

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA



Comparación del efecto de ácidos orgánicos de origen comercial y artesanal como promotores de crecimiento en pollos engorde

TESIS

Para optar el Título profesional de Médico Veterinario y Zootecnista

David Adolfo Rosillo Urbina

Tumbes, 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



TESIS

Comparación del efecto de ácidos orgánicos de origen comercial y artesanal como promotores de crecimiento en pollos de engorde

APROBADO EN FORMA Y ESTILO POR:

Mg. Omar Enrique Jibaja Cruz
Presidente

Mg. Víctor Alexander Temoche Socola
Secretario

Dr. Héctor Alfredo Sánchez Suarez
Vocal-Asesor

Tumbes, 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



TESIS

Comparación del efecto de ácidos orgánicos de origen comercial y artesanal como promotores de crecimiento en pollos de engorde

Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido y en su forma

Autor: David Adolfo Rosillo Urbina

Asesor: Dr. Ing. Héctor Alfredo Sánchez Suarez

Co-Asesor: Ing. Gloria María Ochoa Mogollón

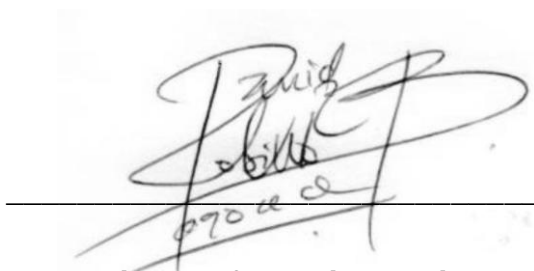
Co-Asesor: MVZ. Jeferson Jhair Neyra García

TUMBES, 2026

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD:

Yo, David Adolfo Rosillo Urbina, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, los resultados reportados son fruto de mi esfuerzo y trabajo, contando con el apoyo permitido de terceros en su concepción y análisis. De la misma forma, declaro que hasta donde conozco, el material contenido en este trabajo no está previamente publicado o escrito por otra persona excepto en los casos donde se reconoce como tal por medio de citas, con el fin de ilustrar y comparar los resultados.

Reafirmo la afirmación de que toda información presentada sin citas es de mi autoría. Por último, declaro que la redacción del informe final de la tesis es el resultado de mi trabajo y empeño, con la guía del docente asesor y co-asesores, siguiendo las instrucciones de los miembros del jurado evaluador en lo que respecta a su concepción, estilo y expresión escrita.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'David Rosillo Urbina', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat cursive.

David Adolfo Rosillo Urbina

DNI: N° 73420112

ACTA DE SUSTENTACIÓN



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
EX FUNDO FISCAL LA CRUZ-CAMPUS UNIVERSITARIO
SECRETARIA ACADÉMICA**



"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENCIAL

En Tumbes, a los doce días del mes de mayo de dos mil veintiséis, siendo las *doce* horas, con *catorce* minutos (*12:00*), de la *tarde*, de forma presencial en el Aula N° 02 de los ambientes de la Escuela de Posgrado de la Ciudad Universitaria. se reunieron el Jurado Calificador, designado por Resolución N° 174-2025/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D, **Mg. M.V. Omar Enrique Jibaja Cruz** (Presidente), **Mg. I.Z Temoche Socola Víctor Alexander** (Secretario), **Dr. Héctor Alfredo Sánchez Suarez** (Vocal), reconociendo en la misma resolución además, al **Dr. Héctor Alfredo Sánchez Suarez**, como **Asesor**, y a la **Ing. Gloria María Ochoa Mogollón** y **MVZ. Jeferson Jhair Neyra García**, como **Co-asesores**, se procedió a evaluar, calificar y deliberar la sustentación de la tesis, "**Comparación del efecto de ácidos orgánicos de origen comercial y artesanal como promotores de crecimiento en pollos engorde**"; para optar el Título Profesional de Médico Veterinario y Zootecnista, presentado por el tesista **David Adolfo Rosillo Urbina**, Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte del sustentante y después de la deliberación, el jurado según el artículo N° 75 del Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes, declara al tesista: **DAVID ADOLFO ROSILLO URBINA**, *Aprobado*, por *unanimidad*, con el calificativo *Muy Bueno*.

Se hace conocer al sustentante, que deberá levantar las observaciones finales hechas al informe final de tesis, que el jurado le indica.

En consecuencia, queda *Apto* para continuar con los trámites correspondientes a la obtención del Título Profesional de Médico Veterinario y Zootecnista, de conformidad con lo estipulado en la Ley Universitaria N° 30220, el Estatuto, Reglamento General, Reglamento General de Grados y Títulos y Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes.

Siendo las *trece* horas y *quince* minutos del mismo día, se dio por concluida la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta en presencia del público asistente.

Tumbes, *12 de mayo del 2026*

 Mg. M.V. Omar Enrique Jibaja Cruz DNI N° 42607171 CODIGO ORCID 0000-0002-4417-8981 Presidente	 Mg. I.Z Temoche Socola Víctor Alexander DNI N° 46626095 CODIGO ORCID 0000-0001-9645-694X Secretario
 Dr. Héctor Alfredo Sánchez Suarez DNI N° 02837861 CODIGO ORCID 0000-0003-2395-5056 Vocal	

C.C. - JURADOS (03) -ASESOR Y(CO)-INTERESADO-ARCHIVO (Decanato)
S.acad.

DEDICATORIA

“For what is a man, what has he got?

If not himself, then he has naught”

(Paul Anka)


Como si la magnitud infinita del universo no fuese suficiente, quizá en un acto de ignorancia blasfema, dedico este casi centenar de hojas a Dios (sé bien que no hay cosas de más valor para aquel que es dueño de todo).

Quiero también dedicárselo a aquel muchacho pesimista que buscó su nombre entre los últimos puestos del examen de admisión sin saber que estaba en el primero; a aquel joven que se perdió buscando su aula en su primer día de universidad y que, desde entonces, ha seguido buscando su lugar en la vida.

Dedico este logro a mis padres: Héctor Rosillo y Cecilia Urbina, a quienes les debo tanto, en especial a mi madre, cuyas limitaciones generacionales la apartaron del mundo académico y profesional. Hoy este logro también es de ella.

A las personas que depositaron su confianza y a todo aquel que se ve inspirado al leer este trabajo. Y también a los que no creyeron que lograría llegar tan lejos, espero que con este trabajo logren ver el fruto de la constancia y la buena fe.

Y finalmente, a aquellos a quienes la noche anestésica apartó del día. No dejo de recordar y pensar que ocupó un lugar por el que algunos lucharon tanto por estar y que ahora solo reposan inertes, abrigados por la esperanza y el recuerdo. Este esfuerzo es en honor de sus memorias.



Dr. Ing. Héctor Alfredo Sánchez Suárez
(IR P0018515) Docente Principal FCA
ORCID: 0000-0003-2395-5056

David Rosillo

Comparación del efecto de ácidos orgánicos de origen comercial y artesanal como promotores de crecimiento en poll...

 Comparación del efecto de ácidos orgánicos de origen comercial y artesanal como promotores de crecimiento en pollos engorde

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:590764814

Fecha de entrega

14 may 2026, 9:38 GMT-5

Fecha de descarga

14 may 2026, 9:45 GMT-5

Nombre del archivo

Comparación del efecto de ácidos orgánicos de origen comercial y artesanal como promotoresdocx

Tamaño del archivo

7.7 MB

106 páginas

22.067 palabras

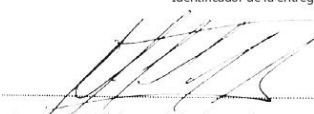
125.408 caracteres

5% 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)



Dr. Ing. Héctor Alfredo Sánchez Suárez
(IR P0018515) Docente Principal FCA
ORCID 0000-0003-2395-5056

Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad


N.º de alertas de integridad para revisión

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.

