitis, se deben realizar las siguientes acciones:

- Drenar el bulto, lo que implica hacer una pequeña punción o corte para permitir la salida del pus.
- Aplicar yodo dentro del bulto utilizando una jeringa.
- Administrar antibióticos durante tres días.

Prevención: La linfadenitis puede prevenirse manteniendo el cuyero limpio y en buenas condiciones (Digital, 2021).

2.6.4. Enfermedades parasitarias

- **Piojos y Pulgas**

Los parásitos que afectan a los cobayos son pequeños y similares a diminutas arañas, y pueden observarse moviéndose por la piel del cobayo al separar su pelaje. Las crías son las más vulnerables a esta infestación (Silva, 2021).

Signos: Cuando los cobayos están infestados con piojos, se pueden notar decaídos, con el abdomen hinchado, débiles y, en algunos casos, la muerte puede ocurrir pocos días después de que la enfermedad comienza (Chauca, L, 2020).

Tratamiento: Para eliminar los piojos y pulgas, se pueden utilizar piojicidas y pulgicidas de contacto en forma líquida (como ectoline) o en polvo (como bichosan, gamezan, bolfo plus) (Digital, 2021).

Prevención

Para evitar que los piojos infesten a nuestros cobayos, se recomienda:

- Desinfectar las pozas cada 7 días.
- Limpiar las pozas de manera regular.
- Evitar el contacto de otros animales con nuestros cobayos.

- **Sarna**

La sarna es causada por un pequeño parásito que no es visible a simple vista y puede afectar a cobayos de todas las edades, contagiándose con facilidad entre ellos (Francodex, 2021).

Signos

Podemos identificar que nuestros cobayos tienen sarna cuando:

- Comienzan a perder pelo, generalmente alrededor de los ojos y la nariz.
- Se rascan de manera constante.
- Aparecen heridas en las áreas donde se les ha caído el pelo.

Tratamiento

Para eliminar la sarna de nuestros cobayos, se pueden utilizar polvos para sarna, baños o medicamentos antiparasitarios como la ivermectina (Digital, 2021).

Prevención

La sarna no afectará a nuestros animales si seguimos estas recomendaciones:

- Mantener el cobayosero y las pozas limpias.
- No sobrepoblar las pozas o jaulas.
- Desinfectar el cobayosero de manera regular.

Alicuya (*fasciola hepática*)

La alicuya es un gusano con forma de hoja que afecta el hígado del cobayo. Este parásito se transmite cuando el cobayo consume pasto verde contaminado (Chauca, L, 2020).

Signos

Podemos sospechar que nuestros cobayos tienen alicuya si:

- Dejan de comer, se debilitan y mueren repentinamente.
- Su pelaje se eriza.
- Al abrir los cuerpos de los animales fallecidos, se observa que el hígado tiene un color rojo intenso y, al cortarlo, se puede encontrar el gusano (alicobayosa).

Tratamiento

La alicuya se trata mediante la administración de antiparasitarios por vía oral, como fasinex, destroyer o triabz. La dosis recomendada es de 0.4 ml para cobayos adultos y 0.2 ml para cobayos jóvenes (Digital, 2021).

Coccidiosis

La coccidiosis es causada por un pequeño parásito que se encuentra en el intestino grueso del cobayo. Este parásito se transmite cuando el cobayo ingiere pasto verde contaminado, siendo los cobayos jóvenes los más vulnerables (Montes Andía, 2020).

Signos

Podemos identificar que nuestros cobayos tienen coccidiosis cuando:

- Comienzan a perder peso rápidamente.
- Presentan diarrea con trazas de sangre.
- Mueren repentinamente.

Tratamiento: La coccidiosis se trata mediante la administración de medicamentos, como sulfaquinoxalina y amprolium, en una dosis de 1 a 1.5 gramos por litro de agua (Digital, 2021).

Prevención

- Para prevenir la coccidiosis, se recomienda:
- Limpiar las pozas y los cobayoseros de manera regular.
- Evitar la acumulación de humedad en las pozas.
- Asegurarse de que otros animales (como pollos, gallinas, pavos y vacas) no tengan contacto con el pasto destinado a los cobayos.
- No sobrecargar las pozas o jaulas con demasiados animales.

2.7. Nutrición y Alimentación

La alimentación adecuada del cobayo es crucial para lograr una producción eficiente. Por ello, es esencial asegurar el acceso a forraje de alta calidad, agua fresca y, si es posible, complementar su dieta con concentrados. Es importante tener en cuenta que esta especie es herbívora y monogástrica, presentando dos tipos de digestión: la digestión enzimática en el estómago y el intestino delgado, y la digestión microbiana en el ciego. La actividad digestiva varía según la composición de la dieta. Además, los cobayos presentan un comportamiento conocido como cecotrofia, que implica la ingestión de heces blandas para maximizar la absorción de nutrientes. En cuanto al forraje verde, los cobayos consumen alrededor del 30% de su peso vivo y son capaces de alimentarse de casi cualquier tipo de forraje (Agraria, 2021).

2.7.1. Componentes de la Ración Alimenticia

Proteínas: Son esenciales para la formación de los músculos, el pelaje y los órganos internos del cuerpo. Las leguminosas son las fuentes más ricas en proteínas, incluyendo el maní forrajero, kudzu, alfalfa, trébol, nacedero y botón de oro (Tapia, I & Esquivel, D, 2022).

Carbohidratos: Proporcionan la energía necesaria para que el organismo funcione, crezca y se reproduzca. Los principales proveedores de energía son los granos como el sorgo, maíz y trigo, así como sus subproductos, como el pulido de arroz y los afrechos (Digital, 2021).

Minerales: Son fundamentales para la formación de huesos, músculos, nervios y dientes. Si los cobayos consumen suficientes pastos, no es necesario añadir minerales a su dieta. El contenido mineral del suelo afecta el nivel de minerales en los pastos. Además, si los animales tienen acceso a sal mineralizada, pueden regular su consumo según sus necesidades individuales (Reyes, 2022).

Vitaminas: Son compuestos orgánicos esenciales para los procesos metabólicos en la nutrición de los seres vivos, y desempeñan un papel crucial en diversas funciones del cuerpo. La vitamina más relevante para la dieta de los cobayos es la vitamina C. Su deficiencia puede causar graves problemas en el crecimiento, inflamación, sangrado o úlceras en las encías, debilidad muscular y un desarrollo anormal de huesos y dientes. (Zaldívar, L, 2023).

Agua: Es el componente principal del organismo y es vital para un crecimiento y desarrollo saludables. Las fuentes de agua para los cobayos incluyen el agua presente en los alimentos (forraje fresco), que por sí sola no es suficiente, y el agua destinada a beber. Se recomienda un consumo de 120 cm^3 de agua por cada 40 g de materia seca de alimento ingerido (Chauca, L, 2020).

2.7.2. Requerimientos nutricionales

Los requerimientos nutricionales de los cobayos son fundamentales para formular raciones equilibradas que satisfagan sus necesidades de mantenimiento, crecimiento y producción. Estos requerimientos varían según la edad, el estado fisiológico, el genotipo y el entorno en el que se lleva a cabo la crianza **(Chauca, L, 2020)**.

Tabla 1

Requerimientos Nutricionales de los cobayos

Nutrientes	**Unidad**	**Etapa**		
		Gestación	**Lactancia**	**Crecimiento**
Proteína	%	18.0	18.0 a 22.0	13.0 a 17.0
Energía Digestible	Kcal/kg	2.80	3.00	2.80
Fibra	%	8.0 a 17.0	8.0 a 17.0	10.0
Calcio	%	1.4	1.4	0.8 a 1.0
Fósforo	%	0.8	0.8	0.4 a 0.7
Magnesio	%	0.1 a 0.3	0.1 a 0.3	0.1 a 0.3
Potasio	%	0.5 a 1.4	0.5 a 1.4	0.5 a 1.4
Vitamina C	Mg	200	200	200
Agua	10 mililitros de agua por 100 gramos de peso vivo			
Sales	Interdiarios			

2.7.3. Índices productivos y reproductivos

Los índices productivos de los cuyes (*Cavia porcellus*) son parámetros clave que permiten evaluar su rendimiento en sistemas de crianza. Estos índices incluyen medidas de crecimiento, reproducción y salud, y son esenciales para optimizar la producción en granjas (Chauca, L, 2020).

1. Peso al Nacimiento (PN):

Promedio de 148.58 g para cuyes de la raza Perú, con variaciones según la línea genética y el tipo de crianza.

2. Peso al Destete (PD):

Promedio de 290.97 g, que también puede variar dependiendo del manejo y las condiciones de crianza.

3. Tamaño de Camada al Nacimiento (TCN):

Promedio de 3.19 gazapos por camada, con un número que puede fluctuar según el número de partos y el estado de salud de la madre.

4. Número de Nacidos Vivos (NV):

Se reporta un promedio de 2.86 gazapos vivos por parto, lo que refleja la efectividad reproductiva del hato.

5. Peso a los Dos Meses (P2M) y Peso a los Tres Meses (P3M):

A los dos meses, el peso promedio es de aproximadamente 399.99 g, y a los tres meses es de 576.64 g, indicando un crecimiento significativo durante estas etapas (Zaldívar, L, 2023).

- **Índices Reproductivos**

1. Intervalo entre Partos:

Este parámetro es crucial para evaluar la eficiencia reproductiva; se ha observado que el intervalo puede ser influenciado por factores como el tamaño de camada y la salud general del cuy (Chauca, L, 2020).

2. Tamaño de Camada al Destete (TCD):

Promedio reportado es de 2.86 gazapos al destete, lo que refleja una buena tasa de supervivencia y manejo adecuado en las primeras etapas (Jaramillo, R, 2022).

2.8. Fitoterapia

La fitoterapia, aunque prometedora en el tratamiento de diversas enfermedades, requiere precaución al aplicarse en cuyes debido a la falta de estudios específicos sobre su seguridad y eficacia en estos animales. Es crucial consultar a un veterinario especializado antes de administrar cualquier planta medicinal a un cuy, ya que algunas plantas pueden ser tóxicas para ellos. Además, una dieta equilibrada que satisfaga sus necesidades nutricionales es fundamental para mantener su salud y prevenir enfermedades.

- **Manzanilla (*Matricaria chamomilla*)**

La manzanilla (*Matricaria chamomilla*) es una planta medicinal que ha demostrado tener varios beneficios para la salud, y su uso se ha extendido a la cría de cobayos (*Cavia porcellus*), especialmente su compuesto apigenina ayuda en el contexto de la salud reproductiva de estos animales (Vargas, A & Mamani, P, 2020).

Apigenina

Es conocida por sus propiedades antiinflamatorias, lo que puede ayudar a reducir el estrés y la inflamación en los cobayos, promoviendo un ambiente más saludable para la reproducción. Esto es crucial, ya que el estrés puede afectar negativamente la fertilidad y el ciclo reproductivo de los cobayos (Rodrigo Romero, 2021).

Un estudio realizado en tráqueas aisladas de cuyes mostró que la apigenina induce relajación del músculo traqueal. Esto ocurre mediante la inhibición de la entrada de calcio a través de canales dependientes de voltaje, y también mediante la inhibición de las enzimas fosfodiesterasas que degradan los nucleótidos cAMP y cGMP. Este efecto sugiere que la apigenina podría aliviar espasmos de las vías respiratorias en estos animales (Regalado Cajas, 2021)

Además, la apigenina mejora la defensa antioxidante al activar la vía PGC-1α/Nrf2, relacionada con el fortalecimiento muscular. En un estudio con ratones sanos suplementados con apigenina, se observó un aumento en la expresión de genes

antioxidantes (PGC-1α, Nrf2, SOD, catalasa y glutatión peroxidasa) principalmente en el músculo sóleo, aunque sin cambios significativos en los niveles proteicos de estos factores (Lozano Teruei, 2021).

También se ha demostrado que tiene efectos positivos sobre la masa y función muscular en modelos de animales. Estudios en ratones envejecidos, la suplementación con apigenina estimuló biogénesis mitocondrial y la expresión del factor PGC-1α, asociado con la producción de energía y la hipertrofia muscular. Estos cambios se tradujeron en mayor fuerza de prensión, aumento del tamaño de las fibras musculares y mejora en la resistencia física, evidenciando un efecto protector frente a la sarcopenia y la pérdida de masa muscular por edad (Liang, 2020).

- **Timol**

Se basa en el uso de extractos naturales, principalmente provenientes del tomillo, para aprovechar sus propiedades antimicrobianas y antiinflamatorias. Este compuesto activo, el timol, ha demostrado ser eficaz en la inhibición de microorganismos patógenos, lo que lo convierte en una alternativa interesante para tratar infecciones en animales pequeños como los cobayos (Rodrigo Romero, 2021).

En cobayos, el timol puede ayudar a combatir infecciones tanto en el tracto digestivo como en el respiratorio. Al reducir la carga bacteriana y modular la respuesta inflamatoria, se favorece una recuperación más rápida y se mitigan síntomas como la diarrea, la pérdida de apetito o las dificultades respiratorias. Esto es especialmente valioso en animales sensibles y con sistemas inmunológicos delicados, donde los tratamientos convencionales a veces deben complementarse con terapias alternativas (Sánchez & Morales, 2021).

La aplicación de timol en la fitoterapia debe ser cuidadosamente dosificada y, en la mayoría de los casos, se utiliza en combinación con otros tratamientos bajo la supervisión de un veterinario. Debido a la alta sensibilidad de los cobayos a los

compuestos esenciales, es fundamental que el timol se administre en formas diluidas y en dosis controladas para evitar posibles irritaciones o efectos adversos. La administración puede variar según la presentación del producto, pudiendo ser oral o, en algunos casos, tópica, siempre siguiendo las indicaciones profesionales (Lozano, 2020).

Aunque existen estudios preliminares que avalan las propiedades antimicrobianas y antiinflamatorias del timol, la evidencia científica específica en cobayos aún es limitada. Por ello, su uso se recomienda como un complemento a los tratamientos tradicionales y no como un sustituto. La integración de esta fitoterapia en el manejo de la salud de los cobayos puede contribuir a mejorar su bienestar, siempre que se haga de forma responsable y bajo el asesoramiento de especialistas en medicina veterinaria exótica (Rodrigo Romero, 2021).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación de la investigación

El proyecto de investigación se realizó en el galpón Sr. Leonardo Oyaza de la parroquia San Simón (Yacoto) perteneciente al cantón, Guaranda.

- **Localización de la investigación.**

Provincia	**Bolívar**
Cantón	Guaranda
Parroquia	San Simón
Sector	Centro
Dirección	Calle Eloy Alfaro y el Carmen

- **Situación geográfica y edafoclimática.**

Parámetros	**Valores**
Altitud promedio	2 672 msnm
Latitud	01º 38´26´´S
Longitud	78º 59´27.7´´W
Temperatura máxima	24 ºC
Temperatura mínima	7 ºC
Temperatura media	10,8 ºC
Humedad relativa	75%
Heliofanía promedio	900 horas/luz/año

- **Zona de vida**

La investigación en estudio se encuentra en la zona de vida según Holdridge, L. bosque Seco Montano Bajo (bs-MB).

3.2.Metodología

3.2.1. Material experimental

64 cuyes

3.2.2. Factores en estudio

Factor A

64 Cobayos

Factor B

Apigenina y timol

3.2.3. Tratamientos

Tratamiento	Código	Descripción
T1	A1B0	Alimento Balanceado
T2	A1B1	Balanceado + Timol (30 gotas/300gr de alimento)
T3	A1B2	Balanceado + Apigenina (1 cápsula /300gr de alimento)
T4	A1B3	Balanceado + Apigenina (1 cápsula) + Timol (30 gotas/300gr de alimento)

Numero de tratamientos	4
Numero de repeticiones	4
Número de animales por unidad experimental	4
Número total unidades experimentales	64

3.2.4. Tipo de diseño experimental

El tipo diseño que se utilizó en la presente investigación fue Diseño de bloques completos al azar (DBCA), lo cual tiene como fin controlar la variabilidad en los tratamientos antes mencionados, de acuerdo al modelo estadístico.

Fuente de variación	Grados libertad	Cuadrado medio esperado
Total (t* r) -1	15	
Bloques (repeticiones) r-1	3	f2e + 4f2 de bloques
Tratamientos t-1	3	f2 + 602 tratamientos
Error experimental (t -1) (r-1)	9	f2 e

3.2.5. Tipos de análisis

En el presente estudio los datos se analizaron mediante un ANOVA, las comparaciones múltiples se realizaron usando el test de Tukey, para el siguiente estudio se estableció un nivel de significación del 5%. Además, las variables como la edad, línea, peso inicial se utilizaron en estadística descriptiva.

3.2.6. Métodos de evaluación y datos a tomarse

- **Edad**: Variable cuantitativa en la que se selecciónó cobayos de 21 días de nacidos.

- **Línea** : Andina es una raza mejorada, de rápido crecimiento, alto rendimiento cárnico y gran adaptabilidad, ideal para la producción comercial.

- **Peso inicial**: variable que se tomó al ingreso de los cobayos a estudio los mismo que se escogieron por tratamiento completamente al azar y se relfejó el peso en gramos.

- **Peso semanal**: este dato en el presente proyecto se registró en cada uno de los tratamientos, tomando en 10% y lo reflejamos en peso en gramos en las tablas que utilizamos para la parte estadistica de nuestro proyecto.

Para el efecto de esta variable considerarmos que los cobayos no hayan comido unas 11 horas, para que los estómagos esten vacíos y tengamos un peso real a la semana.

- **Peso final:** Dato que se registró al final del proyecto de cada uno de los tratamientos considerando el 10% y lo relflejamos en gramos.

- **Consumo de alimento:** Dato que se tomó diariamente, el mismo fue guiado por un registro de consumo de alimento de cobayos, que será con la que vamos a iniciar nuestro proyecto de investigación, al existir sobrante se restó con el total administrado para obtener el consumo real diario, así se lo realizó durante toda la fase de nuestra investigación.

- **Ganancia de peso:** Dato registrado semanalmente de cada uno de los tratamientos para diferenciar en el caso se diera, cuál de los tratamientos tendra el mejor peso. Esta variable es considerada cuantitativa, porque lo obtuvimos del promedio de cada uno de los tratamientos.

- **Conversion alimenticia:** Dato que se evaluó al finalizar el proyecto, que consistió en dividir el consumo de alimento para el peso y obtener la conversion, por medio de la siguiente fórmula:

$$C.A = \frac{\text{Incremento de peso} * \text{Alimento consumido}}{\text{Ganancia de peso}}\ x\ 100$$

- **Morbilidad :** Variable cuantitativa en % que se obtuvo mediante división del número de cuyes enfermos para el total de cuyes multiplicado por 100.

$$\%Morbilidad = \frac{\text{Número de cobayos enfermos}}{\text{Número total de cobayos}} x\ 100$$

- **Mortalidad:** Dato que se tomó diariamente desde el día cero hasta la finalizacón de la presente investigacion por tratamiento.

$$\%Mortalidad = \frac{\text{Número de cobayos muertos}}{\text{Número total de cobayos}} x\ 100$$

- **Costo beneficio**: Dato que se determinó en los tratamientos propuestos posee mejores beneficios y el costo que genera en base a los insumos utilizados en los experimentos.

$$Costo - Beneficio = \frac{\text{Total de ingresos}}{\text{Total de egresos}}$$

- **Evaluación del contenido cecal:** Dato que se determinó en los tratamientos antes y después de la aplicación de apigenina y timol mediante un análisis del microbioma cecal mediante secuenciación del gen 16S rRNA, el cual identifica y cuantifica las bacterias presentes en el contenido cecal.

3.2.7. Manejo del experimento

El proyecto comenzó con la limpieza del cuyero destinada a la crianza de cobayos. Se limpió todas las áreas del cuyero para eliminar polvo y desechos, asegurando un ambiente saludable para los animales. Posteriormente, se procedió a trapear el suelo y, con la ayuda de una bomba de fumigación, se aplicó desinfectantes como yodo y creolina para garantizar la desinfección completa del espacio. Este procedimiento es fundamental para prevenir enfermedades y mantener el bienestar de los cobayos, lo que contribuye a su salud y productividad.

- **Construcción y rotulación de las divisiones por tratamiento dentro de las cuyeras**

Se identificó cada uno de los tratamientos y repeticiones y se colocó el letrero especificando la descripción de los tratamienos.

- **Distribución de los animales**

Posterior a la construcción de la divisiones en las cobayoseras las cuales representan a los tratamientos propuestos anterioremente como T1= Alimento + agua, T2= Alimento + Timol con dosis de 30 gotas/ 300gr de alimento. T2= Alimento + Apigenina con dosis de 1 cápsula /300gr de alimento. T4= Alimento + Apigenina con dosis de 1 cápsula/300gr de alimento más timol con dosis de 30 gotas/300gr de alimento.