Fuentes principales

- 5% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 3% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)



Dr. Ing. Héctor Alfredo Sánchez Suárez
 (IR P0018515) Docente Principal FCA
 ORCID 0000-0003-2395-5056

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.untumbes.edu.pe	3%
2	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2025-11-19	<1%
3	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2026-01-26	<1%
4	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2018-12-05	<1%
5	Internet	repositorio.unaaa.edu.pe	<1%
6	Trabajos del estudiante	Universidad Estatal Amazonica- on 2025-03-17	<1%
7	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2019-04-21	<1%
8	Publicación	Zubia Rashid, Zulfiqar Ali Mirani, Sitwat Zehra, Syed Muddassar Hussain Gilani et ...	<1%
9	Trabajos del estudiante	Udayana University on 2025-12-26	<1%
10	Internet	repositorio.unap.edu.pe	<1%
11	Internet	theses.gla.ac.uk	<1%

[Handwritten Signature]
 Dr. Ing. Héctor Alfredo Sánchez Suárez
 (IR P0018515) Docente Principal FCA
 ORCID: 0000-0003-2395-5056

12	Trabajos del estudiante	Universidad Jorge Tadeo Lozano on 2014-11-23	<1%
13	Trabajos del estudiante	University of Puerto Rico-Mayaguez on 2022-01-10	<1%
14	Internet	www.racve.es	<1%
15	Internet	sired.udenar.edu.co	<1%
16	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2025-10-27	<1%
17	Internet	revistas.utea.edu.pe	<1%
18	Trabajos del estudiante	Universidad Francisco de Paula Santander on 2025-09-17	<1%
19	Trabajos del estudiante	Universidad de Cádiz on 2026-01-13	<1%
20	Trabajos del estudiante	University of KwaZulu-Natal on 2024-11-25	<1%
21	Internet	digital.library.upenn.edu	<1%
22	Internet	ul.netd.ac.za	<1%
23	Internet	www.wvj.science-line.com	<1%
24	Publicación	Milena Sánchez-Silva G., Fernando Carcelén C., Miguel Ara G., Rosa Gonzáles V., W...	<1%

AGRADECIMIENTO:

“Comienzo con una palabra que todos los hombres, desde que el hombre es hombre, han proferido: gracias.”

(Octavio Paz)

Realizar un agradecimiento no es fácil -ni debería serlo-, pues se trata de resumir en unas cuantas palabras el apoyo brindado por las personas que colaboran en una causa. A pesar de ello, intento dar en estas líneas mi gratitud a quienes yo considero indispensables en mi formación:

Quiero empezar este gesto agradeciendo por la vida (aun resultando completamente incompresible) a Dios, por la llama de la razón que me ha permitido sobreponerme a las dificultades incluso cuando las circunstancias parecían poco favorables.

Por este logro, sobre cuyo camino se han derramado tantas cosas, quiero expresar mi eterna gratitud a mis padres, Héctor y Cecilia, por su apoyo constante y desinteresado aun cuando no lo haya merecido.

A la señora Diana García y a las cocineras del comedor “Mi Pablito”: Vanessa Saavedra, Melixa Rodríguez y Rudy Ulfe; gracias porque nunca me faltó un lugar cálido y acogedor donde se alimentó no solo mi cuerpo, sino mi ánimo.

A mi asesor, el Ing. Héctor Sánchez y su esposa, la Ing. Gloria Ochoa, por darme la oportunidad de demostrarme a mí mismo de lo que soy capaz. Gracias por las mañanas y tardes dedicadas para que esta investigación tome forma con criterio científico y académico, siguiendo las correcciones del jurado. A mi co-Aesor, el MVZ Jeferson Neyra por la idea germinal de esta investigación y sus palabras de aliento.

A mi amiga Greysi Zapata, por su inspiración y motivación. Y a todas aquellas personas que el siempre injustamente nublado lente de la memoria no alcanza a vislumbrar, pero sin los cuales no hubiera podido lograr lo que he hecho: Muchas gracias.

ÍNDICE:

RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
I. INTRODUCCIÓN:	18
II. REVISION DE LITERATURA:.....	21
2.1. MARCO TEÓRICO:	21
2.1.1. Acidificantes en dieta para aves.....	21
2.1.2. Definición y mecanismo de acción de los ácidos orgánicos.....	21
2.1.3. Origen de los ácidos orgánicos:	22
2.1.4. Ácido cítrico y su empleo en la alimentación de aves:	22
2.1.5. Ácido fórmico:	23
2.1.6. Propiedades y usos del ácido fórmico:.....	23
2.1.7. Ácido láctico y su obtención artesanal a través del ensilado biológico de cabezas de langostino:	24
2.1.8. Bacterias ácido lácticas:	25
2.1.9. Promotores de crecimiento:.....	25
2.1.10. Aditivos con función promotora de crecimiento empleados en pollos de engorde: 26	
2.1.11. Riesgos del uso de antibióticos como promotores de crecimiento en pollos de engorde 27	
2.1.12. Mecanismo de acción de promotores de crecimiento en pollos de engorde: 27	
2.1.13. Pollo de engorde (Broiler).....	28
2.1.14. Situación del Perú con respecto a la producción de carne de pollo:.....	32
2.2. ANTECEDENTES:.....	32
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN:.....	38
3.2. FECHA:	38
3.3. MATERIALES, EQUIPOS, HERRAMIENTAS E INSUMOS:.....	39
3.3.1. Tipo de muestreo:	39
3.3.2. Instrumentos utilizados:	39

3.3.3.	Materiales:.....	40
3.3.4.	Equipos:	40
3.3.5.	Insumos:.....	40
3.4.	PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO:	40
3.4.1.	Acciones previas a la crianza:	40
3.4.2.	Crianza de los pollos por semanas:	41
3.4.3.	Procedimiento metodológico para la obtención del lixiviado derivado del ensilado biológico de cabeza de langostino:.....	41
3.4.4.	Preparación de dietas:	42
3.4.5.	Análisis químico del alimento:	42
3.4.6.	pH y solidos totales del lixiviado:.....	43
3.4.7.	Acidez del producto comercial (Formaxol™)	43
3.4.8.	Acidez titulable de ambos productos.....	43
3.4.9.	Cálculo de la dosis equivalente del producto comercial	44
3.5.	TRATAMIENTOS EN ESTUDIO	45
3.6.	VARIABLES EXPERIMENTALES:.....	46
3.6.1.	Incremento de peso en la etapa de crecimiento y acabado:	46
3.6.2.	Consumo de alimento en la etapa de crecimiento y acabado:.....	46
3.6.3.	Índice de conversión alimenticia (ICA) en la etapa de crecimiento y acabado: 47	
3.6.4.	Mérito económico del alimento:.....	47
3.6.5.	Rendimiento de carcasa:	48
3.6.6.	Digestibilidad aparente:	48
3.6.7.	Longitud de vellosidades intestinales:.....	48
3.7.	LIMITACIONES DEL ESTUDIO	49
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN:	50
4.1.	Acidez:.....	50
4.2.	Incremento de peso (kg) total por tratamiento:	52
4.3.	Consumo de alimento:	55
4.4.	Índice de conversión alimenticia (ICA)	58
4.5.	Digestibilidad aparente	62
4.6.	Mérito económico del alimento:.....	65
4.7.	Rendimiento de carcasa y órganos:.....	68

4.8.	Vellosidades intestinales:	75
V.	CONCLUSIONES:	79
VI.	RECOMENDACIONES:	80
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	81

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1:	Taxonomía del pollo doméstico (<i>Gallus gallus domesticus</i>):.....	29
Tabla 2:	Dieta para las etapas de crecimiento y acabado en los tres tratamientos....	42
Tabla 3:	Composición química del alimento base	42
Tabla 4:	pH, sólidos totales y porcentaje de acidez del lixiviado	43
Tabla 5:	Composición de Formaxol™	43
Tabla 6:	Factor y niveles en estudio en la etapa de crecimiento y acabado.	45
Tabla 7:	Porcentaje de acidez titulable de ambos productos empleados	50
Tabla 8:	Prueba de Tukey de Pesos iniciales, finales e incremento de pesos.....	52
Tabla 9:	Análisis de varianza de los incrementos de peso	54
Tabla 10:	Prueba de comparación Tukey (al 95%) de los consumos de alimento de los tratamientos	57
Tabla 11:	Prueba de Tukey (5%) y coeficiente de variación (%) para índice de conversión alimenticia (ICA) totales en cada tratamiento	58
Tabla 12:	Determinación de la digestibilidad aparente	62
Tabla 13:	Análisis de varianza de la digestibilidad aparente	63
Tabla 14:	Prueba de Tukey (5%) para digestibilidad aparente	63
Tabla 15:	Mérito económico según cada tratamiento	66
Tabla 16:	Análisis de varianza del mérito económico (g) según los tratamientos	68
Tabla 17:	Prueba de comparación Tukey (al 95%) del mérito económico	68
Tabla 18:	Análisis de varianza del rendimiento de carcasa	69
Tabla 19:	Prueba de comparación Tukey (al 95%) del rendimiento de carcasa	70
Tabla 20:	Evaluación del rendimiento de carcasa y órganos.....	70
Tabla 21:	Medida de vellosidades intestinales:	75

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1: Esquematización del tracto digestivo en las aves (McDonald et al., 1986 citado en Caravaca, 2003, p. 262)	31
Figura 2: Promedio de pesos iniciales (gr), pesos finales (gr) y ganancia de peso total en cada tratamiento	52
Figura 3: Consumo de alimento (en gramos) de los tres tratamientos.....	56
Figura 4: Índice de Conversión Alimenticia (ICA) totales en cada tratamiento.....	61
Figura: 5 Digestibilidad aparente (%) de los tratamientos	65
Figura 6: Mérito económico (%) de los tratamientos	66
Figura 7: Comparación del rendimiento de carcasa (%) de los tratamientos.	70
Figura 8: Comparación del rendimiento de los órganos digestivos (%), molleja e hígado, de los tratamientos	72
Figura 9: Comparación del rendimiento de los órganos metabólicos (%) de los tratamientos	73
Figura 10: Comparación del rendimiento de los órganos y partes de descarte (%) de los tratamientos.....	74
Ilustración 11: Rendimiento de grasa (%) de los tratamientos.....	74
Figura 12: Microfotografías representativas con tinción de hematoxilina que muestra la estructura de la pared intestinal de un pollo por tratamiento (T1, T2 y T3). La sección visible corresponde al yeyuno (a 20 cm del duodeno), a una escala de 500µm. 10x.	78

ÍNDICE DE ANEXOS:

Anexo 1: Preparación del ensilado.....	95
Anexo 2: Preparación del alimento y alimentación de los pollitos.....	97
Anexo 3: Toma de datos	98
Anexo 4: Muestra para corte histológicos.....	100
Anexo 5: Dosis de FORMAXOL™ recomendada por el fabricante.....	101
Anexo 6: Cuadro de congruencia entre el proyecto e informe final.....	102

RESUMEN

La restricción en el uso de antibióticos promotores de crecimiento en la producción avícola ha impulsado la búsqueda de alternativas como los ácidos orgánicos, capaces de modular el pH gastrointestinal y mejorar la eficiencia productiva. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de dos fuentes de ácidos orgánicos sobre los parámetros productivos, morfología intestinal y rentabilidad en pollos de engorde. Se utilizaron 54 pollos Cobb 500 de 15 días de edad, distribuidos en un diseño completamente al azar con tres tratamientos (n = 18): T1, dieta basal; T2, dieta basal + mezcla comercial de ácido fórmico y cítrico (0.1%); y T3, dieta basal + lixiviado de ensilado biológico de cabezas de langostino, rico en ácido láctico (0.3%). El porcentaje de acidez titulable del producto comercial (T2) fue de 29.43% y del lixiviado (T3) fue de 4.47%. No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) en los parámetros productivos entre tratamientos. Sin embargo, el tratamiento T3 presentó el menor índice de conversión alimenticia (1.53) y el mayor mérito económico (157.62%). En la morfometría intestinal, el T3 mostró mayor altura de vellosidades (2162.59 μm) y superficie de absorción (427732.98 μm^2) en comparación con los demás tratamientos. Se concluye que, bajo condiciones de manejo óptimo, las dosis evaluadas de ácidos orgánicos no generaron diferencias significativas, aunque el tratamiento con ácido láctico artesanal mostró superioridad numérica en eficiencia alimenticia, rentabilidad y desarrollo intestinal.

Palabras claves: Ácidos orgánicos, lixiviado posbiótico, pollos de engorde, parámetros productivos, promotores de crecimiento, salud intestinal

ABSTRACT

The restriction on the use of antibiotic growth promoters in poultry production has driven the search for alternatives such as organic acids, which are capable of modulating gastrointestinal pH and improving productive efficiency. The objective of this study was to evaluate the effect of two sources of organic acids on productive performance, intestinal morphology, and economic return in broiler chickens. A total of 54 Cobb 500 broilers, 15 days old, were used and randomly assigned to three treatments (n = 18) under a completely randomized design: T1, basal diet; T2, basal diet supplemented with a commercial mixture of formic and citric acid (0.1%); and T3, basal diet supplemented with biological silage leachate derived from shrimp heads, rich in lactic acid (0.3%). The titratable acidity of the commercial product (T2) was 29.43%, whereas the leachate (T3) showed 4.47%. No significant differences ($p > 0.05$) were observed among treatments for productive performance parameters. However, T3 exhibited the lowest feed conversion ratio (1.53) and the highest economic return (157.62%). Regarding intestinal morphometry, T3 showed greater villus height (2162.59 μm) and absorptive surface area (427,732.98 μm^2) compared to the other treatments. It is concluded that, under optimal management conditions, the evaluated inclusion levels of organic acids did not produce significant differences. Nevertheless, the treatment based on artisanal lactic acid showed numerical superiority in feed efficiency, economic performance, and intestinal development.

Keywords: Organic acids, biological silage leachate, broiler chickens, productive performance, growth promoters, intestinal health.

I. INTRODUCCIÓN:

En el Perú, la crianza de pollos de engorde desempeña un papel importante en el desarrollo económico y en la seguridad alimentaria de la población. Según datos del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), hasta setiembre del 2025 esta actividad representó el 21,2 % del Valor Bruto de Producción Agropecuaria, mientras que la producción de huevo de gallina aportó un 4,0 %, sumando en conjunto un 25,2 % de participación dentro del sector avícola. En la región Tumbes, cada vez más personas ven en esta actividad una oportunidad de desarrollo económico (MIDAGRI, 2025).

Este crecimiento está estrechamente relacionado con la calidad y rentabilidad de la carne, así como con las condiciones favorables al momento de iniciar una empresa en este rubro. Los productores avícolas buscan alternativas que reduzcan el tiempo y los costos de producción, procurando al mismo tiempo minimizar el impacto en la salud animal y en la de los consumidores finales. El uso de antibióticos como promotores de crecimiento en la avicultura ha sido ampliamente cuestionado debido al desarrollo de resistencias antimicrobianas que pueden transferirse a los humanos (Castañón, 2007; Cox & Popken, 2004). Desde 2006, la Unión Europea prohibió su uso, impulsando la búsqueda de alternativas efectivas y seguras (Schmerold et al., 2023). Entre estas alternativas, los ácidos orgánicos (OA) han demostrado ser promisorios por su capacidad para reducir el pH gastrointestinal, inhibir bacterias patógenas y mejorar la digestibilidad de nutrientes (Dai et al., 2021; Gerzilov & Hristakieva, 2025).

Los OA pueden obtenerse de forma comercial o mediante procesos artesanales a partir de subproductos agroindustriales. En este contexto, el ácido láctico producido a partir del ensilado biológico de cabezas de langostino (*Litopenaeus vannamei*) representa una opción sostenible, ya que permite valorizar residuos locales al generar compuestos bioactivos a partir de bacterias ácido lácticas (Castillo García et al., 2019).

Estos compuestos, denominados posbióticos, han evidenciado efectos positivos tanto en la salud intestinal como en el desempeño productivo de las aves (Moradi et al., 2020; Samy & Elsherif, 2025). Asimismo, contribuyen al fortalecimiento del microbiota beneficioso (Kareem et al., 2021), inhiben el crecimiento de patógenos entéricos (Kim et al., 2024) y favorecen una mejor eficiencia en la utilización del alimento, la respuesta inmune y la disminución de enfermedades (Moradi et al., 2020; Zhang et al., 2020).

El ensilado biológico es un proceso fermentativo controlado que permite conservar y optimizar las características de la materia prima. Este producto se origina a partir de la actividad de bacterias ácido lácticas (BAL) durante la fermentación (Shabani et al., 2019) y se caracteriza por presentar un pH aproximado de 4.5 y una acidez cercana al 2.5%, con concentraciones de ácido láctico suficientes para ejercer un efecto promotor del crecimiento (Mogollon et al., 2021). Como resultado de este proceso, la fracción sólida puede ser aprovechada como fuente de proteína de origen animal (Castillo García et al., 2019), mientras que la fracción líquida, conocida como lixiviado, puede emplearse como fertilizante (Peña García et al., 2020).

La combinación de ácido fórmico y otros ácidos orgánicos ha mostrado resultados favorables en la producción avícola (Dávila, 2001), así como también la suplementación con ácido láctico promueve un rendimiento óptimo en los pollos de engorde (Ashour y otros, 2025). El ácido fórmico actúa principalmente mediante la reducción del pH intestinal, lo cual inhibe el desarrollo y provoca la muerte de diversas bacterias potencialmente patógenas. Por su parte, el ácido cítrico ha mostrado mejorar el crecimiento y la digestión de los pollos de engorde (Sharifuzzaman et al., 2025; Gonçalves et al., 2025; Gonzales et al., 2013).

El hecho de que la carne de pollo represente una parte significativa de la dieta de la población tumbesina, la expone a los riesgos asociados con fallas en los tratamientos farmacológicos. El uso de estos compuestos orgánicos en la dieta de

aves aún constituye un campo poco explorado, pese a su potencial como alternativa viable frente a la problemática del uso de antibióticos, especialmente considerando su disponibilidad en presentaciones comerciales como Formaxol®. El objetivo de este trabajo fue evaluar comparativamente el efecto de dos presentaciones de ácidos orgánicos como promotores de crecimiento, uno de origen comercial (fórmico y cítrico) y otro de elaboración artesanal (láctico), sobre indicadores zootécnicos en pollos de engorde, con el fin de determinar su viabilidad como alternativa en la producción avícola.