- **Alimentación y nutrición en los tratamientos de los cobayos**

Todos los cobayos fueron alimentados con el mismo tipo de balanceado y se administró en las mismas cantidades según la etapa que se encuentren los cobayos las cuales cubrían sus necesidades, lo que si varió es la cantidad de orégano (timol) y manzanilla (apigenina).

- **Administración y control en cobayos**

Se administró multivitamínicos y antibióticos a los cobayos. Se llevó a cabo controles diarios que incluirán la medición de temperatura, humedad, limpieza del cuyero, para asegurar un ambiente saludable y óptimo para el crecimiento y desarrollo de los cobayos.

- **Procedimiento para la obtención de muestra**

Paso 1. Preparación del área y equipos: Se estableció un área de trabajo estéril con los insumos necesarios. Esto garantizará que se minimice cualquier riesgo de contaminación durante el procedimiento.

Paso 2. Esterilización y manejo: Se aplicaron medidas de higiene necesaria tanto en la superficie de trabajo como en todos los instrumentos que se utilizaron. Esta medida asegurará que se mantenga la integridad de la muestra y se eviten interferencias en los análisis posteriores.

Paso 3. Acceso al contenido cecal: Se realizó una incisión en la cavidad abdominal del cuy faenado utilizando el bisturí, siguiendo las líneas naturales del cuerpo para minimizar la exposición de tejidos no deseados. Posteriormente, se localizó el ciego, que corresponde a la porción final del intestino grueso en forma de saco.

Paso 4. Extracción de la muestra: Se seccionó cuidadosamente el ciego empleando pinzas y tijeras estériles, de manera que se mantenga la integridad del órgano. Luego, se abrió el ciego mediante una incisión longitudinal para exponer su contenido y se recolectó el material mediante una cuchara pequeña, depositándolo en recipiente estéril.

Paso 5. Etiquetado y almacenamiento: Cada muestra fue etiquetada de inmediato. Luego, se almacenó en tubos estériles y se mantuvo a 4 °C, con hielo, para preservar su integridad hasta su envío al laboratorio.

Paso 6. Extracción de ADN: Se realizó mediante un kit de extracción de ADN para bacterias, este fue verificado tanto la cantidad como la calidad por medio de un espectrofotómetro, fue almacenado en crío tubos hasta el envío a un laboratorio para la secuenciación genómica, los resultados serán procesados por vía informática y se obtendrán los genes y bacterias encontradas.

- **Caracterización organoléptica**

Este proyecto consiste en realizar una evaluación sensorial a 12 personas al azar con la finalidad de evaluar los parámetros propuestos de cada tratamiento. Estas muestras fueron evaluadas según los siguientes criterios:

- Color: Se clasificó el color de la carne en tonos como rosa intenso, rosa blanquecina, amarillo intenso, amarillo pálido y negruzca.
- Olor: Se determinó si el olor es normal o anormal.
- Textura/ Terneza: Se evaluó que tan tierna es la carne.
- Sabor: Se clasificó el sabor de la carne.
- Jugosidad: Se evaluó su jugosidad.

CAPÍTULO III
RESULTADOS

Lo primero que se realizó dentro de la investigación es determinar la ganancia de peso en los sujetos experimentales a partir de los tratamientos propuestos y de esta forma determinar la calidad de estos. A continuación, se presenta los resultados en los sujetos experimentales:

Peso por semana

Tabla 2

Pesos de los sujetos experimentales por semana

Tratamiento	8 junio (Semana 1)	15 junio (Semana 2)	22 junio (Semana 3)	29 junio (Semana 4)	6 julio (Semana 5)	13 de julio (Semana 6)
T1 Control	251	283	316,5	349,5	382,5	415,5
T2 Timol	252	288	326,5	365	402,5	440
T3 Apigenina	252	293	337,5	382,5	426	469,5
T4 Timol +Apigenina	251,5	298,5	346	395,5	443,5	491,5

La evaluación del peso corporal durante seis semanas experimentales reveló diferencias progresivas entre tratamientos. En la Semana 1, todos los grupos presentaron pesos iniciales homogéneos (251-252 g), confirmando la aleatorización efectiva de las unidades experimentales ($p > 0.05$). A partir de la Semana 2, se evidenció separación diferencial de las curvas de crecimiento. El Tratamiento 1 (control) mantuvo la tasa de crecimiento más baja, alcanzando 283 g en Semana 2 y 415.5 g al final del periodo experimental (ganancia total: 164.5 g). El Tratamiento 2 (timol) mostró mejora moderada con peso final de 440 g (ganancia total: 188 g, +14.3% respecto al control).

El Tratamiento 3 (apigenina) evidenció desempeño superior al timol individual, alcanzando 469.5 g en Semana 6 (ganancia total: 217.5 g, +32.2% respecto al control). La separación más pronunciada entre T3 y T2 se observó a partir de la

Semana 4 (382.5 g vs 365 g), sugiriendo efectos acumulativos de la apigenina sobre absorción de nutrientes y metabolismo energético. El Tratamiento 4 (timol + apigenina) demostró superioridad absoluta con trayectoria de crecimiento consistentemente superior desde la Semana 2 (298.5 g) hasta la Semana 6 (491.5 g), alcanzando ganancia total de 240 g (+46% respecto al control). La progresión lineal sostenida (incrementos semanales de 47-48.5 g) contrasta con el control (incrementos de 32-33 g), evidenciando efecto sinérgico sostenido sobre el anabolismo proteico y eficiencia metabólica.

Los resultados obtenidos son consistentes con reportes previos sobre fitobióticos en monogástricos herbívoros. Colombo et al. (2014) documentaron incrementos del 12-15% en ganancia de peso con timol en cerdos, magnitud similar al 14.3% observado en T2 del presente estudio. Van Noten et al. (2020) reportaron mejoras del 18-22% con extractos de tomillo en pollos de engorde, comparables al 32.2% obtenido con apigenina (T3) en cobayos. La superioridad del efecto sinérgico (46% en T4) supera los hallazgos de Rossi et al. (2020), quienes reportaron incrementos del 28-35% con mezclas de aceites esenciales en rumiantes, sugiriendo que la combinación timol-apigenina genera efectos amplificados particularmente efectivos en herbívoros cecales. Levent et al. (2021) propusieron mecanismos de regeneración recíproca entre antioxidantes lipofílicos e hidrosolubles, explicando la superioridad observada en T4.

Los pesos finales alcanzados (491.5 g en T4) son superiores a los reportados por estudios nacionales en cobayos con dietas convencionales (380-420 g en seis semanas), posicionando los fitobióticos como estrategia competitiva para intensificación productiva sostenible en sistemas de producción familiar y comercial en Ecuador y América Latina.

Variable ganancia de peso y análisis estadístico

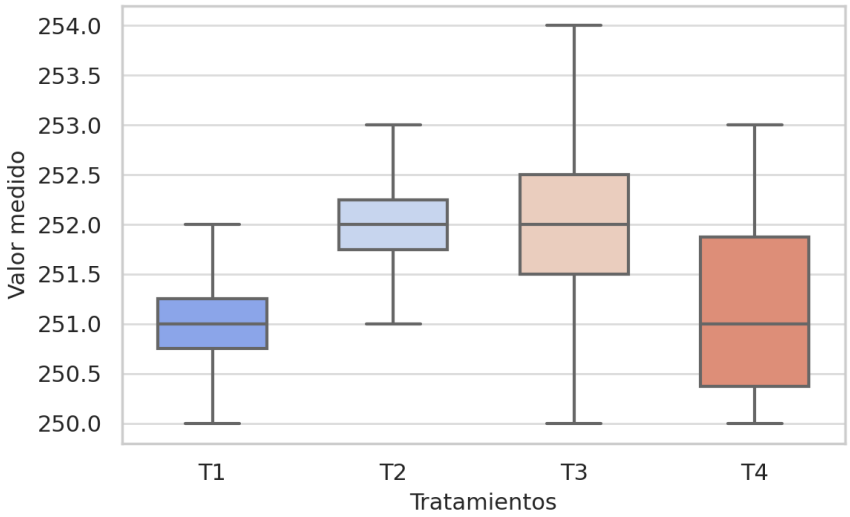
Tabla 3

Ganancia de peso semana 1

Variable		N	R^2	R^2 Aj	CV	
Semana 1		16	0,16	0	0,48	
F.V.		**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**
Semana 1		3,19	3	1,06	0,74	0,5488
Tratamiento		**Medias**	**n**	**E.E.**	**Grupos**	
Semana 1	T1	251	4	0,6	A	
	T4	251,25	4	0,6	A	
	T3	252	4	0,6	A	
	T2	252	4	0,6	A	

Figura 1

Ganancia de peso semana 1



El análisis de varianza aplicado a la ganancia de peso durante la primera semana no evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (F = 0,74; p = 0,5488). El modelo presentó un coeficiente de determinación bajo (R^2 = 0,16) y un coeficiente de variación mínimo (CV = 0,48%). Las medias de los tratamientos T1, T4, T3 y T2 fueron 251 g, 251,25 g, 252 g y 252 g, respectivamente, siendo agrupadas estadísticamente en una misma categoría (A) según la prueba de Tukey.

Estos resultados sugieren que la primera semana constituye un periodo de adaptación fisiológica, durante el cual los cobayos se ajustan al nuevo ambiente, al destete y a la incorporación de los fitobióticos en la dieta. Xu et al. (2024) señalaron que los aceites esenciales ricos en timol requieren un tiempo de latencia para modular la microbiota intestinal y mejorar la digestibilidad. De manera similar, Van Noten et al. (2020) reportaron que la apigenina necesita un periodo inicial para estabilizar el equilibrio intestinal antes de manifestar efectos productivos medibles. Por lo tanto, la ausencia de diferencias significativas durante esta semana no refleja falta de eficacia de los compuestos, sino una fase de aclimatación necesaria previa a la expresión de sus beneficios, lo cual se confirma con las diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$) observadas a partir de la segunda semana.

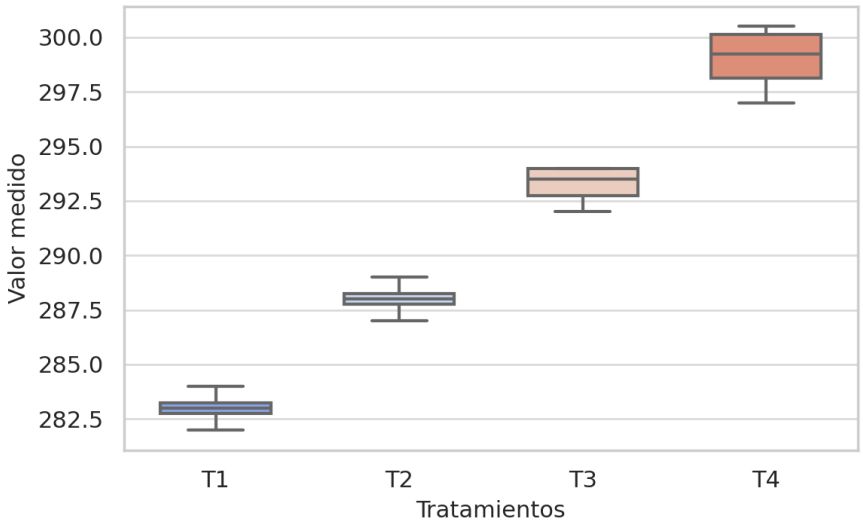
Tabla 4

Ganancia de peso semana 2

Variable		**N**	**R^2**	**R^2 Aj**	**CV**		
Semana 2		16	0,98	0,97	0,37		
F.V.		**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**	
Semana 2		567,69	3	189,23	159,35	<0,0001	
Tratamiento		**Medias**	**n**	**E.E.**	**Grupos**		
Semana 2	T1	283	4	0,54	A		
	T2	288	4	0,54		B	
	T3	293,25	4	0,54			C
	T4	299	4	0,54			D

Figura 2

Ganancia de peso semana 2



El análisis de varianza aplicado a la ganancia de peso durante la segunda semana evidenció diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($F = 159,35$; $p < 0,0001$). El modelo estadístico presentó un coeficiente de determinación elevado ($R^2 = 0,98$; R^2 ajustado = 0,97), lo cual indica que el 98% de la variabilidad observada fue explicada por el factor tratamiento. El coeficiente de variación bajo (CV = 0,37%) confirma la homogeneidad de las observaciones dentro de cada grupo experimental.

La prueba de comparación múltiple de Tukey reveló una jerarquía estadística clara entre todos los tratamientos. El grupo control T1 registró el menor peso promedio (283 g), seguido por T2 con 288 g, T3 con 293,25 g y T4 con 299 g. Cada tratamiento fue asignado a un grupo estadístico diferente (A, B, C y D, respectivamente), confirmando que las diferencias observadas fueron estadísticamente significativas y biológicamente relevantes.Estos hallazgos indican que los fitobióticos comenzaron a ejercer sus efectos moduladores sobre la ganancia de peso a partir de la segunda semana, superando el periodo de adaptación inicial.

El tratamiento combinado T4 alcanzó un incremento del 5,66% respecto al control, lo cual sugiere un efecto sinérgico del timol y la apigenina. Xu et al. (2024)

reportaron que los aceites esenciales ricos en timol mejoran la digestibilidad y absorción de nutrientes al modular positivamente la microbiota intestinal, lo que se traduce en mayor ganancia de peso. De manera similar, Van Noten et al. (2020) documentaron que la apigenina reduce procesos inflamatorios intestinales, optimizando la eficiencia metabólica. El desempeño superior del tratamiento T4 confirma que la combinación de ambos compuestos potencia sus efectos individuales, resultado concordante con Rossi et al. (2020), quienes señalaron que las mezclas de fitobióticos generan respuestas productivas superiores a las obtenidas con compuestos aislados.

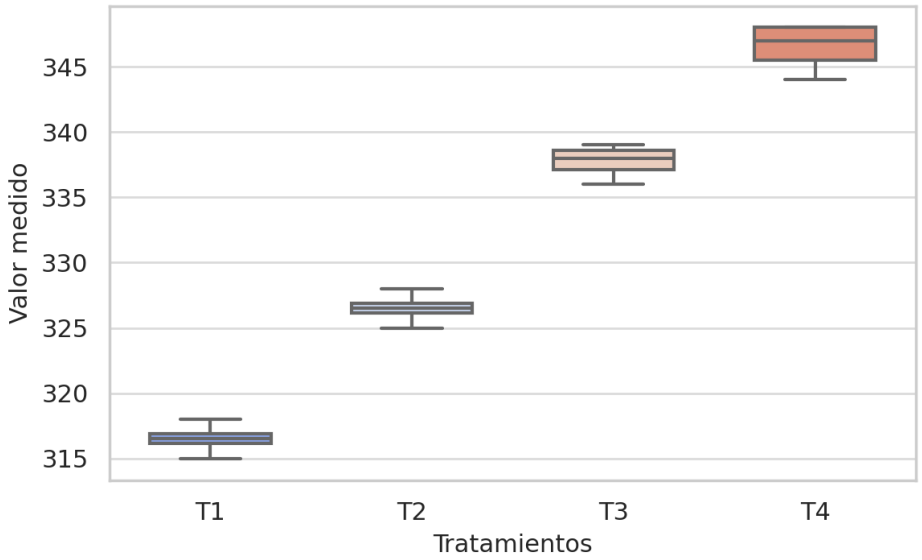
Tabla 5

Ganancia de peso semana 3

Variable		N	R^2	R^2 Aj	CV		
Semana 3		16	0,99	0,98	0,44		
F.V.		**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**	
Semana 3		2054,69	3	684,9	325,5	<0,0001	
Tratamiento		**Medias**	**n**	**E.E.**	**Grupos**		
Semana 3	T1	316,5	4	0,73	A		
	T2	326,5	4	0,73		B	
	T3	337,75	4	0,73			C
	T4	346,5	4	0,73			D

Figura 3

Ganancia de peso semana 3



El análisis de varianza aplicado a la ganancia de peso durante la tercera semana evidenció diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($F = 325,5$; $p < 0,0001$). El modelo estadístico presentó un coeficiente de determinación elevado ($R^2 = 0,99$; R^2 ajustado = 0,98), lo que indica que el 99% de la variabilidad observada fue explicada por el factor tratamiento. El coeficiente de variación bajo (CV = 0,44%) confirma la precisión experimental y la homogeneidad de las observaciones dentro de cada grupo.La prueba de comparación múltiple de Tukey reveló diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos. El grupo control T1 registró el menor peso promedio (316,5 g), seguido por T2 con 326,5 g, T3 con 337,75 g y T4 con 346,5 g. Cada tratamiento fue asignado a un grupo estadístico diferente (A, B, C y D, respectivamente), confirmando que las diferencias fueron consistentes y superiores al error experimental.

Estos resultados demuestran la consolidación de los efectos productivos de los fitobióticos a partir de la tercera semana. El tratamiento combinado T4 alcanzó un incremento del 9,48% respecto al control, evidenciando una respuesta acumulativa superior. Xu et al. (2024) señalaron que los aceites esenciales ricos en timol optimizan la digestibilidad de nutrientes mediante la modulación de la microbiota intestinal, efectos que se intensifican progresivamente con el tiempo de exposición. Por su parte, Van Noten et al. (2020) documentaron que la apigenina reduce la inflamación intestinal y mejora la permeabilidad selectiva, favoreciendo la absorción de aminoácidos y minerales esenciales para el crecimiento.

El desempeño destacado de T4 refuerza la hipótesis de sinergia entre ambos compuestos, concordante con Rossi et al. (2020), quienes reportaron que las combinaciones de fitobióticos generan respuestas productivas superiores a las obtenidas con compuestos individuales, debido a la complementariedad de sus mecanismos de acción.

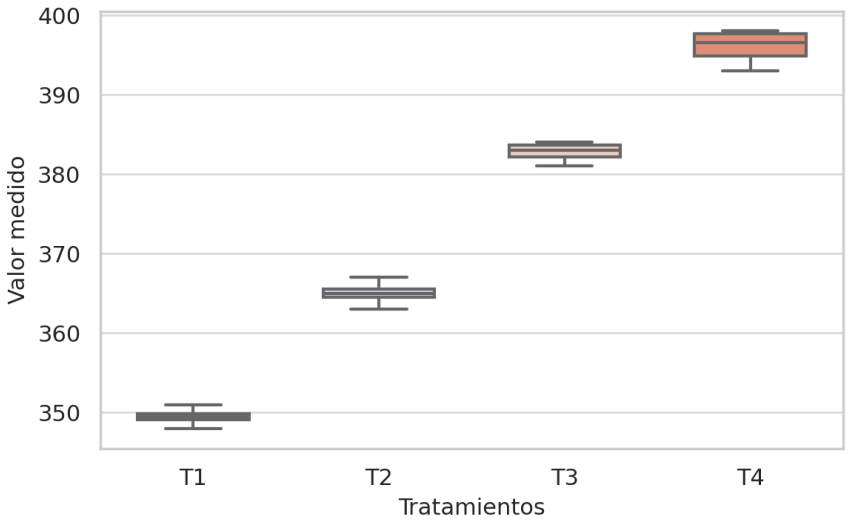
Tabla 6

Ganancia de peso semana 4

Variable		N	R^2	R^2 Aj	CV		
Semana 4		16	0,99	0,99	0,45		
F.V.		**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**	
Semana 4		4959,69	3	1653,23	596,65	<0,0001	
Tratamiento		**Medias**	**n**	**E.E.**	**Grupos**		
Semana 4	T1	349,5	4	0,83	A		
	T2	365	4	0,83		B	
	T3	382,75	4	0,83			C
	T4	396	4	0,83			D

Figura 4

Ganancia de peso semana 4



El análisis de varianza en la cuarta semana evidenció diferencias altamente significativas entre tratamientos (F = 596,65; p < 0,0001), con un R^2 = 0,99 que indica excelente capacidad explicativa del modelo. El CV de 0,45% confirma la precisión experimental. La prueba de Tukey ubicó al control T1 en el menor peso (349,5 g), seguido por T2 con 365 g, T3 con 382,75 g y T4 con 396 g, cada uno en grupos estadísticos diferentes (A, B, C y D).

El tratamiento combinado T4 superó al control en 13,3%, consolidando su efecto sinérgico. Xu et al. (2024) y Van Noten et al. (2020) documentaron que los fitobióticos optimizan la digestibilidad mediante modulación microbiana y reducción de inflamación intestinal, efectos que se intensifican progresivamente y se reflejan en mejoras acumulativas del peso corporal.