II. REVISION DE LITERATURA:

2.1. MARCO TEÓRICO:

2.1.1. Acidificantes en dieta para aves

Se les conoce como acidificantes a todo aquel compuesto que interviene en las dietas alimenticias preservándolas del ataque de organismos no deseados. Reducen el pH del tracto intestinal de las aves e impide alteraciones en la flora intestinal, lo que evita que microorganismos patógenos afecten la salud y bienestar de las aves. Mejorando así el rendimiento zootécnico. La principal función de estos compuestos radica en optimizar la disponibilidad y calidad de los nutrientes aportados a las distintas especies, así como en mantener un adecuado equilibrio del microbiota en el tracto digestivo de los animales. (Cabrera, 2014; Paredes, 2003; Oller, 2014)

2.1.2. Definición y mecanismo de acción de los ácidos orgánicos

Se definen como ácidos orgánicos a los ácidos carboxílicos orgánicos que tienen la estructura R-COOH, se incluye a ácidos grasos y aminoácidos. Sólo los ácidos de cadena corta (C1-C7) y ácidos monocarboxílicos como el fórmico, acético, propiónico y butírico están asociados con la actividad microbiana, pues no todos tienen efecto sobre la flora intestinal (Dibbner y Buttin, 2002). La acción principal de estos compuestos consiste en disminuir el pH gástrico, especialmente en animales jóvenes, lo que favorece la actividad del ácido clorhídrico al estimular la conversión del pepsinógeno en pepsina, mejorando así la digestibilidad de los alimentos. Además, los ácidos orgánicos pueden atravesar la membrana celular de los microorganismos en su forma no disociada y, una vez en el interior, disociarse. El ion hidrógeno reduce el pH del citoplasma, obligando a la célula a aumentar su gasto energético para mantener el equilibrio osmótico, mientras que el anión interfiere en la síntesis de ADN, impidiendo la replicación bacteriana. Entre estos compuestos, los ácidos fórmico y propiónico destacan por su mayor eficacia en este mecanismo [Real Academia de Ciencias

Veterinarias (RACVE), 2000]. La acción de los ácidos orgánicos en el tracto digestivo se puede dividir en dos partes: la acidificación y la acción del anión de los ácidos orgánicos. La adición de los ácidos orgánicos induce a una rápida reducción del pH en el estómago, lo que resulta en un tiempo más corto para alcanzar el pH óptimo: de 3 a 4 (Shöner, 2001).

2.1.3. Origen de los ácidos orgánicos:

Los ácidos orgánicos de cadena corta (C1–C7) se encuentran de manera natural como componentes habituales en los tejidos de plantas y animales. No obstante, la mayoría de los ácidos orgánicos empleados comercialmente en la industria alimentaria y de piensos son obtenidos por síntesis química. Asimismo, estos compuestos pueden formar sales simples o dobles al combinarse con elementos como potasio (K), sodio (Na) o calcio (Ca) (Wing-Keong & Chik-Boon, 2016). Por otro lado, también pueden generarse mediante la fermentación de carbohidratos llevada a cabo por diversos microorganismos a través de distintas vías metabólicas y bajo condiciones específicas. En este contexto, algunos ácidos orgánicos de bajo peso molecular, como el ácido acético, propiónico y butírico, se producen en el intestino grueso del ser humano y de ciertos animales, donde existen elevadas concentraciones de microbiota anaerobia (Gummings et al., 1987; S. Macfarlane & T. Macfarlane, 2003).

2.1.4. Ácido cítrico y su empleo en la alimentación de aves:

Es un ácido tricarboxílico cristalino descubierto en 1784 a partir del limón y desempeña un papel fundamental en ciclos bioquímicos como el ciclo de Krebs para la producción de energía (Dudeja et al., 2023), varias plantas y frutas cítricas son fuentes naturales de este ácido (Ashy & Abou-Zeid, 1982). Es uno de los ácidos orgánicos más utilizados a nivel mundial, su uso abarca desde acidulante y conservante en la industria alimentaria, agente complejante y quelante en el tratamiento de metales, ablandador de agua para detergentes y como amortiguador en las industrias e tocador y farmacéutica (Kirimura et al., 2011).

Estudios han demostrado que la suplementación en dietas de pollos de engorde con ácido cítrico mejora la retención de nutrientes, la adsorción de minerales y las características de la carne, potencia la actividad enzimática intestinal y protege a los animales de granja y a las aves de corral de microorganismos dañinos (Makofane et al., 2022). Esto se debe al ambiente ácido que produce y la promoción del crecimiento de lactobacilos, lo que previene la multiplicación de bacterias patógenas (Archana et al., 2016).

2.1.5. Ácido fórmico:

El ácido fórmico es el ácido orgánico más sencillo que se encuentra en notables cantidades en la estructura animal y vegetal, así como en algunos minerales. Su fórmula es HCOOH. Su nombre deriva de la hormiga roja (*Formica rufa*), pues está presente en el veneno de estos animales, también en el sistema de defensa de otros insectos cnidarios como las abejas. También llamado ácido metanoico por poseer un solo carbono y posee propiedades de aldehído. Es el ácido más fuerte de los miembros de su familia. (Weissermel Arpe, 1981; Hietala *et al.*, 2016; Macy, 1976)

2.1.6. Propiedades y usos del ácido fórmico:

Es un líquido incoloro, de olor fuerte, semejante al vinagre, miscible con el agua. De toxicidad aguda grave, leve cuando es sistémica y moderada cuando llega a ser crónica; por ser de acidez relativamente alta. Posee características muy similares a la de otros ácidos carboxílicos alifáticos, pero es más fuerte que cualquiera de sus homólogos superiores. Posee una estructura de aldehído y de ácido; es por eso que se oxida fácilmente por acción de oxidantes suaves; como ejemplo, el reactivo de Tollens lo oxida a CO₂ y H₂O. (Gibson, 1969; Linstromberg, 1977; Drury, 2000).

Entre los usos que se le han dado al ácido fórmico están en ser empleados como complemento de ensilaje, también en la industria textil para secado del teñido y

acabado, para tratar el cuero; también es usado en la realización de insecticidas, fumigantes, refrigerantes, en la industria de perfumes, en la del caucho y entre muchas utilidades más. Pero el uso más importante es como aditivo para pienso de animales, pues permite una mejor conservación y mejoramiento en la forma física del alimento, cambiando el microbiota intestinal y afectando en el rendimiento animal. En la última década, se ha presentado al ácido fórmico como uno de los materiales más prometedores para el almacenamiento de hidrógeno. (Siebald *et al.*, 2003; Ospina, 2020; Grasmann & Laurency, 2012; Canibe, *et al.*, 2005).

2.1.7. Ácido láctico y su obtención artesanal a través del ensilado biológico de cabezas de langostino:

El ácido láctico es un compuesto clave en diversos procesos biológicos, ya que se genera principalmente como producto del metabolismo de los carbohidratos durante la síntesis de ATP. A nivel industrial, presenta múltiples aplicaciones, especialmente en los sectores alimentario, farmacéutico, textil y en la producción de plásticos biodegradables. En este contexto, su obtención mediante procesos biotecnológicos, empleando bacterias ácido lácticas (BAL), se considera una alternativa más sostenible frente a la síntesis química tradicional, aunque conlleva mayores costos debido a las etapas de separación y purificación.

Adicionalmente, el ácido láctico puede transformarse en otros compuestos, como el ácido acético, bajo condiciones aeróbicas, lo que evidencia su versatilidad dentro de diferentes rutas metabólicas. En el ámbito artesanal, su producción puede lograrse mediante el ensilado biológico de subproductos como las cabezas de langostino, proceso fermentativo que permite aprovechar residuos agroindustriales y generar compuestos de valor agregado (Morales y Quintero, 2019; Estela *et al.*, 2007; Rojas *et al.*, 2015; Beltrán, 2018; Proaños y Piñeros, 2014; Shabani *et al.*, 2019).

2.1.8. Bacterias ácido lácticas:

Las bacterias ácido lácticas (BAL) desempeñan un papel fundamental en la modulación del ambiente gastrointestinal, debido a que el crecimiento microbiano es altamente sensible a las variaciones de pH. En este sentido, los ácidos orgánicos producidos por estas bacterias contribuyen a la disminución del pH intestinal, lo que limita la proliferación de microorganismos patógenos en el tracto digestivo de las aves (Ali et al., 2024). Este efecto genera condiciones favorables para la salud intestinal y optimiza la absorción de nutrientes (Pirgozliev et al., 2020). Asimismo, se ha demostrado que los ácidos orgánicos poseen actividad antibacteriana frente a patógenos de importancia como *Campylobacter*, *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Clostridium perfringens* y *Listeria monocytogenes* (Lee et al., 2024). Por ello, son considerados alternativas viables a los antibióticos promotores del crecimiento (Van et al., 2008). Cabe destacar que el microbiota intestinal de los pollos de engorde incluye de manera natural una elevada proporción de bacterias ácido lácticas, lo que refuerza su importancia en el mantenimiento del equilibrio microbiano (Deng et al., 2025).