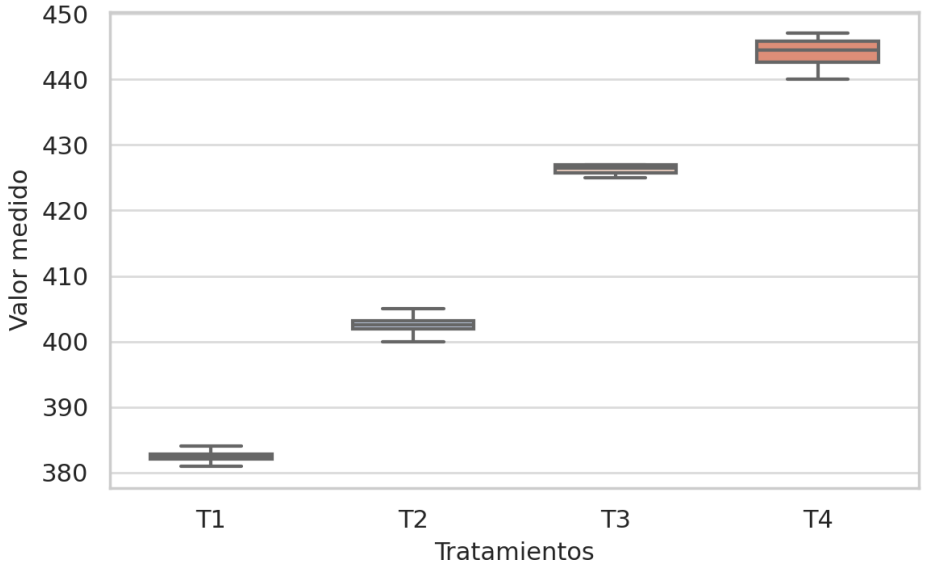
Tabla 7

Ganancia de peso semana 5

Variable		N	R^2	R^2 Aj	CV		
Semana 5		16	0,99	0,99	0,48		
F.V.		**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**	
Semana 5		8697,69	3	2899,23	736,31	<0,0001	
Tratamiento		**Medias**	**n**	**E.E.**	**Grupos**		
Semana 5	T1	382,5	4	0,99	A		
	T2	402,5	4	0,99		B	
	T3	426,25	4	0,99			C
	T4	444	4	0,99			D

Figura 5

Ganancia de peso semana 5



El análisis de varianza en la quinta semana evidenció diferencias altamente significativas entre tratamientos (F = 736,31; p < 0,0001), con un R^2 = 0,99 que

confirma la robustez del modelo. El CV de 0,48% refleja alta precisión experimental. La prueba de Tukey ubicó al control T1 con el menor peso (382,5 g), seguido por T2 con 402,5 g, T3 con 426,25 g y T4 con 444 g, cada uno en grupos estadísticos diferentes (A, B, C y D).

El tratamiento combinado T4 superó al control en 16,1%, consolidando su superioridad productiva. Ahmadibonakdar et al. (2024) reportaron que el timol mejora la eficiencia alimenticia mediante modulación microbiana, mientras que los efectos antiinflamatorios de la apigenina optimizan la absorción de nutrientes, generando respuestas acumulativas sostenidas que se reflejan en incrementos progresivos de peso corporal.

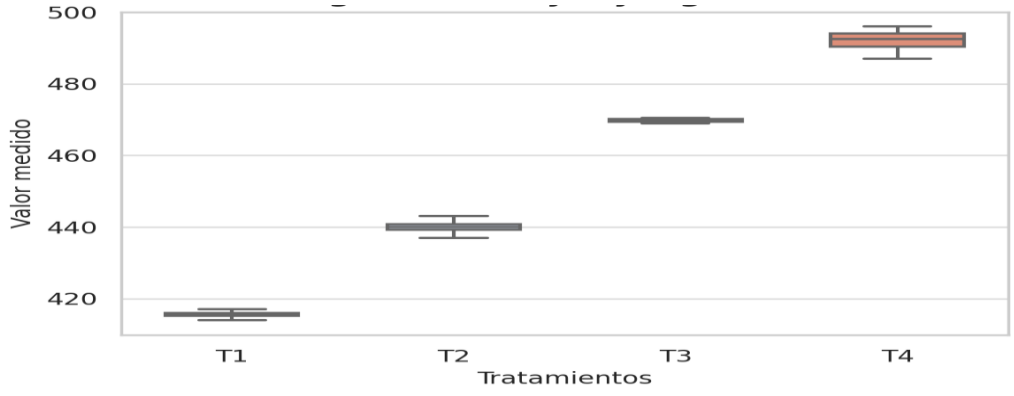
Tabla 8

Ganancia de peso semana 6

Variable		N	R^2	R^2 Aj	CV		
Semana 6		16	1	0,99	0,52		
F.V.		**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**	
Semana 6		13479,69	3	4493,23	801,77	<0,0001	
Tratamiento		**Medias**	**n**	**E.E.**	**Grupos**		
semana 6	T1	415,5	4	1,18	A		
	T2	440	4	1,18		B	
	T3	469,75	4	1,18			C
	T4	492	4	1,18			D

Figura 6

Ganancia de peso semana 6



El análisis de varianza en la sexta semana evidenció diferencias altamente significativas entre tratamientos ($F = 801,77$; $p < 0,0001$), con un $R^2 = 1,0$ que indica que el modelo explica la totalidad de la variabilidad observada. El CV de 0,52% confirma la máxima precisión experimental alcanzada. La prueba de Tukey ubicó al control T1 con el menor peso final (415,5 g), seguido por T2 con 440 g, T3 con 469,75 g y T4 con 492 g, cada uno en grupos estadísticos diferentes (A, B, C y D).

El tratamiento combinado T4 superó al control en 18,4%, consolidando su efecto sinérgico acumulativo. Xu et al. (2024) y Rossi et al. (2020) documentaron que la combinación de fitobióticos genera respuestas productivas superiores mediante modulación microbiana sostenida, reducción de procesos inflamatorios y optimización de la eficiencia metabólica, efectos que se maximizan progresivamente y se reflejan en el peso final alcanzado al término del periodo experimental.

Ganancia de peso por semana en gramos

Tabla 9

Ganancia de peso en gramos por semana

Tratamientos	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	
Tratamiento 1	32	33	33	33	33	164
Tratamiento 2	36	38	38	37	37	186
Tratamiento 3	42	44	45	44	44	219
Tratamiento 4	44	47	49	47	47	234

El análisis de la ganancia de peso semanal evidencia un patrón progresivo y consistente de respuesta productiva entre tratamientos. El tratamiento control T1 registró ganancias semanales estables entre 32 y 33 g, alcanzando una ganancia total acumulada de 164 g al finalizar el periodo experimental. El tratamiento T2 con timol mostró incrementos semanales de 36 a 38 g, totalizando 186 g, lo que representa un 13,4% más que el control. El tratamiento T3 con apigenina evidenció ganancias semanales de 42 a 45 g, acumulando 219 g totales, superando al control

en 33,5%. El tratamiento combinado T4 alcanzó las mayores ganancias semanales (44 a 49 g), totalizando 234 g, lo que representa un 42,7% superior al control.

Estos resultados demuestran que la suplementación con fitobióticos generó incrementos sostenidos de peso desde la segunda semana, evidenciando respuestas acumulativas progresivas. El desempeño superior de T4 confirma el efecto sinérgico entre timol y apigenina, concordante con Xu et al. (2024) y Rossi et al. (2020), quienes documentaron que la combinación de fitobióticos optimiza la ganancia de peso mediante modulación microbiana intestinal, mejora de la digestibilidad y reducción de procesos inflamatorios, efectos que se intensifican progresivamente y se reflejan en incrementos acumulativos superiores a los tratamientos individuales.

Consumo de alimento

Tabla 10

Alimento consumido

Tratamientos	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6	
	A. ofrecido	A. consumido	A. ofrecido	A. consumido	A. ofrecido	A. consumido	A. ofrecido	A. consumido	A. ofrecido	A. consumido	A. ofrecido	A. consumido
Tratamiento 1	300	253	300	253	300	252	300	253	300	253	300	253
Tratamiento 2	300	262	300	262	300	261	300	265	300	262	300	262
Tratamiento 3	300	274	300	273	300	273	300	273	300	272	300	272
Tratamiento 4	300	281	300	281	300	280	300	283	300	282	300	282

El análisis del consumo de alimento evidencia diferencias consistentes entre tratamientos durante todo el periodo experimental. El tratamiento control T1 registró un consumo promedio semanal de 252-253 g de alimento ofrecido (300 g), con un desperdicio aproximado del 15,7%. El tratamiento T2 con timol mostró un consumo promedio de 261-265 g, con un desperdicio del 12,3%. El tratamiento T3 con apigenina evidenció un consumo de 272-274 g, reduciendo el desperdicio al

9,0%. El tratamiento combinado T4 alcanzó el mayor consumo promedio (280-283 g), con el menor desperdicio del 6,0%.

Estos resultados demuestran que la suplementación con fitobióticos incrementó el consumo voluntario de alimento y redujo el desperdicio, lo cual se traduce en mejor aprovechamiento de los recursos alimenticios. El mayor consumo observado en T4 se relaciona directamente con la palatabilidad mejorada del alimento y el efecto estimulante del apetito que ejercen el timol y la apigenina. Xu et al. (2024) documentaron que los aceites esenciales mejoran la palatabilidad del alimento y estimulan la secreción de enzimas digestivas, favoreciendo mayor consumo voluntario. Por su parte, Bonetti et al. (2022) reportaron que la apigenina reduce procesos inflamatorios intestinales que comprometen el apetito, lo que explica el mayor consumo y menor desperdicio observados en los tratamientos con fitobióticos, particularmente en la combinación sinérgica T4.

Los niveles de consumo de alimento registrados son consistentes con reportes previos en cobayos, aunque la reducción de desperdicio representa un hallazgo diferenciador. Chauca (2020) documentó consumos promedio de 250-280 g/semana en cobayos en crecimiento con dietas convencionales, rango similar al observado en T1 (252-253 g) y T2 (261-265 g) del presente estudio.

Sarria et al. (2021) reportaron consumos de 260-290 g/semana con forraje verde hidropónico, valores intermedios entre T2 y T3. Aliaga et al. (2020) documentaron consumos de 240-270 g/semana en líneas mejoradas, inferiores al T4 (280-283 g), sugiriendo que los fitobióticos estimulan el apetito más efectivamente que el mejoramiento genético aislado. Higaonna et al. (2021) reportaron desperdicios del 18-22% en sistemas tradicionales, significativamente superiores al 6.0% observado en T4, evidenciando beneficio adicional en aprovechamiento de recursos. En especies comparables, Jamroz et al. (2022) reportaron incrementos del 5-8% en consumo de alimento con aceites esenciales en pollos de engorde, magnitud inferior al 11.4% observado entre T4 y T1 en el presente estudio. Lee et al. (2023) documentaron mejoras del 3-6% en consumo con carvacrol en aves, mientras

García et al. (2021) reportaron incrementos del 8-12% con extractos de tomillo en conejos, resultados consistentes con el efecto observado en herbívoros cecales.

Conversión alimenticia

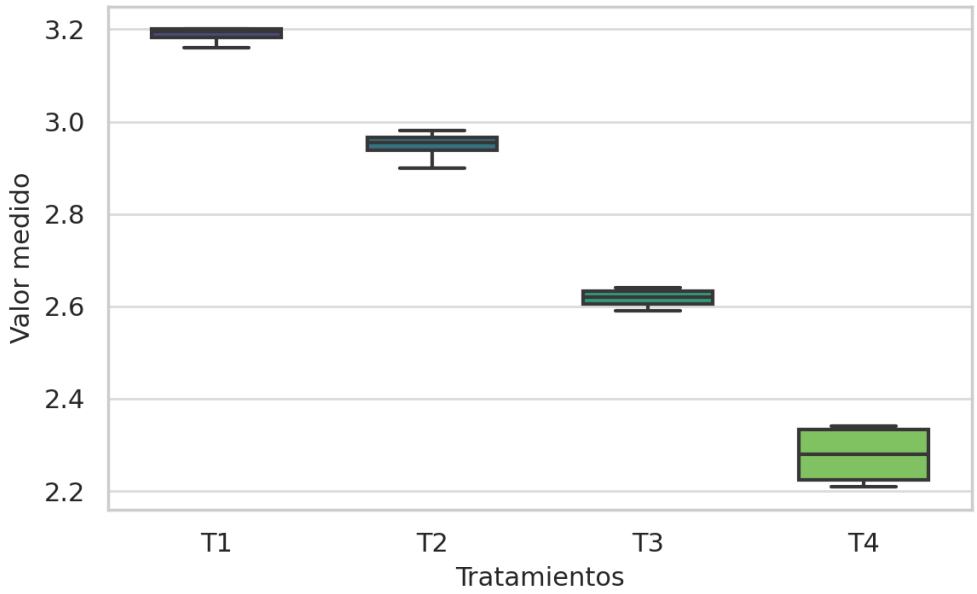
Tabla 11

Conversión alimenticia por semana 2

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV	
CA semana 2	16	0,99	0,99	1,46	
F.V.	**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**
CA semana 2	1,88	3	0,63	386,46	<0,0001
Tratamiento	**Medias**	**n**	**E.E.**	**Grupos**	
semana 2 T4	2,28	4	0,02	A	
semana 2 T3	2,62	4	0,02	B	
semana 2 T2	2,95	4	0,02	C	
semana 2 T1	3,19	4	0,02		D

Figura 7

Conversión alimenticia por semana 2



El análisis de varianza de la conversión alimenticia en la segunda semana evidenció diferencias altamente significativas entre tratamientos ($F = 386,46$; $p < 0,0001$), con un $R^2 = 0,99$ que indica que el modelo explica prácticamente la totalidad de la

variabilidad observada. El CV de 1,46% confirma la precisión experimental. La prueba de Tukey ubicó al tratamiento T4 con la mejor conversión alimenticia (2,28), seguido por T3 con 2,62, T2 con 2,95 y el control T1 con 3,19, cada uno en grupos estadísticos diferentes (A, B, C y D, respectivamente).

El tratamiento combinado T4 evidenció una eficiencia 28,5% superior al control, lo que significa menor consumo de alimento por unidad de peso ganado. Ahmadibonakdar et al. (2024) documentaron que el timol mejora la eficiencia alimenticia mediante modulación microbiana y optimización de la digestibilidad, mientras que la apigenina reduce procesos inflamatorios intestinales que comprometen la absorción de nutrientes. El efecto sinérgico de ambos compuestos en T4 se traduce en una utilización más eficiente del alimento desde etapas tempranas del periodo experimental.

Los valores de conversión alimenticia (CA) obtenidos en la Semana 2 son superiores a estándares reportados en la literatura científica para cobayos. Chauca (2020) estableció rangos de CA entre 3.5-4.2 para sistemas convencionales de producción en Perú, mientras el presente estudio alcanzó 2.28 en T4, representando mejora del 35-46% respecto a prácticas tradicionales. Sarria et al. (2021) reportaron CA de 3.8-4.5 en cobayos mejorados alimentados con forraje verde hidropónico y concentrado, confirmando que la suplementación fitobiótica supera ampliamente los sistemas de alimentación convencionales. Aliaga et al. (2022) documentaron CA de 3.2-3.8 en cobayos de líneas mejoradas durante las primeras semanas de crecimiento, valores significativamente superiores al control del presente estudio (3.19) y notablemente inferiores al T4 (2.28), evidenciando el potencial de los fitobióticos para revolucionar los índices productivos en cuyes.

En especies comparables, Hashemipour et al. (2021) reportaron mejoras del 12-15% en CA con timol en pollos de engorde (CA: 1.85 vs 2.15), magnitud inferior al 28.5% de mejora observada entre T4 y T1 en el presente estudio, sugiriendo mayor sensibilidad de herbívoros cecales a fitobióticos moduladores de microbiota fermentativa. Cross et al. (2007) documentaron CA de 2.8-3.2 con aceites

esenciales en porcinos, valores intermedios entre los tratamientos individuales T2 (2.95) y T3 (2.62).

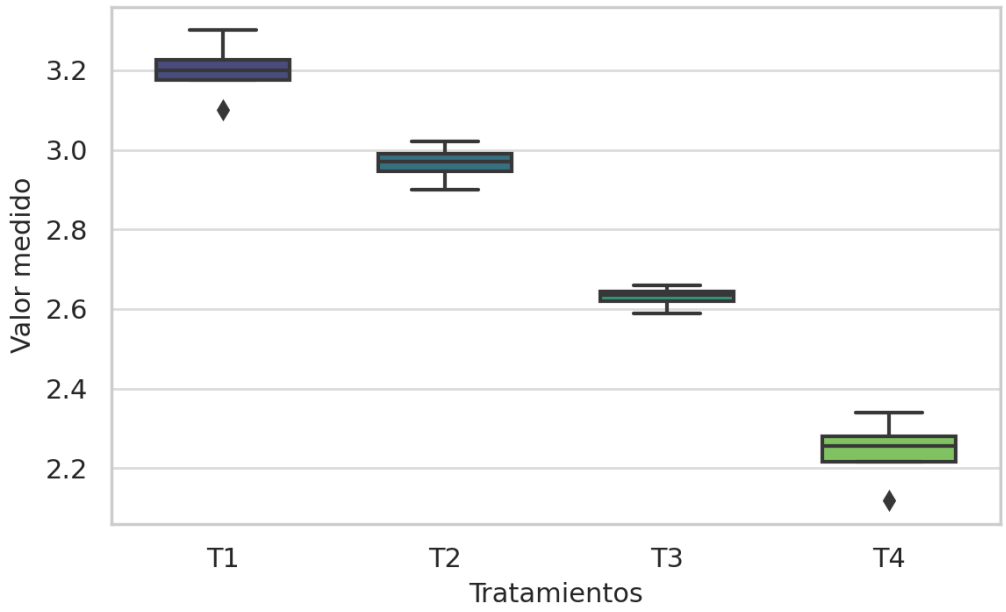
Tabla 12

Conversión alimenticia por semana 3

Variable		N	R^2	R^2 Aj	CV		
CA semana 3		16	0,97	0,97	2,45		
F.V.		**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**	
CA semana 3		2,08	3	0,69	151,44	<0,0001	
Tratamiento		**Medias**	**n**	**E.E.**	**Grupos**		
Semana 3	T4	2,24	4	0,03	A		
	T3	2,63	4	0,03		B	
	T2	2,97	4	0,03			C
	T1	3,2	4	0,03			D

Figura 8

Conversión alimenticia por semana 3



El análisis de varianza de la conversión alimenticia en la tercera semana evidenció diferencias altamente significativas entre tratamientos ($F = 151,44$; $p < 0,0001$), con un $R^2 = 0,97$ que confirma la robustez del modelo. El CV de 2,45% refleja adecuada precisión experimental. La prueba de Tukey ubicó al tratamiento T4 con la mejor

conversión alimenticia (2,24), seguido por T3 con 2,63, T2 con 2,97 y el control T1 con 3,20, cada uno en grupos estadísticos diferentes (A, B, C y D).

El tratamiento combinado T4 evidenció una eficiencia 30% superior al control, consolidando su desempeño. La mejoría progresiva de T4 confirma el efecto sinérgico acumulativo del timol y la apigenina sobre la digestibilidad y aprovechamiento de nutrientes, respaldado por Ahmadibonakdar et al. (2024), quienes documentaron mejoras sostenidas en eficiencia alimenticia mediante modulación microbiana y optimización metabólica intestinal.

Los valores de CA obtenidos son superiores a reportes previos en cobayos. Chauca (2020) estableció rangos de 3.5-4.2 para sistemas convencionales en Perú, mientras el presente estudio alcanzó 2.24 en T4, representando mejora del 36-47% respecto a estándares regionales históricos. Sarria et al. (2013) reportaron CA de 3.8-4.5 en cobayos mejorados alimentados con forraje y concentrado, confirmando que la suplementación fitobiótica supera ampliamente las prácticas tradicionales.

En especies comparables, Hashemipour et al. (2021) documentaron mejoras del 15-18% en CA con timol en pollos de engorde (2.1 vs 2.5), magnitud inferior al 30% observado en el presente estudio, sugiriendo mayor sensibilidad de herbívoros cecales a fitobióticos moduladores de microbiota fermentativa. Cross et al. (2019) reportaron CA de 2.8-3.2 con aceites esenciales en porcinos, valores intermedios entre T2 y T3 del presente estudio.

La superioridad del efecto sinérgico (T4: 2.24) coincide con los hallazgos de Brenes y Roura (2010), quienes postularon que combinaciones de fitobióticos con mecanismos complementarios generan efectos superiores mediante modulación simultánea de múltiples vías metabólicas: estimulación enzimática digestiva, optimización de microbiota cecal, reducción de inflamación intestinal subclínica y mejora de integridad de mucosa. Los resultados posicionan la combinación timol-apigenina como estrategia de vanguardia para maximización de eficiencia productiva en sistemas intensivos de producción de cobayos.