2.1.9. Promotores de crecimiento:

Son aditivos alimentarios que ayudan a cubrir necesidades de nutrientes, aumentar el rendimiento del animal, mejorar el consumo y utilización del alimento. Afectan positivamente sobre la calidad del alimento y sus propiedades. Son sustancias que se añaden al alimento de los animales de producción intensiva con el fin de mejorar la integración de nutrientes y el rendimiento animal, esto es: mejorar la producción de la carne de acuerdo con las pautas dietéticas humanas actuales. Entre ellos podemos encontrar productos que, debido al riesgo para la salud humana, están prohibidos, como: antibióticos, hormonas, corticoides; por lo tanto, se buscan nuevas alternativas, como: ácidos orgánicos, enzimas, probióticos, prebióticos, minerales y productos botánicos, que alternativas aceptables para el consumidor y respetuosas con el medio ambiente. (Wenk, 2003; Gonzales & Angeles, 2017).

2.1.10. Aditivos con función promotora de crecimiento empleados en pollos de engorde:

- **Antibióticos:** Entre los efectos de los AGP (Antibiotic-based growth promoters, por sus siglas en inglés que equivale a “Antibióticos promotores de crecimiento”) están: Mejorar la absorción de nutrientes por el adelgazamiento de la pared intestinal y la disminución de toxinas de las bacterias intestinales, además que reducen las incidencias de enfermedades de desarrollo subclínico que afecten el tracto digestivo de las aves. (Al-Dobaib & Mousa, 2009).
- **Probióticos:** La palabra probiótico se puede interpretar como “a favor de la vida” y se usa para nombrar a bacterias que tienen efectos benéficos para la salud humana y animal. Son suplementos alimenticios usados para alimentación humana y animal que contienen bacterias vivas que mejoran el balance microbiano en el intestino. Últimamente su uso en la industria de la avicultura ha ido en aumento y se ha consolidado como una alternativa natural al uso de antibióticos, pues no generan efectos secundarios. [Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación (FAO), 2006; Astiasarán, 2003; Gutiérrez, Montoya y Vélez, 2013].
- **Prebióticos:** Se define como prebiótico a todo compuesto, usado como suplemento, no digerible que, por medio de su metabolización en el tubo intestinal por microorganismos, regula la actividad del microbiota intestinal, dándole un efecto saludable al hospedero. Los prebióticos modifican la flora intestinal y, por ende, pueden ser considerados como alternativas para el uso de AGP. (Covarrubias, 2020; Rodríguez et al., 2010).
- **Fitobióticos:** Conocidos a menudo como “antibióticos naturales”, se emplean como alternativas al uso de antibióticos en la producción avícola. Son sustancias extraídas de las plantas que actúan frente a bacterias y que, añadidas al alimento, proveen mejoras en el rendimiento productivo de las aves. Poseen propiedades antibacterianas, antivirales, estimulantes de la digestión e inmunomoduladores que

ayudan a mejorar el rendimiento del pollo de engorde. (Madrid et al., 2023; López, Del Carmen y Téllez, 2019; Celis et al., 2022).

2.1.11. Riesgos del uso de antibióticos como promotores de crecimiento en pollos de engorde

El uso de antibióticos como promotores de crecimiento y agentes terapéuticos en animales de granja, en especial pollos, promueve el desarrollo de cepas resistentes que se transmiten a pacientes humanos. Esta situación representa un riesgo para la salud humana. Su uso se debe a que proporcionan una ganancia de peso al reducir la incidencia y severidad de infecciones subclínicas, reduciendo el consumo de nutrientes por parte de los microorganismos patógenos, lo que produce un mayor aprovechamiento nutricional en el pollo, manteniendo el equilibrio en la flora intestinal. El riesgo no está mayormente en la transmisión de residuos de estos fármacos a través de huevos o carne, sino en el desarrollo de bacterias resistentes en el propio animal y su transferencia a los humanos, lo que da lugar a fallos terapéuticos. El uso de estas drogas en la industria avícola, data desde la década de los 40's; desde entonces, su uso ha ido siendo con mayor frecuencia hasta representar un factor importante en la crianza de pollos. La preocupación por la generación de resistencia antimicrobiana y la transferencia a humanos, han llevado a algunas comunidades internacionales a tomar medidas radicales con respecto al uso de estos fármacos en la industria productora de insumos avícolas, como es el caso de la Unión Europea, que retiró la aprobación de los antibióticos como promotores de crecimiento desde enero del 2006. (Cox & Popken, 2004; Ardoino *et al.*, 2017; Castanon, 2007)

2.1.12. Mecanismo de acción de promotores de crecimiento en pollos de engorde:

El uso de promotores de crecimiento en la industria pecuaria, y por consiguiente en la avícola, es para aumentar la efectividad y disponibilidad de nutrientes, así como su absorción en el tracto intestinal, modulan la flora intestinal de los animales, lo que

promueve el aprovechamiento de todo el potencial nutritivo del alimento, aumentando la productividad y crecimiento del animal (Molina, 2019). Los antibióticos siguen siendo los promotores de crecimiento más usados en la región, a pesar de las múltiples restricciones de su uso en varios lugares del mundo. En lo que respecta a su mecanismo de acción, destacan de los AGP los siguientes efectos: reducen los gastos metabólicos producidos por bacterias en el tracto intestinal y producen un adelgazamiento de la pared intestinal, mejorando la absorción y el uso de nutrientes. Es por esto que se recomienda llamarlos “permitidores de crecimiento” antes que promotores (Niewold, 2007). Se presentan muchos otros compuestos y entre ellos destaca, como una alternativa viable y mejor que los AGP, el uso de ácidos orgánicos como promotores de crecimiento, los cuales tienen efecto de reducir el pH en el tracto intestinal, aumentando la actividad de enzimas digestivas y mejorar el proceso digestivo en pollos. (Dai et al., 2021).

2.1.13. Pollo de engorde (Broiler)

Las mejoras que se le han dado al pollo doméstico (*Gallus gallus domesticus*) en la industria agropecuaria actual, son significativas; han surgido como consecuencias de una serie de selecciones genéticas artificiales y a una alimentación de un elevado porcentaje nutritivo, lo que les da su característica principal: un crecimiento acelerado. También conocido como pollo “broiler”, son pollos que optimizan el uso de nutrientes que no son aprovechables directamente por el ser humano; su organismo convierte el alimento que se le da (maíz, sorgo, trigo, soya) en carne de primera clase. Predominante en los sistemas de cría intensiva. (Hunton, 2006; Vaca, 1968).

Tabla 1: Taxonomía del pollo doméstico (*Gallus gallus domesticus*):

Dominio:	<i>Eukaryota</i>
Reino:	<i>Animalia</i>
Subreino:	<i>Eumetazoa</i>
Phylum:	<i>Chordata</i>
Subphylum:	<i>Gnathostomata</i>
Superclase:	<i>Tetrápoda</i>
Clase:	<i>Aves</i>
Orden:	<i>Galliformes</i>
Familia:	<i>Phasianidae</i>
Subfamilia:	<i>Phasianinae</i>
Género:	<i>Gallus</i>
Especie:	<i>Gallus</i>
Subespecie:	<i>Domesticus</i>

(Guerrero, 2019)

Requerimientos nutricionales de un pollo de engorde

En la industria avícola, la incorporación de proteínas en las dietas alimenticias, juega un rol primordial para el desarrollo de los animales; pues cumple la función de constituir los compuestos biológicamente activos del cuerpo, colaboran en la síntesis de tejidos corporales, además que algunas cumplen funciones de enzimas, hormonas y sustancias de defensa que desempeñan papeles importantes en la fisiología del organismo. Los pollos son monogástricos que poseen un tracto digestivo poco desarrollado, que tiene estructuras básicas y se limita a realizar procesos enzimáticos tradicionales, lo que los obliga a consumir alimentos de mayor calidad. La explotación de estos animales se realiza en áreas reducidas con una alta densidad (de seis a ocho por metro cuadrado) por lo que exigen un buen balance en su dieta; alimentos de gran calidad proteico con alimentos energéticos. Un mal balance en los requerimientos nutricionales reducirá el rendimiento productivo del animal y, por ende, la rentabilidad

del productor (Beski, Swick & Iji, 2015; Ortiz, 2003). Los costos de producción en un sistema intensivo representan cerca del 70%; por ello, se buscan maneras de mejorar el consumo de y disponibilidad de los nutrientes en cada etapa de su vida. Estas divisiones están basadas en la cantidad necesaria de nutrientes proporcionadas a las aves en una determinada edad, ambiente o líneas, para evitar desperdicios o sobrealimentación. Es necesario que se cumpla con lo que necesitan durante su desarrollo, ya sea como energía, proteínas aminoácidos, oligoelementos y vitaminas. (Alqaisi et al., 2018; Hilliar & Swick, 2019; Bailey, 2020; Martinez & Valdivié, 2021).