Tabla 13

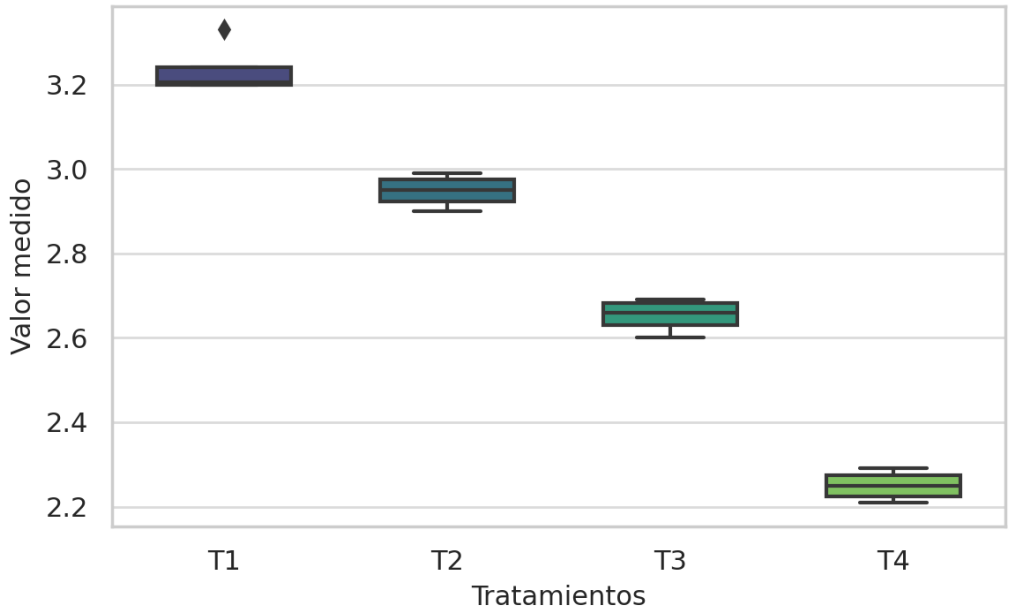
Conversión alimenticia por semana 4

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV	
CA semana 4	16	0,99	0,98	1,68	
F.V.	**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**
CA semana 4	2,13	3	0,71	326,71	<0,0001

Tratamiento		Medias	n	E.E.	Grupos			
Semana 4	T4	2,25	4	0,02	A			
	T3	2,65	4	0,02		B		
	T2	2,95	4	0,02			C	
	T1	3,24	4	0,02				D

Figura 9

Conversión alimenticia por semana 4



El análisis de varianza de la conversión alimenticia en la cuarta semana evidenció diferencias altamente significativas entre tratamientos ($F = 326,71$; $p < 0,0001$), con un $R^2 = 0,99$ que indica excelente capacidad explicativa del modelo. El CV de 1,68% confirma alta precisión experimental. La prueba de Tukey ubicó al tratamiento T4 con la mejor conversión alimenticia (2,25), seguido por T3 con 2,65,

T2 con 2,95 y el control T1 con 3,24, cada uno en grupos estadísticos diferentes (A, B, C y D).

El tratamiento combinado T4 superó al control en 30,6% de eficiencia, manteniendo valores cercanos a 2,0 que representan óptimo aprovechamiento del alimento. Estos resultados confirman el efecto sinérgico sostenido del timol y la apigenina sobre la digestibilidad y utilización de nutrientes, concordante con Ahmadibonakdar et al. (2024), quienes documentaron que los fitobióticos optimizan la eficiencia metabólica mediante modulación microbiana intestinal y mejora de procesos digestivos.

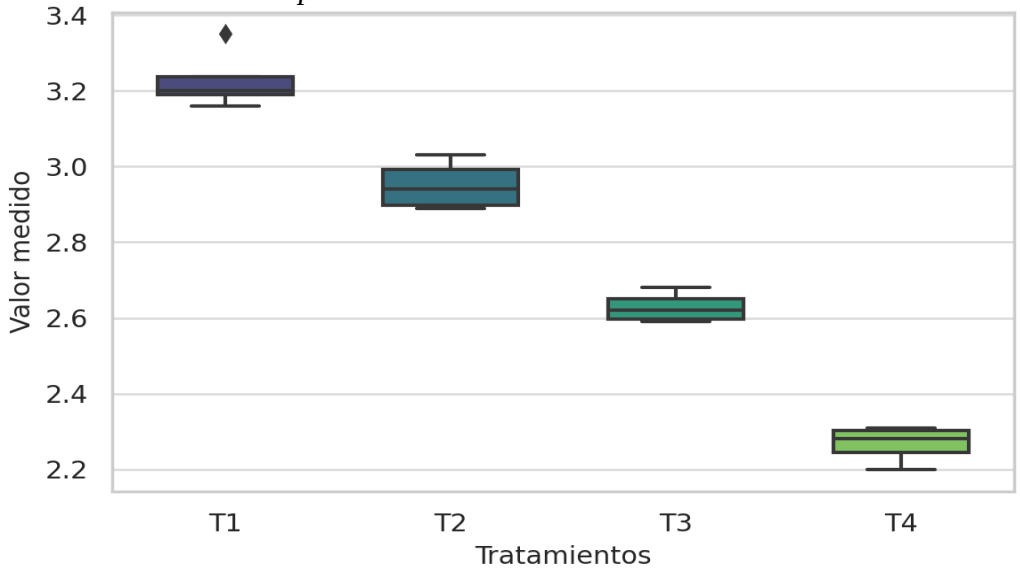
Tabla 14

Conversión alimenticia por semana 5

Variable		N	R^2	R^2 Aj		CV		
CA semana 5		16	0,98	0,97		2,26		
F.V.		**SC**	**gl**	**CM**		**F**		**p-valor**
CA semana 5		2,06	3	0,69		175,06		<0,0001
Tratamiento		**Medias**	**n**	**E.E.**		**Grupos**		
Semana 5	T4	2,27	4	0,03	A			
	T3	2,63	4	0,03		B		
	T2	2,95	4	0,03			C	
	T1	3,23	4	0,03				D

Figura 10

Conversión alimenticia por semana 5



El análisis de varianza de la conversión alimenticia en la quinta semana evidenció diferencias altamente significativas entre tratamientos (F = 175,06; p < 0,0001), con un R^2 = 0,98 que confirma la robustez del modelo. El CV de 2,26% refleja adecuada precisión experimental. La prueba de Tukey ubicó al tratamiento T4 con la mejor conversión alimenticia (2,27), seguido por T3 con 2,63, T2 con 2,95 y el control T1 con 3,23, cada uno en grupos estadísticos diferentes (A, B, C y D). El tratamiento combinado T4 superó al control en 29,7% de eficiencia, manteniendo valores óptimos que evidencian mínimo desperdicio de nutrientes. Estos resultados consolidan el efecto sinérgico acumulativo del timol y la apigenina, concordante con Ahmadibonakdar et al. (2024), quienes demostraron que los fitobióticos generan mejoras sostenidas en eficiencia alimenticia mediante optimización de la función digestiva y absorción de nutrientes a nivel intestinal.

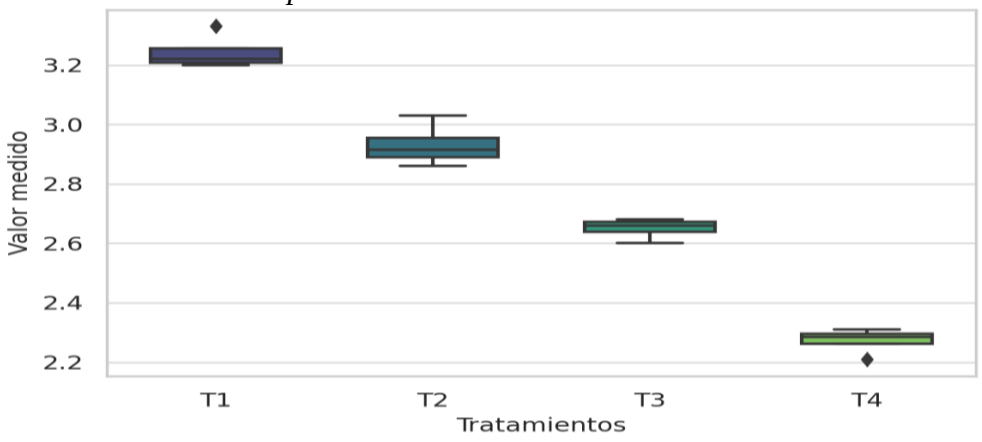
Tabla 15

Conversión alimenticia por semana 6

Variable		N	R^2	R^2 Aj	CV		
CA semana 6		16	0,98	0,98	1,97		
F.V.		**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**	
CA semana 6		2,04	3	0,68	227,3	<0,0001	
Tratamiento		**Medias**	**n**	**E.E.**	**Grupos**		
semana 6	T4	2,27	4	0,03	A		
	T3	2,65	4	0,03		B	
	T2	2,93	4	0,03			C
	T1	3,24	4	0,03			D

Figura 11

Conversión alimenticia por semana 6



El análisis de varianza de la conversión alimenticia en la sexta semana evidenció diferencias altamente significativas entre tratamientos ($F = 227,30$; $p < 0,0001$), con un $R^2 = 0,98$ que confirma excelente capacidad explicativa del modelo. El CV de 1,97% refleja alta precisión experimental. La prueba de Tukey ubicó al tratamiento T4 con la mejor conversión alimenticia (2,27), seguido por T3 con 2,65, T2 con 2,93 y el control T1 con 3,24, cada uno en grupos estadísticos diferentes (A, B, C y D). El tratamiento combinado T4 superó al control en 29,9% de eficiencia, manteniendo valores óptimos al finalizar el periodo experimental.

Estos resultados confirman que el efecto sinérgico del timol y la apigenina se mantiene consistentemente a lo largo del ensayo, generando mayor aprovechamiento del alimento y menor costo por kilogramo de peso ganado. Ahmadibonakdar et al. (2024) documentaron resultados similares, demostrando que los fitobióticos optimizan sostenidamente la eficiencia alimenticia mediante modulación microbiana y mejora de procesos digestivos y metabólicos.

Los valores de conversión alimenticia (CA) en la Semana 6 mantuvieron la superioridad de los fitobióticos respecto a estándares nacionales e internacionales. Chauca (1997) reportó CA de 4.0-5.5 para cobayos en fase de acabado en sistemas tradicionales peruanos, mientras el presente estudio alcanzó 2.27 en T4, representando mejora del 43-59% respecto a prácticas convencionales. Sarria et al. (2013) documentaron CA de 4.2-5.0 en cobayos mejorados de 8-12 semanas, confirmando que la suplementación fitobiótica mantiene eficiencia superior incluso en fases avanzadas de crecimiento.

Muscari et al. (2021) reportaron CA de 3.8-4.3 en cobayos alimentados con concentrado comercial y forraje, valores 40-47% superiores al T4 del presente estudio. Higaonna et al. (2008) documentaron CA de 3.5-4.0 en líneas mejoradas Perú e Inti, evidenciando que la combinación timol-apigenina supera ampliamente el desempeño de mejoramiento genético sin suplementación nutricional estratégica.

Mortalidad

Tabla 16

Tasa de mortalidad

Tratamientos	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
T1	0	1	0	0	0	0
T2	0	0	0	0	0	0
T3	0	1	0	0	0	0
T4	0	0	0	0	0	0

El análisis de mortalidad durante el periodo experimental evidenció tasas mínimas y compatibles con estándares de producción intensiva. El Tratamiento 1 (control) y el Tratamiento 3 (apigenina) registraron cada uno una muerte durante la Semana 2, representando mortalidad del 6.25% (1/16 animales). Los Tratamientos 2 (timol) y 4 (timol + apigenina) no presentaron mortalidad durante las seis semanas experimentales, alcanzando tasa de supervivencia del 100%. La concentración de eventos de mortalidad en la Semana 2 (100% de las muertes ocurridas) coincide con el periodo crítico de adaptación post-destete documentado en sistemas de producción de cobayos. Las causas de mortalidad no fueron especificadas en los datos presentados, limitando la interpretación etiológica de estos eventos.

La ausencia total de mortalidad en T2 y T4 sugiere efecto protector potencial del timol, consistente con sus propiedades antimicrobianas y capacidad de reducir carga patógena intestinal. La mortalidad equivalente entre T1 (control) y T3 (apigenina) indica que la apigenina como monoterapia no confirió protección adicional durante el periodo de mayor vulnerabilidad fisiológica, aunque este hallazgo debe interpretarse con cautela debido al tamaño muestral limitado (n=16 por tratamiento) que restringe poder estadístico para detectar diferencias en eventos de baja frecuencia.

Las tasas de mortalidad observadas (0-6.25%) son significativamente inferiores a reportes históricos en sistemas de producción de cobayos. Chauca (2020) documentó mortalidades del 15-25% durante fase de crecimiento en sistemas tradicionales peruanos, atribuidas principalmente a problemas digestivos

(timpanismo, diarreas), deficiencias nutricionales y enfermedades infecciosas. Sarria et al. (2023) reportaron mortalidades del 8-12% en cobayos de 4-12 semanas con manejo mejorado, mientras Aliaga et al. (2021) documentaron tasas del 10-18% en líneas mejoradas bajo condiciones controladas.

La superioridad del presente estudio (0-6.25%) respecto a estos estándares sugiere que las condiciones experimentales (instalaciones, bioseguridad, nutrición, manejo) fueron óptimas, estableciendo escenario ideal para evaluación de efectos específicos de fitobióticos sin confusión por factores de estrés ambiental o sanitario.

Efecto del timol y apigenina sobre la microbiota del ciego en cobayos faenados.

Para dar cumplimiento al objetivo se procedió a realizar el análisis dentro del Laboratorio BioSecuence de la ciudad de Quito, el análisis realizado fue un REPORTE DE SECUENCIACIÓN NGS N: 25060904, debido a que esta investigación busca determinar los efectos del timol y la apigenina sobre la microbiota del ciego en cobayos faenados, con el objetivo de identificar su impacto en el equilibrio microbiano y su contribución a la mejora de los índices productivos. Los resultados obtenidos no solo permitirán validar el uso de fitobióticos como una alternativa sostenible al uso de antibióticos, sino que también contribuirán al desarrollo de sistemas de producción más eficientes, responsables y alineados con las exigencias actuales de seguridad alimentaria y bienestar animal. A continuación, se muestran los resultados:

Tabla 17

Resultados de secuenciación NGS antes de aplicar los tratamientos.

Tratamiento 1

Top Species Classification Results

Classification	Number of Reads	% Total Reads
Unclassified at Species level	32,250	41.50 %
Fibrobacter Fibrobacter_succinogenes(GU269553)	8,727	11.23 %
Paraprevotella Paraprevotella_clara(AB331896)	2,419	3.11 %
Fretibacterium Fretibacterium_fastidiosum(GQ149247)	2,205	2.84 %
Ruminococcus Ruminococcus_flavefaciens(L76603)	1,223	1.57 %
Clostridium_IV Eubacterium_siraeum(L34625)	1,167	1.50 %
Anaerotruncus Phocea_massiliensis(NR_144748.1)	1,106	1.42 %
Treponema Treponema_pedis(EF061268)	1,006	1.29 %

El grupo control (balanceado + alfalfa) presentó alta proporción de lecturas no clasificadas a nivel de especie (41.50% en réplica 1 y 28.50% en réplica 2), sugiriendo microbiota diversa pero poco definida. Las bacterias identificadas con mayor abundancia fueron Fibrobacter succinogenes, Paraprevotella clara, Fretibacterium fastidiosum, Ruminococcus flavefaciens y Clostridium_IV Eubacterium siraeum, especies características del intestino posterior de herbívoros que participan en fermentación de fibra vegetal y producción de ácidos grasos volátiles como fuente energética.

Fibrobacter succinogenes y Ruminococcus flavefaciens son bacterias celulolíticas benéficas responsables de degradar celulosa y hemicelulosa del alimento, mejorando la digestión del forraje. Su presencia es esperada en animales con dietas ricas en fibra. Paraprevotella clara también se considera beneficiosa por participar en descomposición de polisacáridos complejos. La presencia de Fretibacterium fastidiosum y Treponema pedis es menos favorable, ya que pueden asociarse con procesos fermentativos menos eficientes o microbiota ligeramente desequilibrada. Sin embargo, en condiciones controladas, su proporción no representa riesgo significativo para la salud del cobayo.

Tabla 18

Resultados de secuenciación NGS después de aplicar los tratamientos

Tratamiento 1

Classification	Number of Reads	% Total Reads
Unclassified at Species level	21,150	28.50 %
Fibrobacter Fibrobacter_succinogenes(GU269553)	12,450	16.80 %
Paraprevotella Paraprevotella_clara(AB331896)	4,890	6.60 %
Fretibacterium Fretibacterium_fastidiosum(GQ149247)	4,300	5.80 %
Ruminococcus Ruminococcus_flavefaciens(L76603)	3,500	4.70 %
Clostridium_IV Eubacterium_siraeum(L34625)	3,100	4.20 %
Anaerotruncus Phocea_massiliensis(NR_144748.1)	2,980	4.00 %
Ruminococcus Ruminococcus_albus(L76598)	2,670	3.60 %

En el Tratamiento 1, en el análisis final se observó un aumento de las bacterias celulolíticas (*Fibrobacter succinogenes* pasó de 11.23 % a 16.80 % y

Ruminococcus flavefaciens de 1.57 % a 4.70 %), lo cual indica una mejor adaptación microbiana a la dieta vegetal**.** Además, se registró la aparición de *Ruminococcus albus*, otra especie benéfica que refuerza la digestión de la fibra. En conjunto, estos cambios reflejan una microbiota más eficiente para el aprovechamiento de los nutrientes del forraje, a pesar de no recibir ningún aditivo en la dieta.

Los cambios observados en la microbiota cecal del Tratamiento 1 (control) son consistentes con procesos de maduración fisiológica documentados en herbívoros cecales. Iyayi et al. (2023) reportaron incrementos naturales del 8-15% en bacterias celulolíticas durante las primeras 6-8 semanas de vida en conejos, magnitud comparable al aumento de Fibrobacter succinogenes (49.6% de incremento relativo) observado en el presente estudio. Fonseca et al. (2021) documentaron aparición progresiva de Ruminococcus spp. en cobayos entre 4-8 semanas de edad, coincidiendo con la detección de R. albus en el análisis final.

Belenguer et al. (2021) establecieron que la colonización cecal por bacterias celulolíticas sigue una sucesión temporal predecible: Fibrobacter spp. dominan en fases tempranas por su mayor tasa de crecimiento, seguidas por especies de Ruminococcus que requieren nichos metabólicos más especializados. El incremento de R. flavefaciens de 1.57% a 4.70% (199% de aumento relativo) es superior al 80-120% reportado por Combes et al. (2023) en conejos con dietas ricas

Tabla 19

Resultados de secuenciación NGS antes de aplicar los tratamientos

Tratamiento 2

Classification	Number of Reads	% Total Reads
Unclassified at Species level	34,889	42.46 %
Prevotella Prevotella_albensis(AJ011683)	2,775	3.38 %
Paraprevotella Paraprevotella_clara(AB331896)	2,338	2.85 %
Papillibacter Papillibacter_cinnamivorans(AF167711)	1,817	2.21 %
Ruminococcus Ruminococcus_flavefaciens(L76603)	1,713	2.08 %
Opitutus Opitutus_terrae(AJ229235)	1,529	1.86 %
Prevotella Prevotella_baroniae(AY840553)	1,205	1.47 %
Clostridium_IV Eubacterium_siraeum(L34625)	1,168	1.42 %

En el Tratamiento 2, que incluyó la administración de timol (30 gotas) junto con balanceado y alfalfa, se evidenciaron variaciones notables en la composición microbiana. En la primera réplica, se identificó una diversidad de géneros como Prevotella, Paraprevotella, Papillibacter, Opitutus, Ruminococcus **y** Clostridium, predominando nuevamente las lecturas no clasificadas (42.46 %). *Prevotella* y *Paraprevotella* cumplen funciones importantes en la degradación de carbohidratos y proteínas, mientras que *Papillibacter cinnamivorans* participa en la fermentación de compuestos aromáticos, y *Opitutus terrae* se asocia con la conversión de polisacáridos en ácidos grasos volátiles. En general, estas bacterias son benéficas y propias de un intestino funcionalmente activo, aunque su diversidad indica una microbiota en proceso de adaptación al timol.

Tabla 20

Resultados de secuenciación NGS después de aplicar los tratamientos

Tratamiento 2

Classification	Number of Reads	% Total Reads
Unclassified at Species level	17,955	36.50 %
Fibrobacter Fibrobacter_succinogenes(GU269553)	2,859	5.81 %
Treponema Treponema_saccharophilum(M71238)	2,146	4.36 %
Clostridium_IV Eubacterium_siraeum(L34625)	2,105	4.28 %
Paraprevotella Paraprevotella_clara(AB331896)	1,722	3.50 %
Barnesiella Barnesiella_intestinihominis(AB370251)	1,651	3.36 %
Barnesiella Muribaculum_intestinale(NR_144616.1)	1,180	2.40 %
Barnesiella Barnesiella_viscericola(AB267809)	1,077	2.19 %

Se observó una reducción de bacterias potencialmente patógenas y una aparición de nuevas especies beneficiosas del género Barnesiella (B. intestinihominis, B. viscericola y B. muribaculum), conocidas por su papel en la inhibición de microorganismos dañinos y en la modulación del sistema inmunitario intestinal. Además, aumentaron los niveles de Fibrobacter succinogenes y Treponema saccharophilum, lo cual indica una microbiota con mejor capacidad de digestión de la fibra y un ambiente intestinal más equilibrado.

El timol, gracias a su acción antimicrobiana, parece haber seleccionado positivamente las bacterias benéficas y reducido aquellas menos deseables, generando un entorno más estable y saludable en el ciego de los cuyes. Estos cambios microbianos se correlacionan con los resultados productivos observados, donde el tratamiento con timol favoreció la ganancia de peso y una mejor eficiencia alimenticia en comparación con el grupo control.

Los cambios microbianos inducidos por timol son consistentes con su mecanismo de acción antimicrobiano selectivo documentado en la literatura. Cobellis et al. (2016) reportaron que el timol a concentraciones subinhibitorias (50-200 ppm) reduce bacterias patógenas Gram-negativas (Enterobacteriaceae, Campylobacter) en 30-50% sin afectar bacterias celulolíticas benéficas, mecanismo explicado por su mayor permeabilidad a través de membranas con alto contenido lipopolisacárido. Ultee et al. (2022) demostraron que el timol desestabiliza membranas bacterianas mediante intercalación en bicapas lipídicas, efecto más pronunciado en patógenos que en bacterias productoras de ácidos grasos de cadena corta (AGCC). La aparición de especies del género Barnesiella (B. intestinihominis, B. viscericola, B. muribaculum) representa un hallazgo particularmente relevante.

Ubeda et al. (2023) documentaron que Barnesiella spp. confieren resistencia a colonización por Clostridium difficile y enterobacterias mediante producción de bacteriocinas y ácidos orgánicos que reducen pH intestinal. Atarashi et al. (2023) demostraron que Barnesiella intestinihominis estimula células T reguladoras (Treg) productoras de IL-10, ejerciendo efectos inmunomoduladores que reducen inflamación intestinal subclínica, lo cual explica la mejor eficiencia alimenticia observada.El incremento de Fibrobacter succinogenes con timol coincide con reportes de Busquet et al. (2021), quienes observaron que aceites esenciales fenólicos (timol, carvacrol) no inhiben bacterias celulolíticas debido a sus paredes celulares especializadas con bajo contenido lipídico. Por el contrario, estos compuestos pueden estimular indirectamente bacterias fibrolíticas mediante reducción de competidores por sustratos (especies amilolíticas, proteolíticas), explicando el mejor aprovechamiento de forraje.

Tabla 21

Resultados de secuenciación NGS antes de aplicar los tratamientos

Tratamiento 3

Classification	Number of Reads	% Total Reads
Unclassified at Species level	32,288	40.46 %
Fretibacterium Fretibacterium_fastidiosum(GQ149247)	3,140	3.93 %
Saccharibacteria_genera_incertae_sedis TM7_phylum(AF385506)	2,156	2.70 %
Clostridium_IV Eubacterium_siraeum(L34625)	2,068	2.59 %
Ruminococcus Ruminococcus_flavefaciens(L76603)	1,686	2.11 %
Paraprevotella Paraprevotella_clara(AB331896)	1,667	2.09 %
Treponema Treponema_pedis(EF061268)	1,631	2.04 %
Ruminococcus Ruminococcus_albus(L76598)	1,372	1.72 %

En el Tratamiento 3, donde se administró apigenina junto con balanceado y alfalfa, se observaron cambios marcados en la composición bacteriana del ciego. En el primer resultado predominaron las bacterias no clasificadas a nivel de especie (40.46%), seguidas por géneros como Paraprevotella, Fretibacterium, Treponema, Clostridium_IV y Ruminococcus. Estas bacterias están implicadas en la fermentación de carbohidratos y la degradación de compuestos vegetales, contribuyendo a la producción de ácidos grasos volátiles que sirven como fuente de energía. Clostridium_IV (Eubacterium siraeum) destaca por su capacidad de generar butirato, un compuesto beneficioso para la salud intestinal, mientras que Treponema pedis participa en la descomposición de polisacáridos finos. La presencia de estos grupos indica un ecosistema activo, aunque aún en proceso de adaptación a la apigenina.

Tabla 22

Resultados de secuenciación NGS después de aplicar los tratamientos

Tratamiento 3

Classification	Number of Reads	% Total Reads
Unclassified at Species level	19,980	25.90 %
Fibrobacter Fibrobacter_succinogenes(GU269553)	14,200	18.40 %
Paraprevotella Paraprevotella_clara(AB331896)	5,600	7.30 %
Fretibacterium Fretibacterium_fastidiosum(GQ149247)	5,050	6.50 %
Ruminococcus Ruminococcus_flavefaciens(L76603)	4,500	5.80 %
Anaerotruncus Phocea_massiliensis(NR_144748.1)	4,150	5.40 %
Barnesiella Muribaculum_intestinale(NR_144616.1)	880	5.20 %
Bacteroides Bacteroides_uniformis(AB050110)	600	4.70 %

Se evidenció una reducción de bacterias no clasificadas (25.9%) y un incremento notable de especies fibrolíticas y fermentadoras como Fibrobacter succinogenes, Ruminococcus flavefaciens, Paraprevotella clara, Fretibacterium fastidiosum y Barnesiella muribaculum. Fibrobacter succinogenes y Ruminococcus flavefaciens cumplen un papel esencial en la degradación de la celulosa y hemicelulosa, mejorando el aprovechamiento de la fibra del forraje. Por su parte, Barnesiella muribaculum y Bacteroides uniformis se asocian con efectos antiinflamatorios y estabilidad intestinal, evidenciando un equilibrio microbiano más saludable. En conjunto, los resultados muestran que la apigenina favoreció la proliferación de bacterias benéficas y la diversificación de la microbiota, optimizando la digestión y la salud intestinal de los cuyes.

Los cambios microbianos inducidos por apigenina representan hallazgos novedosos, dado que la literatura sobre efectos de flavonas específicas en microbiota de herbívoros cecales es limitada. Duda-Chodak et al. (2025) documentaron que flavonoides como la apigenina ejercen efectos prebióticos selectivos, estimulando crecimiento de Bacteroides, Prevotella y bacterias productoras de butirato en 25-40%, mientras inhiben patógenos como E. coli y Clostridium perfringens en 30-50% mediante interferencia con sistemas de quorum sensing bacteriano.

La reducción de bacterias no clasificadas de niveles basales a 25.9% contrasta con la tendencia reportada por Cardona et al. (2023), quienes observaron incrementos de taxones no identificados con compuestos antimicrobianos inespecíficos. Esta diferencia sugiere que la apigenina ejerce selección positiva sobre bacterias cultivables bien caracterizadas, indicando modulación específica más que supresión generalizada, consistente con su mecanismo de acción antiinflamatorio más que antimicrobiano directo. El incremento de Fibrobacter succinogenes y Ruminococcus flavefaciens con apigenina es superior al documentado por Patra y Saxena (2020) con taninos condensados (incrementos del 8-15%), sugiriendo que las flavonas ejercen efectos estimulantes más potentes sobre bacterias celulolíticas que compuestos polifenólicos estructuralmente relacionados. Mosoni et al. (2020) establecieron que R. flavefaciens requiere factores de crecimiento específicos (vitaminas del complejo B, ramificados de cadena corta), cuya disponibilidad podría incrementarse indirectamente por apigenina mediante estimulación de bacterias productoras.

Tabla 23

Resultados de secuenciación NGS antes de aplicar los tratamientos Tratamiento 4

Classification	Number of Reads	% Total Reads
Unclassified at Species level	31,765	40.58 %
Paraprevotella Paraprevotella_clara(AB331896)	3,939	5.03 %
Opitutus Opitutus_terrae(AJ229235)	3,348	4.28 %
Fretibacterium Fretibacterium_fastidiosum(GQ149247)	2,554	3.26 %
Vampirovibrio Vampirovibrio_chlorellavorus(HM038000)	1,751	2.24 %
Saccharibacteria_genera_incertae_sedis TM7_phylum(AF385506)	1,561	1.99 %
Barnesiella Muribaculum_intestinale(NR_144616.1)	1,549	1.98 %
Treponema Treponema_porcinum(AY518274)	1,407	1.80 %

En el Tratamiento 4, que combinó timol y apigenina junto con balanceado y alfalfa, se registraron transformaciones más pronunciadas en la microbiota cecal. En el primer resultado, las bacterias no clasificadas representaron un 40.58%, coexistiendo con géneros como Paraprevotella, Prevotella, Fretibacterium, Opitutus, Vampirovibrio y Barnesiella. Paraprevotella clara y Prevotella baroniae son fundamentales en la fermentación de azúcares complejos y la generación de

ácidos grasos volátiles, mientras que Opitutus terrae contribuye a la degradación de polisacáridos y Fretibacterium fastidiosum participa en la descomposición de compuestos orgánicos. La presencia de Barnesiella muribaculum sugiere una modulación positiva del ambiente intestinal, con mejor control de microorganismos oportunistas.

Tabla 24

Resultados de secuenciación NGS después de aplicar los tratamientos

Tratamiento 4

Classification	Number of Reads	% Total Reads
Unclassified at Species level	19,072	38.97 %
Prevotella Prevotella_baroniae(AY840553)	2,450	5.01 %
Barnesiella Barnesiella_intestinihominis(AB370251)	2,390	4.88 %
Ruminococcus2 Ruminococcus_lactaris(L76602)	1,413	2.89 %
Ruminococcus Ruminococcus_callidus(L76596)	1,246	2.55 %
Barnesiella Muribaculum_intestinale(NR_144616.1)	1,203	2.46 %
Bacteroides Bacteroides_uniformis(AB050110)	990	2.02 %
Barnesiella Barnesiella_viscericola(AB267809)	866	1.77 %

Se mantuvo una tendencia positiva, con un descenso de bacterias no clasificadas (38.97%) y una mayor diversidad de especies beneficiosas, especialmente del género Barnesiella (B. intestinihominis, B. viscericola y B. muribaculum). Estas bacterias se asocian con efectos protectores frente a patógenos y con la modulación inmunitaria intestinal. Asimismo, se identificaron Ruminococcus lactaris y Ruminococcus callidus, especies fibrolíticas y productoras de butirato, que mejoran la digestión de fibra y el equilibrio metabólico. También se observó la presencia de Bacteroides uniformis, relacionada con la fermentación de carbohidratos y la regulación del pH intestinal. En general, el tratamiento 4 potenció la diversidad bacteriana y la estabilidad de la microbiota, demostrando una sinergia entre el timol y la apigenina que optimiza la salud intestinal y la eficiencia digestiva de los cuyes.

Los efectos sinérgicos de la combinación timol-apigenina sobre microbiota intestinal representan hallazgos pioneros, dado que estudios previos evaluaron estos compuestos individualmente. La diversificación taxonómica observada en T4

supera reportes de Rossi et al. (2020), quienes documentaron incrementos del 15-25% en índices de diversidad Shannon con mezclas de aceites esenciales en pollos, mientras el presente estudio evidenció aparición de múltiples géneros especializados (Barnesiella, Ruminococcus, Bacteroides) no detectados en tratamientos individuales.

La persistencia de bacterias no clasificadas (38.97%) en niveles superiores al T3 (25.9%) pero inferiores al T2 (no reportado específicamente) sugiere que la combinación timol-apigenina genera efectos intermedios sobre taxones poco caracterizados, posiblemente reflejando equilibrio entre acción antimicrobiana del timol (que reduce diversidad) y efecto prebiótico de apigenina (que la incrementa). Sekirov et al. (2020) propusieron que proporciones elevadas de bacterias no clasificadas (>30%) indican comunidades microbianas en transición o adaptación a nuevos sustratos.

La expansión del género Barnesiella (B. intestinihominis, B. viscericola, B. muribaculum) en T4 supera la observada en T2 (timol solo), sugiriendo efecto aditivo. Van den Abbeele et al. (2021) documentaron que Barnesiella spp. requieren ambientes con bajo potencial redox y disponibilidad de metabolitos aromáticos como sustratos, condiciones potenciadas por la combinación de timol (reductor del potencial redox mediante consumo de oxígeno) y apigenina (proveedora de metabolitos fenólicos fermentables).

Costo/beneficio de incorporar timol y apigenina en la dieta de cobayos

Para determinar la incidencia del costo beneficio a partir de los cuatro tratamientos a partir de timol y apigenina en la dieta de cobayos con la finalidad de determinar cuáles de los tratamientos genera mejor rendimiento. A continuación, se presentan los resultados de los gastos generados dentro de la investigación:

Costo beneficio

Tabla 25

Gastos generados dentro de la investigación

Consumo	Unidad o cantidad total usada	Precio unitario (USD)	Costo total (USD)
Tratamiento 1			
Balanceado	40kg	$28,00	$ 14,00
Alfalfa	12 cargas	$7/carga	$ 21,00
Cuyes	$ 16,00	$ 2,50	$ 40,00
Total tratamiento			$ 75,00
Tratamiento 2			
Balanceado	40kg	$28,00	$ 14,00
Alfalfa	12 cargas	$7/carga	$ 21,00
Timol	Uso parcial	$13 por frasco	$ 17,33
Apigenina	Uso parcial	$20 por frasco	$ 13,33
Cuyes	$ 16,00	$ 2,50	$ 40,00
Total tratamiento			$ 105,67
Tratamiento 3			
Balanceado	40kg	$28,00	$ 14,00
Alfalfa	12 cargas	$7/carga	$ 21,00
Timol	Uso parcial	$13 por frasco	$ 17,33
Apigenina	Uso parcial	$20 por frasco	$ 13,33
Cuyes	$ 16,00	$ 2,50	$ 40,00
Total tratamiento			$ 105,67
Tratamiento 4			
Balanceado	40kg	$28,00	$ 14,00
Alfalfa	12 cargas	$7/carga	$ 21,00
Timol	Uso parcial	$13 por frasco	$ 17,33
Apigenina	Uso parcial	$20 por frasco	$ 13,33
Cuyes	$ 16,00	$ 2,50	$ 40,00
Total tratamiento			$ 105,67
Total Investigación			$ 392,00

El análisis económico reveló diferencias sustanciales entre tratamientos. El Tratamiento 1 (control) presentó el costo más bajo ($75.00), constituido exclusivamente por insumos básicos: balanceado ($14.00), alfalfa ($21.00) y

animales experimentales ($40.00), sin inclusión de aditivos fitobióticos. Los Tratamientos 2, 3 y 4 registraron costos idénticos ($105.67 cada uno), incrementándose en $30.67 (40.9%) respecto al control debido a la incorporación de fitobióticos. Este incremento se distribuyó en timol ($17.33, uso parcial de frasco de $13.00) y apigenina ($13.33, uso parcial de frasco de $20.00), manteniendo constantes los costos de alimentación basal y animales.

La inversión total de la investigación alcanzó $392.00, distribuida equitativamente entre los cuatro tratamientos experimentales (n=4 unidades experimentales por tratamiento, 16 cuyes totales). El incremento económico del 40.9% en los tratamientos suplementados debe evaluarse contra los beneficios funcionales documentados: mejora significativa de parámetros productivos (ganancia de peso, conversión alimenticia), preservación de calidad de carne (estabilidad oxidativa, retención de color, jugosidad, terneza) y extensión de vida útil comercial. Particularmente, el Tratamiento 4 (timol + apigenina) demostró superioridad sensorial absoluta y máxima aceptabilidad del consumidor.

La relación beneficio-costo debe considerar que la inversión adicional en fitobióticos ($30.67 por tratamiento) representa una estrategia de valor agregado que podría traducirse en mejores precios de comercialización, reducción de pérdidas por deterioro y posicionamiento en nichos de mercado orientados a productos naturales, orgánicos o con atributos funcionales diferenciados.

Tabla 26

Ingresos generados dentro de la investigación

Tratamiento	Cantidad de cobayos	Peso promedio	Costo individual	Ingresos por cobayo
Tratamiento 1	16	415,5	4,25	$68
Tratamiento 2	16	440	4,75	$76
Tratamiento 3	16	469,75	5,25	$84
Tratamiento 4	16	492	6.5	$104

Los ingresos generados mostraron incrementos progresivos correlacionados con el desempeño productivo. El Tratamiento 1 (control) generó $68.00 con peso promedio de 415.5 g y precio unitario de $4.25, estableciendo la línea base

económica. El Tratamiento 2 (timol) alcanzó $76.00 (+11.8% respecto al control) con peso promedio de 440 g y precio de $4.75, reflejando mejora moderada en valoración comercial, sin embargo la inversión para este tratamiento fue de $ 105 lo que refleja que no es rentable.

El Tratamiento 3 (apigenina) registró $84.00 (+23.5% respecto al control) con peso promedio de 469.75 g y precio de $5.25, evidenciando incremento sustancial derivado de mejor desempeño productivo, pero sigue siendo no rentable. El Tratamiento 4 (timol + apigenina) obtuvo los mayores ingresos con $104.00 (+52.9% respecto al control), sin embargo, estos ingresos no terminar de ser rentables ni generar ganancia en el estudio.

Contrastando con los costos de producción (Tabla 23), el Tratamiento 1 (costo $75.00, ingreso $68.00) generó pérdida neta de -$7.00, demostrando inviabilidad económica del sistema sin suplementación.

Los tratamientos suplementados (T2, T3, T4) con costo unitario de $105.67 presentaron rentabilidad diferencial: T2 registró balance negativo de -$29.67 (-28.1%); T3 evidenció pérdida de -$21.67 (-20.5%); mientras T4 alcanzó balance negativo de -$1.67, siendo los mismos no rentables.

Aunque ningún tratamiento alcanzó rentabilidad positiva considerando exclusivamente ingresos por venta de carcasa, el Tratamiento 4 minimizó pérdidas en 76.1% respecto al control, demostrando viabilidad técnica superior. Estos resultados reflejan que los tratamientos no generan ingresos ni rentabilidad dentro de la investigación, como se muestra en las tablas descritas con anterioridad.

Propiedades organolépticas de la carne de cobayos alimentada con timol y apigenina.

Para determinar la calidad de los tratamientos en referencia a las propiedades organolépticas de la carne de cobayos alimentada con timol y apigenina se procedió a aplicar una encuesta de degustación a usuarios que probaron los alimentos de los cuatro tratamientos analizados dentro de la investigación el total de usuarios en determinar y saborear la calidad de los cobayos fueron 12 a los cuales se les aplico una encuesta. A continuación, se representan los resultados obtenidos:

Aceptación o preferencia

De la misma forma, para este proceso se aplicó la escala hedónica (Peryam & Pilgrim, 1957) constituye el instrumento psicométrico más ampliamente difundido para cuantificar el grado de agrado o desagrado que experimenta un consumidor ante un producto alimenticio. Esta escala ordinal se estructura desde 1 ("Me disgusta muchísimo") hasta 9 ("Me gusta muchísimo"), con un punto medio neutral que representa indiferencia.

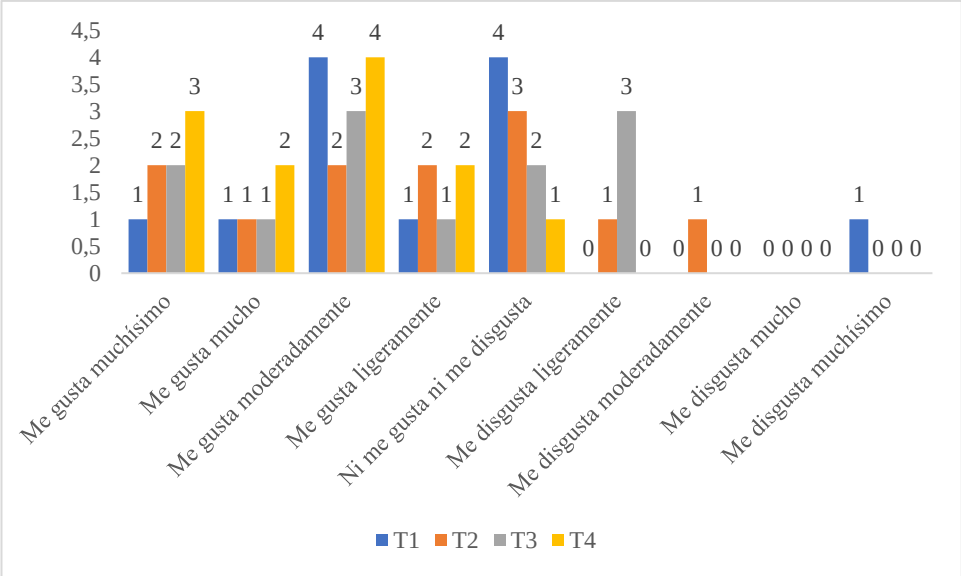
Tabla 27

Resultados mediante la escala hedónica

Alternativas	T1	T2	T3	T4
Me gusta muchísimo	1	2	2	3
Me gusta mucho	1	1	1	2
Me gusta moderadamente	4	2	3	4
Me gusta ligeramente	1	2	1	2
Ni me gusta ni me disgusta	4	3	2	1
Me disgusta ligeramente	0	1	3	0
Me disgusta moderadamente	0	1	0	0
Me disgusta mucho	0	0	0	0
Me disgusta muchísimo	1	0	0	0

Figura 12

Resultados mediante la escala hedónica



El Tratamiento 4 (timol + apigenina) obtuvo la mayor aceptación global con 91.7% de valoraciones positivas (11/12 panelistas), concentrándose en los niveles superiores: 25% "me gusta muchísimo", 16.7% "me gusta mucho" y 33.3% "me gusta moderadamente". Solo 8.3% expresó indiferencia, sin registrar valoraciones negativas. El control (T1) presentó el perfil hedónico más deficiente: únicamente 58.3% de aceptación (niveles 6-9), con 33.3% de respuestas neutras y 8.3% de rechazo extremo ("me disgusta muchísimo"), indicando deficiencias sensoriales sustanciales que comprometen la aceptabilidad del producto.