Aparato digestivo del pollo doméstico:

Los pollos están dentro del grupo de los monogástricos (no rumiantes). Su aparato digestivo está formado por un canal interno llamado tubo digestivo que se reparte en distintos tramos y reservorios con glándulas que segregan sustancias que cumplen una función importante en la digestión. El tubo digestivo de los monogástricos está conformado por las siguientes estructuras: boca, faringe, esófago, estómago, intestinos grueso y delgado, y ano. En el caso particular de los pollos, sobresalen algunas otras estructuras como el pico (una estructura dura que reemplaza los dientes), el buche (que humedece y fermenta el alimento), el proventrículo y molleja (donde se tritura el alimento), que cumplen la función de estómago; la presencia de ciegos intestinales donde se produce la fermentación bacteriana; y la cloaca. Como órgano del sistema inmunológico, destaca en el lugar de la cloaca la *bolsa de Fabricio*, encargada de producir linfocitos B. (Reynaga, 2014; Caravaca, 2003; Cuevas, 2008)

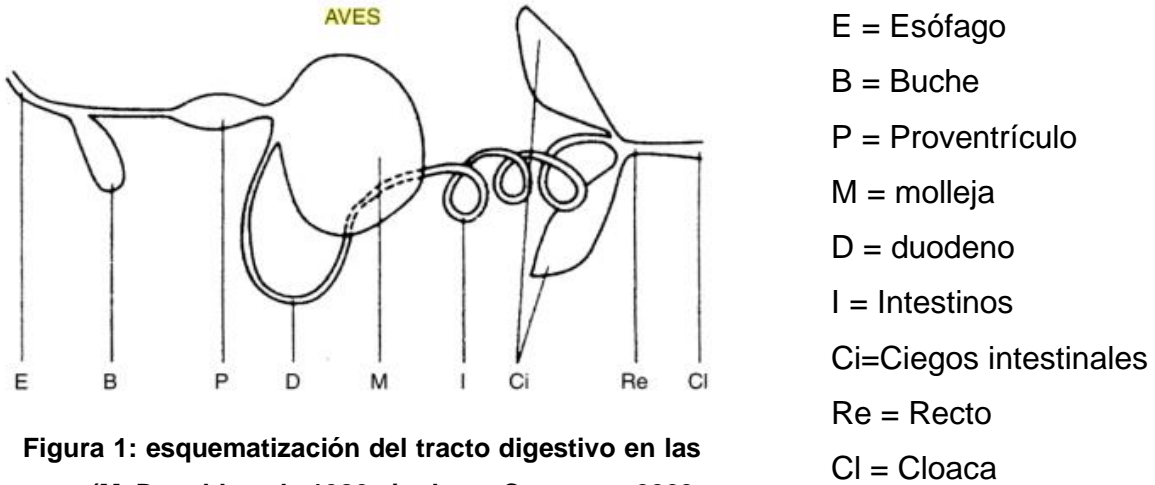


Figura 1: esquematización del tracto digestivo en las aves (McDonald et al., 1986 citado en Caravaca, 2003, p. 262)

Factores que afectan el rendimiento productivo de un pollo de engorde

El consumo de alimento es el factor más importante que influye en la producción eficiente de pollos de engorde, pero esto se ve condicionado por los mecanismos de regulación del consumo de alimento, las condiciones nutricionales, fisiológicas y de manejo en las que se encuentran los pollos de engorde. El rendimiento consiste en conocer algunos parámetros como la tasa de crecimiento (T.C), ganancia de peso corporal (G.D.P), consumo de alimento (C.A) y el índice de conversión alimenticia (I.C.A). Se ha visto anteriormente que mantener en equilibrio la microflora intestinal ayuda a potenciar las características productivas de los animales al haber un mejor aprovechamiento de los nutrientes. Uno de los factores (el más importante para este estudio) por el cual el rendimiento productivo de los pollos se ve afectado es la composición microbiana intestinal, pues la composición microbiana se asocia con la salud intestinal y con la productividad; otros son: la dieta o condiciones de la nidada, la edad, sexo, características de la línea. Infecciones bacterianas, virales o de protozoos que producen enfermedades entéricas. (Portillo *et al.*, 2022; Bindari & Gerber, 2022)

2.1.14. Situación del Perú con respecto a la producción de carne de pollo:

La industria de la avicultura tiene sus inicios en el Perú a partir de las primeras décadas del siglo pasado. Pero ha tenido un incremento notable a medida que se han ido implementado nuevas técnicas de manejo que potencializan las características productivas del animal, llevándolo a ser uno de los más consumidos. (Peñaloza, 1925)

Para octubre del 2023, el MIDAGRI indica que Lima, con un 57,7%, es la región con mayor producción, seguida de La Libertad, con 17,7%, y Arequipa con 9,1% de la producción nacional de carne de pollo. Participó con un 27% dentro del Valor Bruto de la Producción Agropecuaria, siendo la principal fuente de proteína a nivel nacional. La avicultura en el Perú es una actividad económica en crecimiento y enfrenta a diario muchos desafíos con el fin de producir alimentos que se necesitan ser superados con alternativas saludables (MIDAGRI, 2023).

2.2. ANTECEDENTES:

En un estudio realizado por Huang et al. (2025), se evaluó el efecto de una mezcla de aceites esenciales y ácidos orgánicos (EOA) añadida al agua de bebida sobre el rendimiento productivo y la salud intestinal de pollos de engorde desafiados con enteritis necrótica subclínica. Los autores encontraron que ambas formulaciones EOA redujeron significativamente la carga de *Clostridium perfringens* en el íleon, aunque no se observaron diferencias significativas en los indicadores de crecimiento ($p > 0.05$). Estos hallazgos coinciden parcialmente con los resultados del presente estudio, donde la suplementación con ácidos orgánicos no afectó significativamente los parámetros productivos en condiciones sin desafío sanitario.

Por su parte, Samy & Elsherif (2025) demostraron que la combinación de ácidos butírico, láctico y propiónico con sus sales mejoró significativamente el rendimiento productivo de pollos de engorde, con una reducción del ICA de 1.68 a 1.54 en comparación con el grupo control. Esta mejora en la eficiencia alimenticia concuerda

con la tendencia observada en el tratamiento T3 del presente estudio (ICA 1.53), aunque en este caso las diferencias no alcanzaron significancia estadística.

En estudio de revisión realizado por de Riaz et al. (2025) sobre la eficacia de los ácidos orgánicos (AO) como promotores del crecimiento y agentes antimicrobianos alternativos frente a diversos modelos experimentales de infección en pollos de engorde, se analizó la respuesta de los AO frente a enfermedades como enteritis necrótica. En todos los modelos de infección, los AO mostraron efectos beneficiosos: reducción de la colonización patógena, mejora de la integridad intestinal, mayor ganancia de peso, y fortalecimiento de la respuesta inmune. Entre los mecanismos propuestos de acción se incluyen su efecto antimicrobiano directo, la acidificación del ambiente gastrointestinal, y la modulación de la respuesta inmune del hospedador. Los autores concluyen que los AO son una opción viable y sostenible que puede reemplazar a los antibióticos en la crianza de pollos de engorde.

Huang et al. (2023) evaluaron los efectos de una preparación microencapsulada de aceites esenciales y ácidos orgánicos (EOA) sobre los parámetros productivos y el microambiente intestinal en pollos de engorde. Se distribuyeron 624 pollos machos de un día de edad en seis grupos, incluyendo un grupo control, un grupo con antibiótico (BMD), y cuatro grupos que recibieron EOA en niveles de 200, 400, 600 y 800 mg/kg de dieta. Los resultados indicaron que la suplementación con 200 mg/kg de EOA mejoró significativamente la ganancia diaria de peso y el peso corporal promedio en la fase inicial. Además, se observó una mejora en la morfología intestinal, mayor actividad de lipasa duodenal, incremento en la población de bacterias ácido-lácticas y niveles más altos de ácido butírico en el contenido cecal. Estos hallazgos sugieren que el uso de EOA, particularmente en niveles de 200 y 400 mg/kg, favorece el desempeño zootécnico y la salud intestinal en broilers, presentándose como una alternativa prometedora a los antibióticos promotores de crecimiento.

Akaichi et al. (2022) evaluaron los efectos que ejercían el ácido húmico (HA), ácidos orgánicos (OA) y su combinación (HAOA) sobre el rendimiento productivo, calidad de

la carne, recuento leucocitario y cambios histopatológicos en hígado y bazo, al ser suplementados en las dietas de pollos de engorde. Se emplearon 2,100 pollos de un día de edad, distribuidos en cuatro tratamientos: control, dieta con 0.1% de HA, dieta con 0.02% de OA, y dieta con la combinación de ambos (0.1% HA + 0.02% OA). Aunque no se encontraron diferencias significativas en el rendimiento zootécnico entre los tratamientos, la combinación HAOA mejoró las características sensoriales de la carne cocida, especialmente en color y olor. Además, se observó una menor proporción heterófilos/linfocitos (H/L) y una preservación de la estructura histológica del hígado y bazo en los grupos tratados con HA y HAOA. Con esto se sugiere que la mezcla de HA y OA se puede considerar una alternativa útil para mejorar la salud sistémica y la calidad de la carne en pollos de engorde, aunque sin efectos notables sobre el crecimiento.

La investigación de Borrás Sandoval *et al.* (2020), “Efecto de un preparado microbiano con actividad ácido láctica en los indicadores productivos de pollos de engorde”, “se evaluó el impacto de un preparado microbiano (PM) en pollos de engorde. Se utilizaron 120 pollitas de la línea Cobb 500, distribuidas en cuatro grupos experimentales. Los resultados mostraron que el grupo tratado con PM al 7,5% tuvo la mejor respuesta en términos de peso final, ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia. En conclusión, el uso de aditivos microbianos con actividad ácido láctico es una alternativa viable para la cría de pollos de engorde.

Adhikari *et al.* (2020) realizaron un estudio titulado *Effect of organic acid mixture on growth performance and Salmonella typhimurium* colonization in broiler chickens, con el objetivo de evaluar el efecto de una mezcla de ácidos orgánicos (ácido fórmico y formiato de sodio, comercialmente conocida como Amasil NA) sobre el rendimiento productivo y la colonización por *Salmonella typhimurium* (ST) en pollos de engorde. La investigación se llevó a cabo con 800 pollos Cobb 500 machos distribuidos en cinco tratamientos (incluyendo control negativo, control positivo y tres niveles de ácidos orgánicos: 0.3%, 0.6% y 0.9%), con cuatro réplicas de 40 aves cada una. Los pollos fueron desafiados oralmente con ST resistente a ácido nalidíxico a los 4 días de edad,

y se evaluaron parámetros como peso corporal, ganancia de peso, conversión alimenticia y recuento de ST en ciegos a los 9, 24 y 38 días postinfección. Los resultados mostraron que la inclusión del 0.9% de mezcla ácida mejoró la conversión alimenticia durante la fase de crecimiento y redujo significativamente la colonización cecal por *Salmonella* en todos los tiempos evaluados. Se concluye que el uso de esta mezcla de ácidos orgánicos representa una alternativa eficaz al uso de antibióticos para controlar *Salmonella typhimurium*, sin comprometer el desempeño productivo de los pollos.

Sharifuzzaman *et al* (2025) señalan que la inclusión de ácidos orgánicos, particularmente el ácido cítrico, mejora la digestibilidad de nutrientes, ejerce efectos antioxidantes y favorece la ganancia de peso. No obstante, su impacto sobre el índice de conversión alimenticia no ha mostrado resultados consistentes entre estudios. Se ha evidenciado que el ácido cítrico puede sustituir a los antibióticos promotores de crecimiento, especialmente cuando se emplea en combinación con otros aditivos como probióticos y fitasa microbiana, potenciando sus efectos productivos. Las investigaciones revisadas indican que niveles de inclusión entre 1,65 % y 2,65 % en la dieta generan respuestas favorables en el rendimiento de los pollos de engorde; sin embargo, aún no se ha establecido con precisión la dosis óptima, y su uso excesivo podría ocasionar estrés ácido y alteraciones hepáticas.

En un estudio realizado por Putri *et al.* (2019), se evaluó el potencial probiótico de bacterias ácido-lácticas (BAL) aisladas del asam durian, un alimento fermentado típico de Sumatra Occidental, como alternativa al uso de antibióticos promotores de crecimiento en pollos. El objetivo principal fue identificar cepas de BAL capaces de inhibir bacterias patógenas y sobrevivir en condiciones del tracto gastrointestinal. La investigación se desarrolló mediante aislamiento microbiológico, caracterización morfológica, pruebas de antagonismo contra *Escherichia coli* y ensayos de resistencia a pH ácido y sales biliares. Como resultado, se identificaron ocho cepas de BAL grampositivas y catalasas negativas, todas con actividad inhibitoria frente a *E. coli*. Los autores concluyen que estas cepas poseen características adecuadas para ser

consideradas candidatas probióticas en la producción avícola, al ofrecer una alternativa segura y eficaz frente a los antibióticos de síntesis (Putri y otros, 2019).

Yang et al. (2024) realizaron un estudio para evaluar el efecto de dos cepas probióticas (*Lactiplantibacillus plantarum* Lp71 y *Enterococcus faecium* Ef72) en pollitos infectados con *Salmonella enteritidis*. Usaron 60 aves distribuidas en cuatro grupos, con o sin suplementación oral durante 21 días, y posteriormente desafiadas o no con la bacteria. Encontraron que *S. enteritidis* daña la barrera intestinal, pero que el uso de estas bacterias benéficas ayudó a protegerla, mejorando la estructura intestinal y la diversidad de la microbiota. En conclusión, los probióticos evaluados demostraron ser una alternativa eficaz para prevenir infecciones intestinales y reducir el uso de antibióticos en pollos de engorde. (Yang y otros, 2024).

En un estudio realizado por Sirisopapong et al. (2023), titulado “Assessment of lactic acid bacteria isolated from the chicken digestive tract for potential use as poultry probiotics” se evaluó el potencial probiótico de cepas de bacterias ácido lácticas (BAL) aisladas del tracto digestivo de pollos. En dicha investigación, se recolectaron 2000 colonias bacterianas del íleon y el ciego de las aves, de las cuales 200 fueron seleccionadas por su tolerancia a condiciones ácidas y biliares. Entre las cepas identificadas, *Lactobacillus ingluviei* y *Lactobacillus salivarius* demostraron mayores beneficios in vitro y, al ser administradas a pollos de engorde, promovieron una mayor abundancia de BAL y *Bifidobacterium spp.*, además de una reducción significativa de *Escherichia coli* y otras enterobacterias. Los autores concluyeron que estas cepas no solo son seguras, sino que presentan propiedades funcionales promisorias para su uso como probióticos en avicultura, aunque sugieren realizar más investigaciones para evaluar su impacto directo sobre los parámetros productivos de los pollos de engorde.

En una investigación realizada en zonas rurales de Bangladesh, Nath et al. (2023) evaluaron durante 28 días los efectos del uso de antibióticos, acidificantes y probióticos como alternativas en la producción de pollos de engorde. Para ello, se utilizaron 360

pollos Hubbard Classic distribuidos aleatoriamente en cuatro grupos experimentales: uno tratado con oxitetraciclina, otro con acidificante, otro con probiótico a base de *Lactobacillus*, y un grupo control sin suplementos. Se midieron el peso corporal, el consumo de alimento, los parámetros de conversión alimenticia, características de la canal y perfil lipoproteico. Los resultados demostraron que las aves tratadas con probióticos y acidificantes presentaron ganancias de peso significativamente superiores al grupo control en la primera y cuarta semana, así como mejores índices de conversión alimenticia. Además, el grupo probiótico mostró un mayor desarrollo en piezas como el muslo y el hígado, y menores niveles de LDL en sangre. Estos hallazgos respaldan el uso de probióticos y acidificantes como alternativas efectivas para mejorar el rendimiento productivo y la salud metabólica de los pollos, reduciendo así la dependencia de antibióticos en la avicultura rural.

III.MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN:

El trabajo se ejecutó en uno de los galpones del taller experimental de crianza de aves ubicado en instalaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Tumbes.

Ubicación política:

Distrito : San Pedro de los Incas (Corrales)
Provincia : Tumbes
Departamento : Tumbes

Coordenadas geográficas:

Latitud : 3°35'21.1" Sur
Longitud : 80°30'0.46" Oeste
Altitud : 5 m.s.n.m

Coordenadas UTM

Norte : 9602990
Este : 0555074
Zona : 17 M

3.2. FECHA:

- **Fecha de inicio:** agosto de 2025
Fecha de finalización: octubre de 2025

3.3. MATERIALES, EQUIPOS, HERRAMIENTAS E INSUMOS:

3.3.1. Tipo de muestreo:

Se trabajó con un muestreo aleatorio priorizando que los pollitos estén sanos. Se seleccionaron 54 pollos sanos, de 2 semanas de edad. Luego de pesarlos, se ordenaron de mayor a menor y se dividieron en 3 grupos de 18 aves cada uno (grupo 1: del 1 al 18, grupo 2: del 19 al 36 y el grupo 3: del 36 al 54). Para formar los tratamientos, se eligió aleatoriamente un pollo de cada grupo, obteniendo así 18 animales con pesos promedio similares en cada tratamiento. Los datos se recolectaron individualmente por un pollo unidad experimental, considerando el tratamiento y sus 18 repeticiones correspondientes (Zapata, 2023).