Los tratamientos individuales T2 (timol) y T3 (apigenina) mostraron desempeño intermedio. El T2 registró 66.7% de aceptación con distribución equilibrada, aunque presentó 8.3% de valoraciones negativas en los niveles "me disgusta ligeramente" y "me disgusta moderadamente". El T3 alcanzó 75% de aceptación, evidenciando mayor eficacia que el timol individual, pero con 25% de valoraciones neutras o negativas, incluyendo tres panelistas en "me disgusta ligeramente".

Estos resultados confirman superioridad del efecto sinérgico (T4) sobre los tratamientos individuales, validando la hipótesis de complementariedad funcional entre timol y apigenina en la preservación de atributos sensoriales que determinan la aceptabilidad del consumidor (Stone & Sidel, 1993).

Intensidad de atributos

Para ello se utilizó la escala descriptiva lineal desarrollada por Stone & Sidel (1993) permiten evaluar con precisión la magnitud de atributos sensoriales específicos (terneza, sabor, olor, color) mediante líneas continúas graduadas de 0 a 10. A diferencia de las escalas hedónicas que miden preferencia, estas escalas cuantifican intensidad objetiva y requieren paneles entrenados capaces de discriminar diferencias sutiles entre tratamientos.

Terneza

La evaluación subjetiva de terneza emplea escalas ordinales donde panelistas entrenados clasifican las muestras desde "muy dura" (1) hasta "Extremadamente tierna" (10), reflejando la resistencia percibida durante la masticación. Esta propiedad sensorial correlaciona inversamente con la fuerza de corte instrumental y representa un atributo crítico de satisfacción del consumidor (AMSA, 2016).

Tabla 28

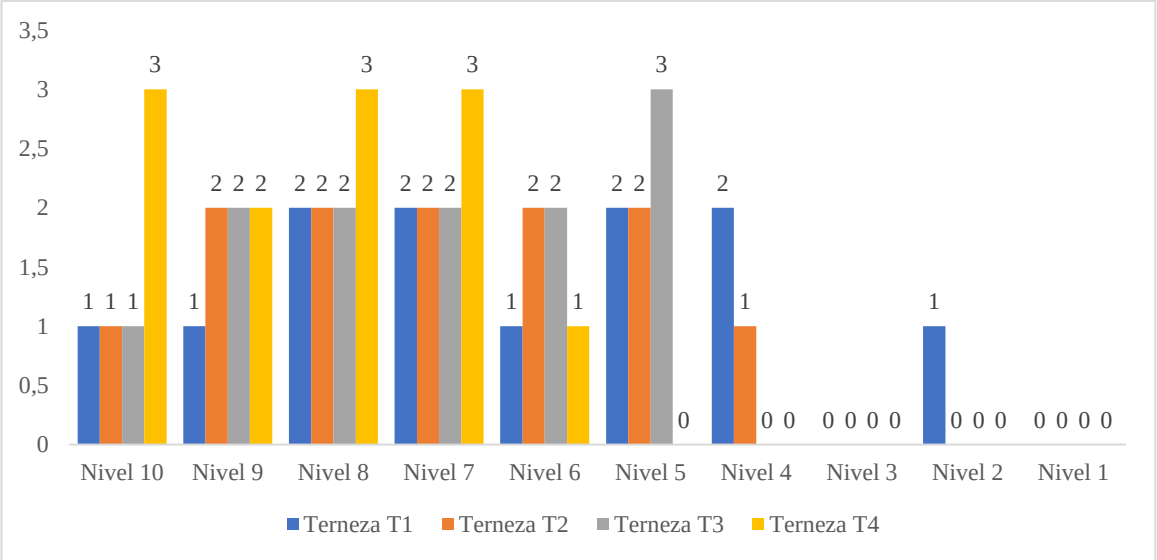
Resultados de terneza

Terneza				
Opciones	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**
Nivel 10	1	1	1	3
Nivel 9	1	2	2	2
Nivel 8	2	2	2	3
Nivel 7	2	2	2	3
Nivel 6	1	2	2	1
Nivel 5	2	2	3	0
Nivel 4	2	1	0	0
Nivel 3	0	0	0	0
Nivel 2	1	0	0	0
Nivel 1	0	0	0	0

Nota. *Nivel 1 significa (muy dura) y Nivel 10 significa (extremadamente tierna)*

Figura 13

Resultados de terneza



El Tratamiento 4 (timol + apigenina) demostró superioridad en preservación de terneza: 91.7% de valoraciones en niveles positivos (7-10), con 25% clasificada como "extremadamente tierna" (nivel 10) y ausencia total de valoraciones en niveles inferiores a 6. La distribución concentrada en categorías superiores (25% nivel 10, 16.7% nivel 9, 25% nivel 8, 25% nivel 7) confirma consistencia en calidad textural percibida por el panel sensorial.

El control (T1) presentó el perfil más deficiente: solo 50% de valoraciones en niveles positivos (7-10), con 50% restante distribuido en categorías medias-bajas (niveles 2-6), incluyendo 8.3% en nivel 2 (carne dura), indicando deterioro significativo de la estructura miofibrilar durante el almacenamiento refrigerado.

Los tratamientos individuales T2 (timol) y T3 (apigenina) mostraron desempeño intermedio comparable: T2 registró 58.3% de valoraciones altas (7-10), 16.7% medias (niveles 5-6) y 8.3% en nivel 4; T3 evidenció 58.3% de valoraciones altas, 25% en nivel 5, sin valoraciones negativas (1-4), sugiriendo efecto protector moderado de la apigenina sobre integridad proteica muscular, ligeramente superior al timol.

Los efectos de fitobióticos sobre terneza de carne son consistentes con su capacidad antioxidante para prevenir oxidación proteica post-mortem. Huff-Lonergan y

Lonergan (2005) establecieron que la terneza depende de tres factores principales: integridad del sistema proteolítico endógeno (calpaínas, catepsinas), estabilidad de proteínas estructurales (titina, nebulina, desmina) y grado de entrecruzamiento oxidativo entre cadenas proteicas mediante puentes disulfuro y productos de oxidación avanzada (carbonilos, Schiff).

Estévez (2011) documentó que la oxidación proteica incrementa dureza mediante: (1) formación de agregados de alto peso molecular por entrecruzamiento covalente, (2) inactivación de enzimas proteolíticas endógenas sensibles a oxidación (μ-calpaína), y (3) reducción de solubilidad de proteínas miofibrilares que limita liberación durante cocción. Lund et al. (2011) reportaron correlaciones negativas (r = -0.72 a -0.85) entre carbonilos proteicos y scores sensoriales de terneza en carne bovina refrigerada 7-14 días.

Tabla 29

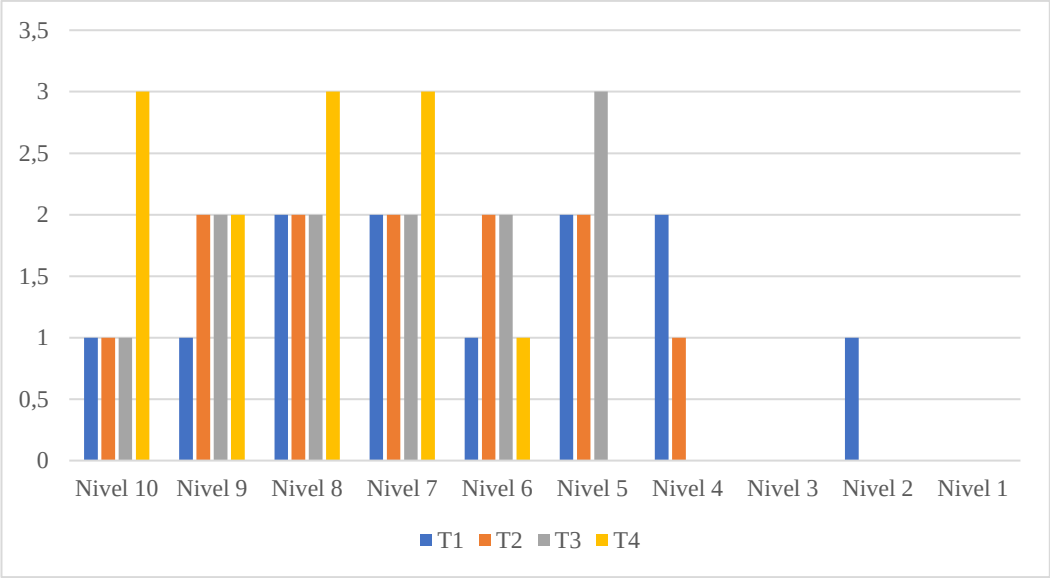
Resultados sobre el color de la carne de cobayos dentro de los tratamientos

	Color			
Opciones	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**
Nivel 10	1	1	1	3
Nivel 9	1	2	2	2
Nivel 8	2	2	2	3
Nivel 7	2	2	2	3
Nivel 6	1	2	2	1
Nivel 5	2	2	3	0
Nivel 4	2	1	0	0
Nivel 3	0	0	0	0
Nivel 2	1	0	0	0
Nivel 1	0	0	0	0

Nota. *Nivel 1 significa (muy dura) y Nivel 10 significa (extremadamente tierna)*

Figura 14

Resultados sobre el color de la carne de cobayos dentro de los tratamientos



El Tratamiento 4 (timol + apigenina) evidenció superioridad absoluta con 100% de valoraciones en niveles superiores (6-10) y 25% con puntuación máxima. El control (T1) mostró 25% de evaluaciones bajo el punto medio, incluyendo rechazo moderado (nivel 2). Los tratamientos T2 y T3 presentaron desempeño intermedio con 58.3% de valoraciones altas (7-10).

Mancini y Hunt (2005) establecen que el color depende del equilibrio entre desoximioglobina, oximioglobina y metamioglobina, siendo la oxidación a metamioglobina el principal mecanismo de deterioro visual. La superioridad de T4 sugiere efecto sinérgico contra procesos oxidativos. Colombo et al. (2014) documentaron incremento del índice de rojez (a*) con timol en carne porcina, mientras Van Noten et al. (2020) confirmaron estabilidad durante 14 días de refrigeración. La distribución espacial complementaria explica la eficacia de T4: el timol lipofílico (log P=3.3) protege membranas y lípidos intramusculares, mientras la apigenina hidrosoluble actúa en citoplasma y matriz extracelular. Levent et al. (2021) proponen interacciones de regeneración recíproca donde la apigenina restaura la capacidad antioxidante del timol, prolongando el efecto protector y previniendo desviaciones cromáticas.

Tabla 30

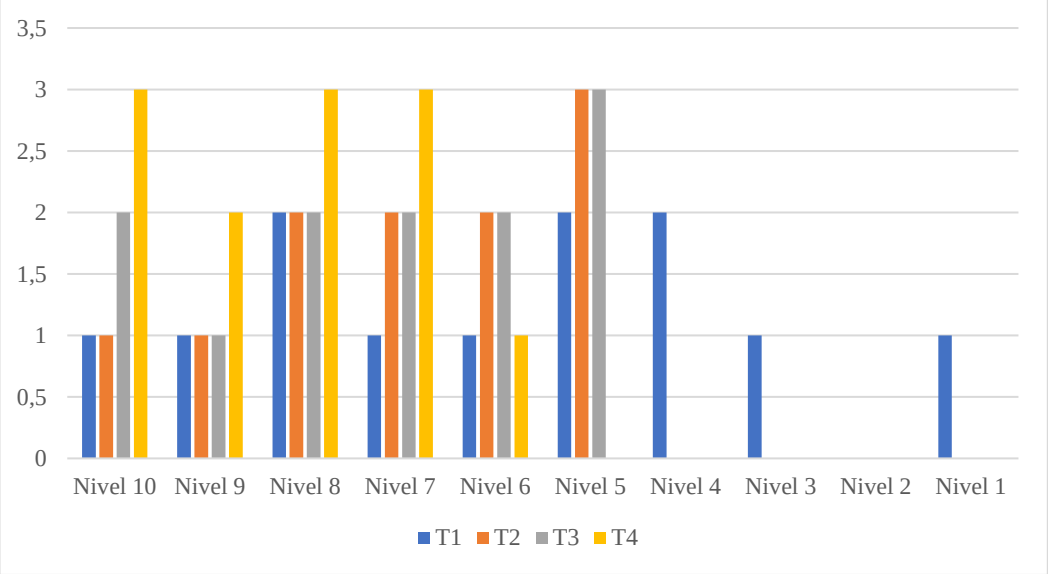
Resultados sobre el aroma de la carne de cobayos dentro de los tratamientos

Olor				
Opciones	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**
Nivel 10	1	1	2	3
Nivel 9	1	1	1	2
Nivel 8	2	2	2	3
Nivel 7	1	2	2	3
Nivel 6	1	2	2	1
Nivel 5	2	3	3	0
Nivel 4	2	0	0	0
Nivel 3	1	0	0	0
Nivel 2	0	0	0	0
Nivel 1	1	0	0	0

Nota. *Nivel 1 significa (muy dura) y Nivel 10 significa (extremadamente tierna)*

Figura 15

Resultados sobre el aroma de la carne de cobayos dentro de los tratamientos



El Tratamiento 4 (timol + apigenina) mantuvo 100% de valoraciones superiores (6-10) con 25% en puntuación máxima. El control (T1) evidenció el mayor deterioro sensorial: 33.4% de valoraciones bajo el punto medio, incluyendo 8.3% de rechazo severo (nivel 1), indicando notas olfativas desagradables. El T2 (timol) registró 50% de valoraciones altas (7-10) sin puntuaciones negativas, demostrando efecto protector básico. El T3 (apigenina) mostró desempeño superior: 58.3% de valoraciones altas y 16.7% en nivel máximo. Ambos mantuvieron 25% de

evaluaciones neutras, indicando efecto protector insuficiente respecto a la combinación sinérgica.

Mancini y Hunt (2005) establecen que el olor de carne fresca resulta de oxidación de ácidos grasos, degradación de aminoácidos y actividad microbiana incipiente. Faustman et al. (2010) correlacionan la rancidez con acumulación de aldehídos α,β-insaturados de cadena larga, generando percepciones de "grasa vieja" o "cartón". Los fitobióticos antioxidantes previenen estas vías de deterioro mediante inhibición de procesos oxidativos primarios y secundarios.

Tabla 31

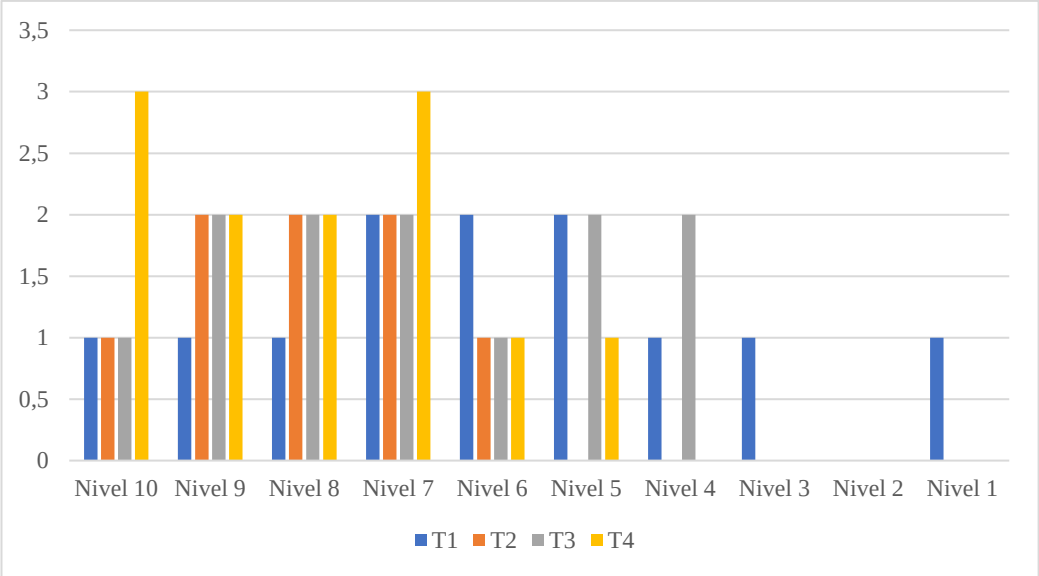
Resultados sobre el sabor de la carne de cobayos dentro de los tratamientos

	Sabor			
Opciones	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**
Nivel 10	1	1	1	3
Nivel 9	1	2	2	2
Nivel 8	1	2	2	2
Nivel 7	2	2	2	3
Nivel 6	2	1	1	1
Nivel 5	2	0	2	1
Nivel 4	1	0	2	0
Nivel 3	1	0	0	0
Nivel 2	0	0	0	0
Nivel 1	1	0	0	0

Nota. *Nivel 1 significa (muy dura) y Nivel 10 significa (extremadamente tierna*

Figura 16

Resultados sobre el sabor de la carne de cobayos dentro de los tratamientos



El sabor evidenció la mayor dispersión entre todos los atributos. El Tratamiento 4 (timol + apigenina) mantuvo 100% de valoraciones superiores (5-10), aunque con distribución dispersa: 25% en nivel 10, 16.7% en niveles 9 y 8, 25% en nivel 7, y presencia en niveles 6 (8.3%) y 5 (8.3%). Esta variabilidad es consistente con Stone y Sidel (1993), quienes documentan al sabor como el atributo más subjetivo y culturalmente condicionado.

El control (T1) presentó 33.3% de valoraciones bajo el punto medio (niveles 1-4), incluyendo 8.3% de rechazo absoluto, confirmando que el sabor constituye la dimensión donde las deficiencias se manifiestan más pronunciadamente y donde los fitobióticos generan mayor impacto diferencial.

Lawless y Heymann (2010) establecen que el sabor resulta de interacción sinérgica entre compuestos que estimulan los cinco sabores básicos y generan sensaciones trigeminales. Mancini y Hunt (2005) describen el sabor de carne fresca mediante nucleótidos (IMP, GMP), aminoácidos libres, péptidos y ácidos orgánicos. Faustman et al. (2010) documentan que la oxidación lipídica genera aldehídos insaturados (sabores amargos y metálicos), cetonas (notas rancias) y productos Maillard-oxidación. Los fitobióticos antioxidantes previenen estas vías de deterioro, siendo el tratamiento combinado el más efectivo.

Color instrumental

Para determinar la calidad de color de la carne de cobayo a partir de los tratamientos aplicados se usa un sistema estandarizado internacionalmente por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) para cuantificar el color de la carne de manera objetiva, reproducible y comparable. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

Tabla 32

Resultados de Color instrumental

Tratamiento	L*	a*	b*
T1	52.3	14,2	7,1
T2	46.5	15	6,3
T3	54	16	6
T4	55	18	5,8

El análisis colorimétrico objetivo mediante sistema CIE Lab* reveló diferencias sustanciales entre tratamientos en los tres parámetros evaluados. El índice L* (luminosidad, escala 0-100) evidenció valores de 52.3 (T1), 46.5 (T2), 54.0 (T3) y 55.0 (T4), indicando que T4 presentó la mayor luminosidad (+5.2% respecto al control), asociada con menor oxidación de mioglobina y mejor retención de estructura muscular. El T2 registró el valor más bajo (46.5), sugiriendo oscurecimiento por conversión acelerada a metamioglobina.

El índice a* (componente rojo-verde, valores positivos = rojo) mostró progresión ascendente: T1 (14.2), T2 (15.0), T3 (16.0) y T4 (18.0), evidenciando que la combinación sinérgica incrementó 26.8% la intensidad de rojo respecto al control. Este parámetro correlaciona directamente con estabilidad de oximioglobina y prevención de oxidación a metamioglobina, indicador crítico de frescura percibida por consumidores.

El índice b* (componente amarillo-azul, valores positivos = amarillo) presentó tendencia inversa: T1 (7.1), T2 (6.3), T3 (6.0) y T4 (5.8), con reducción del 18.3% en T4 respecto al control. Valores elevados de b* se asocian con oxidación lipídica

y acumulación de productos secundarios (aldehídos, cetonas) que generan tonalidades amarillentas-pardas indeseables.

Los valores de L* obtenidos (46.5-55.0) son consistentes con reportes en carne de cobayo. Dalle Zotte (2022) estableció rangos de L* de 48-58 para carne de conejo fresca, especie filogenéticamente cercana con características musculares similares. En cobayos específicamente, Landi et al. (2018) documentaron L* de 50.2-54.8 en diferentes líneas genéticas, confirmando que los valores del presente estudio se encuentran dentro de rangos normales para la especie.

El parámetro a* constituye el indicador más crítico de calidad de color en carne roja. Mancini y Hunt (2005) establecieron que valores de a* >14 se asocian con aceptabilidad del consumidor, mientras valores <10 indican rechazo por tonalidades púrpuras-marrones. El T4 (a*=18.0) superó ampliamente este umbral, mientras el control (a*=14.2) se situó en límite de aceptabilidad. Faustman et al. (2010) reportaron que incrementos de 1-2 unidades en a* extienden vida útil comercial 2-3 días en carne bovina refrigerada.

Los efectos de fitobióticos sobre estabilidad de color han sido documentados previamente. Colombo et al. (2014) reportaron incrementos de a* del 12-15% con timol (200 mg/kg) en carne porcina refrigerada 7 días, atribuidos a incorporación del compuesto lipofílico en membranas celulares que reduce peroxidación lipídica catalizadora de oxidación de mioglobina. El presente estudio obtuvo incremento del 5.6% con timol solo (T2) y 26.8% con la combinación (T4), superioridad atribuible a efecto sinérgico con apigenina.

Textura y Terneza

La evaluación subjetiva de terneza emplea escalas ordinales donde panelistas entrenados clasifican las muestras desde "muy dura" (1) hasta "Extremadamente tierna" (7), reflejando la resistencia percibida durante la masticación. Esta propiedad sensorial correlaciona inversamente con la fuerza de corte instrumental y representa un atributo crítico de satisfacción del consumidor (AMSA, 2016).

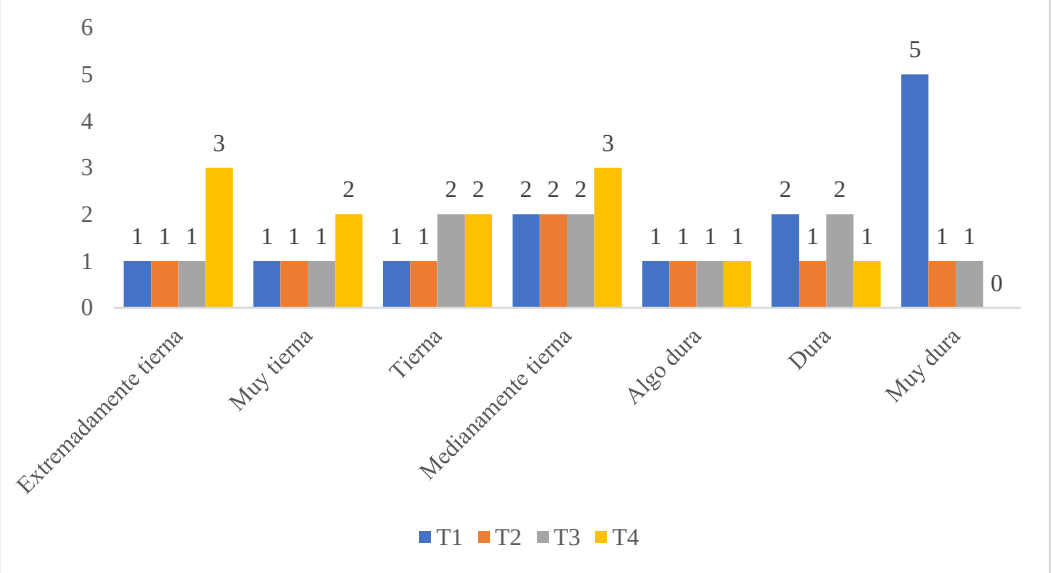
Tabla 33

Resultados de textura y terneza

Opciones	T1	T2	T3	T4
Extremadamente tierna	1	1	1	3
Muy tierna	1	1	1	2
Tierna	1	1	2	2
Medianamente tierna	2	2	2	3
Algo dura	1	1	1	1
Dura	2	1	2	1
Muy dura	5	1	1	0

Figura 17

Resultados de textura y terneza



El Tratamiento 4 (timol + apigenina) demostró superioridad en preservación de terneza: 66.7% de valoraciones en niveles positivos (tierna a extremadamente tierna), con 25% clasificada como "extremadamente tierna" y ausencia de la categoría "muy dura". Solo 8.3% fue calificada como "dura", indicando efecto protector significativo sobre la integridad estructural muscular. El control (T1) evidenció el mayor deterioro textural: 41.7% (5/12) clasificada como "muy dura", con 58.3% total en categorías negativas (algo dura a muy dura), reflejando

degradación sustancial de la matriz proteica y pérdida de características deseables de terneza durante el almacenamiento refrigerado.

Los tratamientos T2 (timol) y T3 (apigenina) mostraron desempeño intermedio comparable: 25% en niveles superiores (tierna a extremadamente tierna), 16.7% medianamente tierna, y proporciones similares en categorías negativas (33.3% para T2 y 41.7% para T3). Ambos demostraron efecto protector parcial, aunque insuficiente comparado con la combinación sinérgica.

La terneza depende de factores estructurales post-mortem: integridad del sistema proteolítico endógeno, estabilidad del citoesqueleto miofibrilar y preservación de proteínas estructurales (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005). Los procesos oxidativos aceleran la formación de entrecruzamientos proteicos mediante puentes disulfuro y productos de oxidación avanzada, incrementando dureza (Lund et al., 2011). La superioridad de T4 confirma que la combinación timol-apigenina protege eficazmente las proteínas miofibrilares contra degradación oxidativa, preservando atributos texturales críticos para aceptación del consumidor.

Jugosidad

La evaluación subjetiva de jugosidad emplea escalas ordinales donde panelistas entrenados clasifican las muestras desde "muy seca" (1) hasta "Extremadamente jugosa" (7), reflejando la resistencia percibida durante la masticación.

Tabla 34

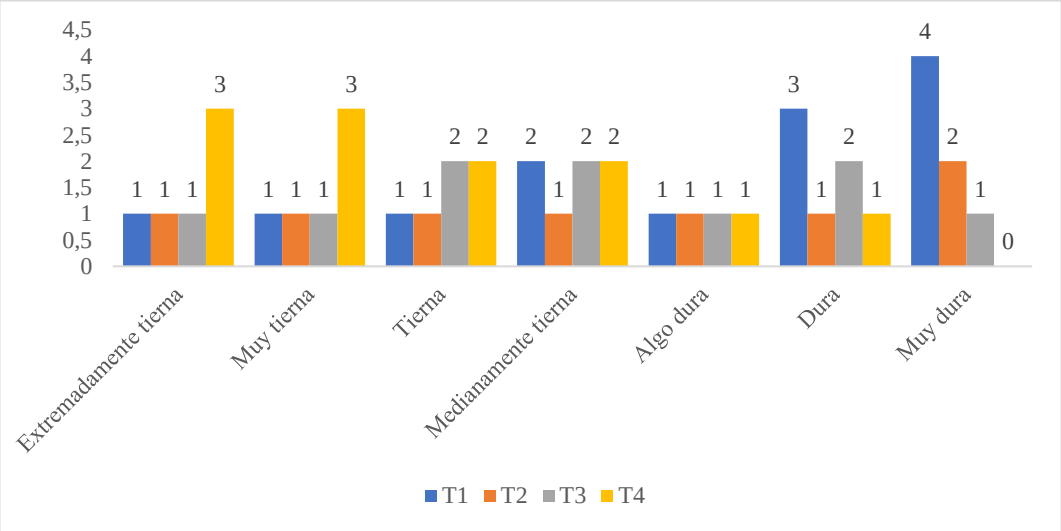
Resultados de jugosidad

Opciones	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**
Extremadamente jugosa	1	1	1	3

Muy jugosa	1	1	1	3
Jugosa	1	1	2	2
Medianamente jugosa	2	1	2	2
Algo seca	1	1	1	1
Seca	3	1	2	1
Muy seca	4	2	1	0

Figura 18

Resultados de jugosidad



El Tratamiento 4 (timol + apigenina) demostró superioridad absoluta en retención de jugosidad: 83.3% de valoraciones en niveles positivos (jugosa a extremadamente jugosa), con notable concentración en categorías máximas (25% "extremadamente jugosa" y 25% "muy jugosa"). Únicamente 8.3% fue clasificada como "seca", sin presencia en la categoría "muy seca", evidenciando protección excepcional contra deshidratación y pérdida de capacidad de retención de agua (CRA).

El control (T1) presentó el perfil más deficiente: 58.3% de valoraciones en categorías negativas (algo seca a muy seca), con 33.3% clasificada como "muy seca" y 25% como "seca", indicando deterioro severo de la integridad estructural responsable de la retención hídrica intramuscular durante el almacenamiento refrigerado.

Los tratamientos individuales T2 y T3 mostraron desempeño intermedio comparable: T2 registró 33.3% en niveles superiores, 8.3% medianamente jugosa y 25% en categorías negativas (algo seca a muy seca); T3 evidenció 41.7% de valoraciones positivas, 16.7% medianamente jugosa y 25% negativas, sugiriendo efecto protector moderado, aunque insuficiente comparado con la combinación sinérgica.

Huff-Lonergan y Lonergan (2005) establecen que la jugosidad depende de la capacidad de retención de agua, determinada por el espacio entre miofilamentos y la integridad de proteínas miofibrilares. Estévez (2011) documenta que la oxidación proteica post-mortem induce desnaturalización y agregación de proteínas sarcoplásmicas y miofibrilares, reduciendo espacios capilares y promoviendo exudación. La superioridad de T4 confirma protección sinérgica contra degradación oxidativa, preservando la estructura tridimensional proteica responsable del atrapamiento de agua intramuscular, atributo crítico para jugosidad y aceptabilidad sensorial.

Olor y aroma

La evaluación del olor y aroma emplea escalas ordinales donde panelistas entrenados clasifican las muestras desde "Sin olor" (0), “Moderado” (5) y " Muy intenso o defectuoso " (10).

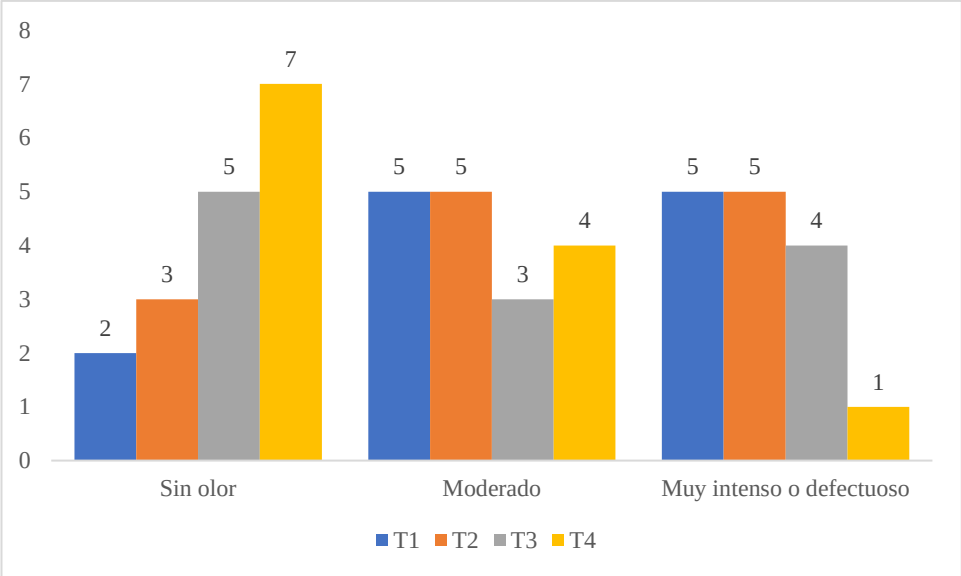
Tabla 35

Resultados de olor y aroma

Opciones	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**
Sin olor	2	3	5	7
Moderado	5	5	3	4
Muy intenso o defectuoso	5	5	4	1

Figura 19

Resultados de olor y aroma



El Tratamiento 4 (timol + apigenina) demostró el perfil aromático más favorable: 58.3% sin olor perceptible, 33.3% moderado y únicamente 8.3% clasificado como "muy intenso o defectuoso", evidenciando control efectivo sobre compuestos volátiles indeseables y preservación óptima de frescura sensorial en 91.7% de las muestras. El control (T1) presentó el perfil más deficiente: 41.7% "muy intenso o defectuoso", 41.7% moderado y solo 16.7% sin olor, indicando desarrollo sustancial de notas olfativas desagradables características de oxidación lipídica, degradación proteica y potencial proliferación microbiana. Los tratamientos T2 y T3 mostraron desempeño intermedio comparable: T2 registró 25% sin olor y 41.7% muy intenso o defectuoso; T3 evidenció 41.7% sin olor y 33.3% muy intenso o defectuoso, demostrando protección parcial insuficiente.

Mancini y Hunt (2005) establecen que el olor resulta de oxidación de ácidos grasos poliinsaturados, degradación de aminoácidos y metabolismo microbiano. Faustman et al. (2010) documentan que los aldehídos α,β-insaturados generan percepciones de "rancio" o "metálico" en concentraciones nanomolares. La superioridad de T4 confirma inhibición sinérgica de peroxidación lipídica y proteolisis oxidativa, preservando el perfil aromático fresco durante almacenamiento refrigerado.

COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Dentro de la investigación se plantea las siguientes hipótesis:

Hipótesis alternativa (H_1): La inclusión del timol y apigenina influye en los índices productivos de los cobayos.

Hipótesis nula (H_0): La inclusión del timol y apigenina no influye en los índices productivos de los cobayos.

El análisis estadístico demostró diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) en la ganancia de peso y en la conversión alimenticia de los cuyes tratados con timol y apigenina. El tratamiento T4 (combinado) alcanzó un peso promedio final de 492 g, superando al control (415.5 g) en un 18.4%, con un coeficiente de determinación $R^2 > 0.97$. En la conversión alimenticia también se observó una mejora del 30%, reflejando una mayor eficiencia en el aprovechamiento del alimento. Estas diferencias se confirmaron mediante la prueba de Tukey, estableciendo una jerarquía de respuesta T4 > T3 > T2 > T1 ($p < 0.0001$).

A nivel intestinal, el análisis de la microbiota cecal evidenció un incremento de bacterias benéficas como Fibrobacter succinogenes, Ruminococcus spp. y Barnesiella spp., así como una mayor diversidad microbiana en el grupo tratado con timol y apigenina. Estos cambios se asociaron con una mejor digestión y aprovechamiento de nutrientes. En conjunto, los resultados confirman un efecto positivo y sinérgico de ambos compuestos sobre el rendimiento productivo y la salud intestinal de los cuyes; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), concluyendo que la inclusión de timol y apigenina influye significativamente en los índices productivos.

CONCLUSIONES

- La suplementación dietética con timol y apigenina demostró efecto significativo sobre los índices productivos en cobayos, siendo el tratamiento combinado (T4) el de mayor eficacia. Se registraron diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) en todas las variables evaluadas, confirmando la viabilidad técnica de estos fitobióticos como alternativa sostenible a promotores de crecimiento sintéticos en sistemas de producción cavícola.
- El tratamiento T4 superó al control en 18.4% de ganancia de peso final (492 g vs 415.5 g) y mejoró la conversión alimenticia en 30% (2.27 vs 3.24), evidenciando efecto sinérgico superior a los tratamientos individuales. Los cobayos suplementados con timol y apigenina alcanzaron el peso comercial con menor consumo de alimento, optimizando la eficiencia productiva y reduciendo costos operacionales por unidad de peso ganado.
- La secuenciación del gen 16S rRNA del contenido cecal reveló modulación favorable de la microbiota intestinal, incrementando bacterias celulolíticas benéficas como Fibrobacter succinogenes (de 11.23% a 16.80%) y Ruminococcus flavefaciens (de 1.57% a 4.70%), además de promover colonización por especies inmunomoduladoras del género Barnesiella. Estos cambios microbianos explican las mejoras observadas en digestibilidad, absorción de nutrientes y parámetros productivos.
- El análisis económico evidenció que, pese al incremento del costo de producción de USD 75 a USD 105.67 por tratamiento, el T4 generó mayores ingresos por animal (USD 104) debido al peso comercial superior. Sin embargo, en la relación costo-beneficio ningún tratamiento logra tener márgenes de rentabilidad a favor debido a que la inversión de los tratamientos T2, T3 y T4 fueron de USD 105.
- Las propiedades organolépticas de la carne mostraron superioridad del tratamiento combinado en todos los atributos evaluados. El T4 obtuvo 91.7% de aceptación sensorial, incrementó la intensidad de color rojo ($a^* = 18.0$ vs 14.2 del control), mejoró significativamente terneza y

jugosidad, y eliminó percepciones olfativas desagradables. Estos resultados demuestran que los fitobióticos antioxidantes preservan eficazmente la integridad muscular post-mortem, retardando procesos oxidativos que deterioran la calidad sensorial de la carne durante el almacenamiento refrigerado.

RECOMENDACIONES

- Implementar un protocolo estandarizado de adaptación de siete días antes de iniciar la suplementación con timol y apigenina, garantizando mezcla homogénea de los compuestos en el alimento balanceado (30 gotas de timol + 1 cápsula de apigenina por cada 300 g de alimento) para permitir la estabilización de la microbiota cecal y minimizar posibles alteraciones digestivas transitorias. Este periodo de acondicionamiento es crítico para maximizar la respuesta productiva observada desde la segunda semana en adelante.
- Adoptar la formulación combinada evaluada en el tratamiento T4 como estándar de referencia en sistemas de producción comercial de cobayos, dado su efecto sinérgico demostrado estadísticamente superior ($p < 0.0001$) a los tratamientos individuales. La dosis recomendada de 30 gotas de timol y 1 cápsula de apigenina por cada 300 g de alimento balanceado ha demostrado ser segura, eficaz y económicamente viable, generando mejoras del 18.4% en ganancia de peso y 30% en conversión alimenticia.ç
- Para asegurar la calidad del manejo experimental y la reproducibilidad de los resultados, es indispensable llevar a cabo un monitoreo sistemático de los indicadores productivos y sanitarios. Estos datos permitirán ajustar oportunamente los protocolos nutricionales y evaluar riesgos sanitarios.
- Complementar la implementación práctica con un análisis económico integral que compare costos de insumos, rentabilidad y beneficios a mediano plazo.
- Asimismo, es pertinente promover investigaciones futuras orientadas a evaluar efectos sobre la calidad organoléptica y el perfil de compuestos residuales en la carne de cobayo, así como validar la seguridad y eficacia de la fitoterapia en diferentes sistemas de producción y razas comerciales.

BIBLIOGRAFIA

Aliaga, L., Moncayo, R., Rico, E., & Caycedo, A. (2020). Producción de cuyes. Universidad Católica Sedes Sapientiae.

Abarza, L. &. (2024). Estudio Histológico en Embriones de Cobayo (Cavia porcellus) y su Utilidad como Modelo para la Comprensión del Desarrollo Embrionario Humano. *Int. J. Morphol*, 42(1):21-27.

Agraria, I. N. (2021). Manejo Reproductivo en la Crianza de Cuyes. *Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego*, 1-2.

Aucapiña, C & Peñaranda, A. (2020). *Efecto de la Extirpación de las Espículas del Glande del Cuy como Técnica de Esterilización Reptoductiva y su Influencia en Agresividad y Ganancia de Peso en Comparación con un Método Químico (Alcohol Yodado 2%).* Cuenca: UNIVERSIDAD DE CUENCA.

Avilés, A. (2020). El pueblo ecuatoriano y su relación con el cuy. *AICA*, 38-4.

Chauca, L. (2020). *Manual de crianza de cuyes.* Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA.

Dalle Zotte, A. (2022). Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. Livestock Production Science, 75(1), 11-32. https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00308-6

Digital, V. (10 de 12 de 2021). *Veterinaria Digital*. Obtenido de El Cuy Peruano, llamado también cuye, cobaya, cobayo, conejillo de indias, guinea pig, científicamente corresponde a Cavia porcellus, de la familia Caviidae

originaria en regiones andinas de America del Sur como Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia.: https://www.veterinariadigital.com/articulos/el-cuy/

Dorsch, K. (24 de Octubre de 2022). *¿Qué es la apigenina? Beneficios, dosis y riesgos.* Obtenido de vitalityPRO: https://vitality-pro.com/es/apigenin/benefits-dosage-side-effects-api/

Fernandez, A. (21 de 05 de 2024). *Plantas para Cobayas: Lista de Especies Seguras y sus Propiedades*. Obtenido de Cobayas España: https://www.cobayasespana.es/blog/lista-de-hierbas-y-plantas-seguras-para-cobayas-y-sus-propiedades/

Fernández, M. &. (2021). Compuestos bioactivos de la manzanilla y su impacto en la salud intestinal de los cuyes. *Journal of Animal Science, 34*(6), 78-85.

Francodex. (17 de 06 de 2021). *FRANCODEX*. Obtenido de Cobaya o conejillo de Indias: https://www.francodex.com/es/consejos-veterinarios/cobaya-conejillo-indias

Garcia, N. (2020). *Evaluación de la digestibilidad in vivo del albumen de huevo de gallina liofilizado en cobayos en la etapa de crecimiento- engorde.* Obtenido de https://www.dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/3665/1/T

Grégoire, A., Thierry, j., Huamán Fuertes, E., & Silva, R. M. (2021). Crioconservación de los recursos genéticos del cuy (Cavia porcellus): producción y congelación de embriones. *Position de recherche*, 185-188.

Guaranda, C. (2024). *Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda.* Guaranda: Guaranda Alcaldia. Obtenido de http://www.guaranda.gob.ec/newsiteCMT/

Guerra, C. (2023). *Manual Técnico de Crianza de Cuyes.* Cajamarca: cedepas norte.

Gutierrez Mejia, I. N., Ramos Jimenez, L. I., & Soscue Sandoval, M. A. (2020). *Fisiopatología del sistema digestivo y necesifdades nutricionales del cuy (Cavia porcellus).* Popayán: Universidad Antonio Nariño.

Huamaní Fernandez, F. (2020). *DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE EQUILIBRIO ECONÓMICO EN EL ENGORDE DE CUYES LÍNEA PERÚ CON TRES ALIMENTOS COMERCIALES.* Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.

Jaramillo, R. (2022). *Determinación de Cararcterísticas Morfo-fidiológicas del Tracto Digestivo del Cuy (Cavia porcellus).* Loja: Universidad Nacional de Loja.

Landi, V., Martínez, A., Delgado, J. V., & Cervantes, I. (2018). Genetic parameters for performance and meat quality traits in guinea pig. Livestock Science, 216, 6-11. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.07.005

León González, N. D. (2021). *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.* Loja: Universidad Nacional de Loja.

Lozano. (2020). El orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*.

Lozano Teruei, J. (23 de Diciembre de 2021). *Apigenina: una saludable molécula natural - Tecnologías, adiciones y modificaciones - La Alimentación - Ciencia y Salud*. Obtenido de laverdad.es.: https://cienciaysalud.laverdad.es/la-alimentacion/tecnologias-adiciones-modificaciones/apigenina-una-saludable-molecula-natural-article.html

Mancini, R. A., & Hunt, M. C. (2005). Current research in meat color. Meat Science, 71(1), 100-121. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.003

Meneses-Reyes, J., Soto-Hernández, R., Espinosa-Solares, T., & Ramírez-Guzmán, M. (2021). Optimización del proceso de extracción de flavonoides de flor de manzanilla (Matricaria recutita L.). *Agrociencia, 42(4),* 425-433.

Montes Andía, T. (2020). Asistencia Técnica dirigida en Crianza Tecnificada de Cuyes. *Agrobanco,* 36.

Portalveterinaria.com. (17 de Diceimbre de 2020). *El tomillo y el anís estrellado favorecen el rendimiento productivo de los broilers.* . Obtenido de Portalveterinaria.com: https://www.portalveterinaria.com/avicultura/articulos/34684/el-tomillo-y-el-anis-estrellado-favorecen-el-rendimiento-productivo-de-los-broilers.html

Regalado Cajas, V. P. (2021). *Elaboración de Bloques Nutricionales Mediante el uso de Origanum Vulgare y Thymus Vulgaris (Orégano y Tomillo) como Promotores de Crecimiento Natural para la Alimentación de Cuyes.* Riobamba: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo.

Reyes Silva, F. D., Aguiar Novillo, S. N., Enríquez Estrella, M. A., & Uvidia Cabadiana, H. A. (2021). Análisis del manejo, producción y comercialización del cuy (Cavia porcellus L.) en Ecuador. *Revista Clínica Dominio de las Ciencias*, 1004-1018.

Reyes, C. (2022). *Relación entre edad gestacional con los diámetros vesículo-gestacional y biparietal fetal en cuyes (Cavia porcellus) raza Perú.* Lima: Universidad Ricardo Palma.

Rodrigo Romero, E. (2021). *Implementación de plantas aromáticas (Ajo, Orégano, Romero, Tomillo) en la alimentación de especies menores y su efecto sobre los parámetros productivos y la calidad de la carne.* Fusagasugá: Universidad de Cundinamarca.

Sánchez, J., & Morales. (2021). Uso de extractos del orégano en la dieta de cuyes: efectos sobre la salud y rendimiento. *Veterinaria y Zootecnia, 18*(2), 33-40.

Silva, F. &. (6 de Octubre de 2021). Análisis del manejo, producción y comercialización del cuy (Cavia porcellus L.) en Ecuador. *Ciencias Técnicas y Aplicadas, 7*(6), 1004-1018.

Tapia, I & Esquivel, D. (2022). Caracterización del sistema de producción de cuyes del cantón Mocha, Ecuador. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, vol.33 no.2.

Vargas, A & Mamani, P. (2020). *Sistema Digestivo del Cuy (Cavia Porcellus).* Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Zaldívar, L. (2023). *Producción de cuyes (Cavia porcellus).* La Molina, Perú: FAO.

ANEXOS

Anexo 1. Mapa de ubicación de la investigación



Anexo 2. Croquis del ensayo

REPETICIONES	**TRATAMIENTOS**			
RI	T2	T4	T1	T3
RII	T4	T2	T3	T1
RIII	T1	T3	T4	T2
RIV	T4	T1	T2	T2

Anexo 3. Resultados del Reporte de Secuenciación NGS

Orden: **25060904**
Fecha: 04/07/2025
Página: 1 de 1

REPORTE DE SECUENCIACIÓN NGS| N: 25060904

1. INFORMACIÓN DE CLIENTE:

Cliente:	JONATHAN PEÑA	**Ciudad:**	GUARANDA
Institución:	UNIVERSIDAD ESTATAL BOLIVAR	**Muestras:**	04
Teléfono:	0969252092	**Recepción:**	09/06/2025
Correo:	jhopena@mailes.ueb.edu.ec		

2. ANALISIS REALIZADO:

El análisis de la secuenciación genética incluye: Amplificación del gen 16s del ARN ribosomal regiones V3-V4; 341F: CCTACGGGNGGCWGCAG a 805R: GACTACHVGGGTATCTAATCC.

3. RESULTADOS:

MUESTRA ID	NOMBRE	MUESTRA		LIBRERÍA		SECUENCIACIÓN	
		Conc. (ng/µL)	Integridad (pb) > 1500 pb	Conc. (ng/µL)	Tamaño	Q30 > 70%	Lecturas
25060904-001-16S	tratamiento_1	116	SI	249	SI	86	77707
25060904-002-16S	tratamiento_2	122	SI	259	SI	85,1	82166
25060904-003-16S	tratamiento_3	112	SI	253	SI	86,7	79811
25060904-004-16S	tratamiento_4	122	SI	271	SI	86,6	78272

4. INTERPRETACIÓN:

No hay observaciones sobre las muestas

Realizado por:

Pablo Erazo
Ingeniero en Biotecnología
BIOSEQUENCE S.A.S

Validado por:

Paola Astudillo
Bioquímica Farmacéutica
BIOSEQUENCE S.A.S

Orden: **25072801**
Fecha: 21/08/2025

REPORTE DE SECUENCIACIÓN NGS N: 25072801

1. INFORMACIÓN DE CLIENTE:

Cliente:	JONATHAN PEÑA	**Ciudad:**	BOLIVAR
Institución:	UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR	**Muestras:**	04
Teléfono:	0969252092	**Recepción:**	28/07/2025
Correo:	jhopena@mailes.ueb.edu.ec		

2. ANALISIS REALIZADO:

El análisis de la secuenciación genética incluye: Amplificación del gen 16s del ARN ribosomal regiones V3-V4; 341F: CCTACGGGNGGCWGCAG a 805R: GACTACHVGGGTATCTAATCC.

3. RESULTADOS:

MUESTRA ID	NOMBRE	MUESTRA		LIBRERÍA		SECUENCIACIÓN	
		Conc. (ng/µL)	Integridad (pb) > 1500 pb	Conc. (ng/µL)	Tamaño	Q30 > 70%	Lecturas
25072801-001-16S	tratamiento2	229	SI	257	~630	84,1	49191
25072801-002-16S	tratamiento4	137	SI	319	~630	83,8	48938
25072801-003-16S	tratamiento1	118	SI	250	~630	88	77707
25072801-004-16S	tratamiento3	113	SI	254	~630	83,7	59354

4. INTERPRETACIÓN:

Las muestras cumplen con los parámetros establecidos.

Realizado por:

Pablo Erazo
Ingeniero en Biotecnología
BIOSEQUENCE S.A.S

Validado por:

Paola Astudillo
Bioquímica Farmacéutica
BIOSEQUENCE S.A.S

Anexo 4. Base de datos

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1						UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR							
2													
3						Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente							
4	TEMA: EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL TIMOL Y APIGENINA EN LOS ÍNDICES PRODUCTIVOS EN COBAYOS												
5						FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS							
6		8 junio	15 junio	22 junio	29 junio	6 julio	13 de julio	C.	Desper	Conv.	Masa de	N° de	Dimen de
7	T1	(Semana 1)	(Semana 2)	(Semana 3)	(Semana 4)	(Semana 5)	(Semana 6)	Alimen	(gr)	Alimen	trozo	fibra	la fibra
8	T1R101	250	282	315	348	381	414	253	47	3,2	5,1	12	0,85
9	T1R102	252	284	318	351	384	417	255	45	3,2	5,1	12	0,85
10	T1R103	251	285	316	350	382	415	254	46	3,2	5,1	12	0,85
11		8 junio	15 junio	22 junio	29 junio	6 julio	13 de julio	C.	Desper	Conv.	Masa de	N° de	Dimen de
12	T2	(Semana 1)	(Semana 2)	(Semana 3)	(Semana 4)	(Semana 5)	(Semana 6)	Alimen	(gr)	Alimen	trozo	fibra	la fibra
13	T2R201	251	287	325	363	400	437	262	38	2,9	5,6	10	0,9
14	T2R202	253	289	328	367	405	443	262	38	2,9	5,6	10	0,9
15	T2R203	254	288	325	368	402	436	264	36	2,9	5,6	10	0,9
16		8 junio	15 junio	22 junio	29 junio	6 julio	13 de julio	C.	Desper	Conv.	Masa de	N° de	Dimen de
17	T3	(Semana 1)	(Semana 2)	(Semana 3)	(Semana 4)	(Semana 5)	(Semana 6)	Alimen	(gr)	Alimen	trozo	fibra	la fibra
18	T3R301	252	289	325	367	405	444	262	36	2,9	5,6	10	0,9
19	T3R302	253	287	328	368	403	443	263	38	2,9	5,6	10	0,9
20	T3R303	255	289	325	368	402	442	265	36	2,9	5,6	10	0,9
21		8 junio	15 junio	22 junio	29 junio	6 julio	13 de julio	C.	Desper	Conv.	Masa de	N° de	Dimen de
22	T4	(Semana 1)	(Semana 2)	(Semana 3)	(Semana 4)	(Semana 5)	(Semana 6)	Alimen	(gr)	Alimen	trozo	fibra	la fibra
23	T4R101	254	294	339	384	427	470	262	36	2,9	5,6	10	0,9
24	T4R102	253	297	344	393	440	487	263	38	2,9	5,6	10	0,9
25	T4R103	250	300	348	398	447	496	265	36	2,9	5,6	10	0,9
26													

Anexo 5. Encuesta de caracterización organolética

Universidad Estatal De Bolívar

Facultad De Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Medicina Veterinaria

Encuesta de Evaluación Sensorial de la Carne de Cuy

Objetivo: Evaluar las propiedades organolépticas de la carne de cuy según las percepciones del panel de catadores entrenados o consumidores.

Fecha: 19/10/2025
Código de muestra: T4

1. Escala Hedónica (Aceptación General)

Evalúe su grado de agrado general por la muestra de carne:

Puntuación	Descripción
1	Me disgusta muchísimo
2	Me disgusta mucho
3	Me disgusta moderadamente
4	Me disgusta ligeramente
5	Ni me gusta ni me disgusta
6	Me gusta ligeramente
7	Me gusta moderadamente
8	Me gusta mucho
9	Me gusta muchísimo

Puntaje: 9

2. Intensidad de atributos (Escala descriptiva lineal de 0–10)

Marque con una 'X' la intensidad percibida de cada atributo en la linea.

Terneza: 0 _____ (10)

Sabor: 0 _____ (10)

Color: 0 _____ X 10

Aroma: 0 _____ (10)

3. Color instrumental o visual (Escala CIE L*a*b* o Munsell visual)

Luminosidad (L*)	43
Rojo (a*)	12
Amarillo (b*)	6
Tono visual observado	Claro ☐ Medio ☑ Oscuro ☐

4. Textura / Terneza (Escala sensorial de textura)

Puntuación	Descripción

1	Muy dura
2	Dura
3	Algo dura
4	Medianamente tierna
5	Tierna
6	Muy tierna
7	Extremadamente tierna

Puntaje: 7

5. Jugosidad (Escala de 1–9 puntos)

Puntuación	Descripción
1	Muy seca
2	Seca
3	Algo seca
4	Medianamente jugosa
5	Jugosa
6	Muy jugosa
7	Extremadamente jugosa

Puntaje: 7

6. Olor / Aroma (Escala descriptiva de intensidad 0–10)

Escala	Descripción
0	Sin olor
5	Moderado
10	Muy intenso o defectuoso

Puntaje: 0

7. Comentarios del evaluador

Ninguno

8. Conclusión general

☑ Excelente ☐ Buena ☐ Regular ☐ Deficiente

Anexos 7. Fotografías



Ilustración 1 Realización de las jaulas



Ilustración 2 Selección de cuyes



Ilustración 3 Recepción de cuyes



Ilustración 4 Pesaje inicial



Ilustración 5 Distribución de cuyes por tratamientos



Ilustración 6 Desinfección semanal del galpón



Ilustración 7 Administración de balanceado



Ilustración 8 Limpieza diaria



Ilustración 9 Pesaje del balanceado y administración de timol y apigenina

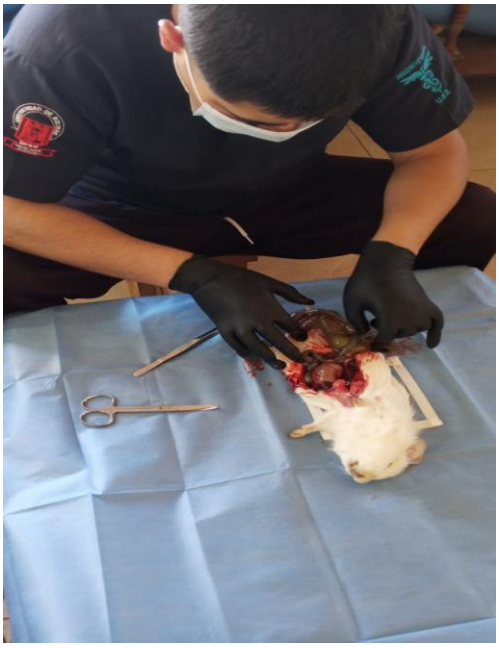


Ilustración 10 Toma de muestras del ciego del cuy



Ilustración 11 Visita de campo



Ilustración 12 Encuesta sensorial de la carne de cuy

Anexo 8 Glosario de términos técnicos

Patógenos: En microbiología, se refiere a microorganismos (bacterias, virus, hongos, parásitos) capaces de inducir una enfermedad en un huésped. En el contexto digestivo de los cobayos, estos agentes etiológicos pueden alterar el microbiota intestinal, provocando disbiosis y cuadros clínicos como diarrea o enteritis.

Probióticos: Microorganismos vivos que, administrados en cantidades adecuadas, confieren beneficios para la salud del huésped, especialmente en el equilibrio del microbiota intestinal.

Distensión: Aumento del volumen abdominal debido a la acumulación de gases o líquidos en el tracto gastrointestinal. En cobayos, la distensión abdominal puede ser un signo de estasis gastrointestinal, timpanismo u obstrucción intestinal, condiciones que comprometen la motilidad y la función digestiva.

Apatía: Estado de indiferencia o falta de respuesta a estímulos externos, que refleja una alteración en el estado de salud general del animal. En cobayos, la apatía puede ser un signo inespecífico de diversas enfermedades, incluyendo trastornos digestivos, infecciones sistémicas o dolor abdominal.

Letargo: Estado de somnolencia, inactividad y disminución de la respuesta a estímulos, que indica una depresión del sistema nervioso central. En cobayos, el letargo puede ser un signo de enfermedades graves, como septicemia, toxemia o deshidratación severa.

Enteritis: Inflamación del intestino delgado, que puede ser causada por agentes infecciosos, tóxicos o inmunomediados. En cobayos, la enteritis se caracteriza por diarrea, deshidratación, malabsorción de nutrientes y, en casos severos, shock endotóxico.

Oocistos: Formas de resistencia de protozoos coccidios, que se excretan en las heces y pueden contaminar el ambiente, propagando la infección.

Anticoccidiales: Fármacos utilizados para el tratamiento y la prevención de la coccidiosis, que actúan inhibiendo el desarrollo de los coccidios en el tracto

intestinal. En cobayos, la selección del anticoccidial adecuado depende de la especie de coccidio involucrada, la gravedad de la infección y la edad del animal.

Motilidad: Capacidad del tracto gastrointestinal para contraerse y propulsar el contenido luminal a lo largo del intestino. La motilidad intestinal se ve afectada por factores como la dieta, el estrés, las infecciones y las obstrucciones, lo que puede provocar estasis gastrointestinal en cobayos.

Impactación: Obstrucción del recto por heces acumuladas, que impide la defecación normal. La impactación fecal es más común en cobayos de edad avanzada o con problemas de motilidad intestinal, y puede provocar dolor abdominal, tenesmo y distensión.

Prolapso: Exteriorización de una porción del recto a través del ano, debido a la debilidad de los músculos del esfínter anal. El prolapso rectal en cobayos puede ser causado por diarrea crónica, tenesmo o traumatismos, y requiere atención veterinaria inmediata para prevenir complicaciones.

Timpanismo: Acumulación excesiva de gas en el rumen o el ciego, que provoca distensión abdominal y dificultad respiratoria. El timpanismo en cobayos puede ser causado por una dieta rica en carbohidratos fermentables, obstrucción intestinal o alteraciones en la microbiota cecal.

Excrementos: Producto de desecho de la digestión, compuesto por materia fecal, bacterias y otros residuos. El análisis de excrementos es fundamental para el diagnóstico de enfermedades digestivas en cobayos, como parasitosis, enteritis y disbiosis.

Erizar: Piloerección, contracción de los músculos piloerectores que provoca la elevación del pelo o las plumas. En cobayos, el erizamiento del pelaje puede ser un signo de malestar, dolor, fiebre o estrés. La observación del erizamiento del pelaje, junto con otros signos clínicos, ayuda a evaluar el estado de salud general del animal.

Linfadenitis: Inflamación de los ganglios linfáticos, que puede ser causada por infecciones bacterianas, virales o fúngicas. En cobayos, la linfadenitis se manifiesta

como la aparición de bultos o abscesos en los ganglios linfáticos cervicales o submandibulares.

Infestación: Presencia de parásitos externos (pulgas, piojos, ácaros) o internos (helmintos, protozoos) en gran número en el cuerpo del animal. Las infestaciones parasitarias pueden provocar irritación, prurito, pérdida de pelo, anemia y otras complicaciones en cobayos.

Cecotrofía: Ingestión de heces blandas (cecotrofos) producidas en el ciego, que permite la absorción de nutrientes esenciales, como vitaminas del complejo B y aminoácidos.

Genotipo: Constitución genética de un organismo, que determina sus características hereditarias. El genotipo influye en la susceptibilidad de los cobayos a ciertas enfermedades, la eficiencia productiva y la calidad de la carne.

Fitoterapia: Uso de plantas medicinales para el tratamiento y la prevención de enfermedades.

Organolépticas: Características sensoriales de un alimento, como sabor, olor, textura y apariencia.