3.3.2. Instrumentos utilizados:

En la ejecución del proyecto se emplearon registros para los siguientes parámetros:

- Los pesos en cada tratamiento (T1-T2 y T3) y repetición desde el inicio, realizando el pesaje semanalmente, hasta el final del experimento. Luego, con la diferencia de peso se pudo deducir el incremento de peso por cada animal.
- El consumo de alimento en cada tratamiento se realizaba tomando el peso diario del alimento proporcionado restado con el peso del sobrante en la siguiente jornada.
- La digestibilidad se basó en el peso del alimento consumido diariamente y eliminación de excretas. Ambos valores expresados en función al porcentaje de materia seca.
- El rendimiento total de la carcasa y el de principales órganos (corazón, bazo, hígado, molleja, intestinos).
- El registro de valoración económica se determinó por la rentabilidad teniendo en cuenta el índice de conversión alimenticia (ICA), considerando el dinero necesario para que el animal produzca 1 kg de carne (en soles).
- Comparación de las medidas de microvellosidades intestinales.

3.3.3. Materiales:

Los materiales empleados en la ejecución del proyecto fueron:

Material biológico: 54 pollos Broiler distribuidos en tres tratamientos de 18 animales cada uno.

Material de escritorio: Papel bond A4, libreta de notas, lapicero, rótulos, lápiz, laptop.

Otros materiales: Sacos, escobilla, papel periódico, baldes.

Herramientas: Rafia, escoba, recogedor

3.3.4. Equipos:

Balanza eléctrica y gramera, bebederos semiautomáticos de plástico, comederos de plástico, bebederos de plástico automáticos, comederos tipo canaleta.

3.3.5. Insumos:

Insumos alimenticios: Torta de soya, maíz molido, sal mineral, sal común, agua, vitaminas del complejo B, aditivos (Formaxol y lixiviado del ensilado biológico).

Insumos sanitarios: Vacunas, cal, desinfectantes.

3.4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO:

3.4.1. Acciones previas a la crianza:

Se desinfectó y fumigó las instalaciones, el galpón y las jaulas de crianza, equipos e instrumentos a emplear, así como los comederos, bebederos y bandejas de alimentación. Se desinfectaron las paredes con amonio cuaternario y se acondicionó el galpón para la colocación de las jaulas ya limpias y desinfectadas. Las aves fueron criadas en jaulas, sobre piso de cemento, con una densidad de 8 aves por cada m², el manejo de las condiciones ambientales se realizó con el uso de cortinas de plástico al exterior e interior del galpón. Se observaron y revisaron a los animales al momento de iniciar el experimento.

3.4.2. Crianza de los pollos por semanas:

Durante la fase experimental (semanas 3 a 6), se evaluaron 54 pollitos distribuidos aleatoriamente en tres tratamientos (n=18) bajo una dieta base con 18% de proteína cruda: T1 (control), T2 (adición de Formaxol®) y T3 (adición de lixiviado). El protocolo de manejo incluyó la adaptación al ambiente, el pesaje semanal de las unidades experimentales y el registro diario tanto del consumo de alimento (mediante la diferencia de lo ofrecido y residuo) como de la excreta producida. Al finalizar la sexta semana, se registraron los pesos vivos finales y se procedió al sacrificio de los ejemplares para la toma de datos biométricos, concluyendo así el periodo de evaluación.

3.4.3. Procedimiento metodológico para la obtención del lixiviado derivado del ensilado biológico de cabeza de langostino:

La preparación del ensilado biológico inició con la activación y propagación de bacterias ácido-lácticas (BAL) aisladas del intestino de gallinas. Inicialmente, las BAL fueron inoculadas en un litro de leche, donde se desarrolló un proceso fermentativo hasta la formación de yogurt. Posteriormente, este cultivo fermentado fue transferido a cuatro litros adicionales de leche para incrementar la concentración bacteriana, obteniéndose un total de cinco litros de inóculo. El procedimiento de preparación y la composición de la leche empleada para el inóculo de BAL se detallan en el **Anexo 1**. El inóculo de BAL en leche fue incorporado a una mezcla compuesta por 70 kg de cabezas de langostino hervidas y 25 kg de melaza. La mezcla fue almacenada en recipientes herméticamente sellados para favorecer la fermentación anaerobia. Después de 15 días, se toman muestras de la parte líquida donde se encuentran el ácido láctico, la estabilidad se determina mediante el pH (Castillo García et al., 2019), contiene microorganismo, que son capaces de fermentar el sustrato y producir ácido láctico” (Shabani et al., 2019).

3.4.4. Preparación de dietas:

Para la preparación de las tres dietas, con un aproximado de 18% de aporte proteico a las cuales se le añadió la mezcla comercial de ácido fórmico y ácido cítrico (Formaxol™) (T2) y el lixiviado derivado del ensilado biológico de cabezas de langostino (T3), se empleó el método del tanteo para alcanzar el valor requerido. Para la dieta base se empleó maíz molido y torta de soya, tanto para las etapas de crecimiento y acabado, considerando su valoración química.

Tabla 2: Dieta para las etapas de crecimiento y acabado en los tres tratamientos

Ingredientes	Cantidad (%)	Cantidad (%)	Cantidad (%)
	T1	T2	T3
Maíz molido fino	62.78	62.72	62.61
Torta de soya	26.91	26.88	26.83
Sales minerales	0.9	0.9	0.89
Sal común	0.45	0.45	0.45
Alimento comercial (18%)	8.97	8.97	8.94
Aditivo		0.1	0.3
Total	100	100	100
Contenido de proteína	17.94	17.92	17.88
Costo (soles/kg)	S/.1.72	S/. 1.78	S/. 1.72

Fuente: Elaboración propia

3.4.5. Análisis químico del alimento:

Tabla 3: Composición química del alimento base

Composición	Dieta base
Proteína (%)	17.94
Grasa (%)	2.35
Fibra cruda (%)	2.25
Cenizas (%)	6.71

Fuente: Laboratorio de nutrición zootecnia UNALM

3.4.6. pH y sólidos totales del lixiviado:

El lixiviado empleado en el experimento se caracterizó de manera química en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agrarias La Molina (UNALM). En este trabajo solo se considera el pH y sólidos totales.

Tabla 4: pH, sólidos totales y porcentaje de acidez del lixiviado

pH	Sólidos Totales	Porcentaje de acidez *
4.22	358.20 g/L	4.47%

Fuente: Análisis del lixiviado (laboratorio de suelos UNALM)

*Obtenido por titulación con hidróxido de sodio al 0.1 N

3.4.7. Acidez del producto comercial (Formaxol™)

Composición de la mezcla comercial de ácido fórmico y cítrico empleado en la investigación.

Tabla 5: Composición de Formaxol™

Ácido fórmico	35%
Ácido cítrico	15%

Fuente: Datos brindados por el fabricante (Kemin™)

3.4.8. Acidez titulable de ambos productos

Para la medición del porcentaje de acidez titulable se empleó una metodología muy usada en distintas investigaciones en la que se calcula el porcentaje de ácido láctico presente en una muestra (Ahumada et al., 2019; Saboya et al., 2024; Tixicuro et al., 2021a, 2021b). Consiste en la titulación del producto ácido empleando hidróxido de sodio (NaOH) al 0.1 N con un punto de referencia final en el cambio de pH del indicador de fenolftaleína a un viraje de pH de 8.1 (+/- 0.2). Este procedimiento se realizó en ambos productos (en el artesanal se emplearon 10 ml de la muestra, mientras que en el producto comercial fue 1 gramo) cada muestra fue diluida en 50

ml de agua destilada con 0.3 ml de fenolftaleína. Para cada una se tituló con NaOH empleando en todo momento el medidor de pH para registrar los cambios requeridos. Cuando se llegó al valor esperado (pH de 8.2), se midió el gasto de NaOH empleando la siguiente fórmula para conocer el porcentaje de ácido láctico de la muestra:

Fórmula:

$$\% \text{ de ácido láctico titulable} = \frac{G * N * 0.090 * 100}{m}$$

Donde:

G= gasto en ml de NaOH

N= normalidad del NaOH

m=masa de la muestra en gramos

0.090 = factor de conversión

El resultado se interpreta en porcentaje, la cantidad de acidez en gramos que contiene la muestra por cada 100 ml.

3.4.9. Cálculo de la dosis equivalente del producto comercial

Se tomó como referencia el porcentaje de acidez titulable de la dosis recomendada por el fabricante del producto Formaxol™ por kilogramo (1 gramo) y en base a esto se buscó equiparar la dosis del lixiviado. En primer lugar, este cálculo se realiza encontrando la molaridad a partir de la relación entre masa, volumen y peso molecular del ácido, tomando en cuenta la densidad de la solución, de acuerdo con los principios de titulación ácido-base empleados en la cuantificación de ácido láctico (Feng et al., 2020). La fórmula para la molaridad empleada fue la siguiente:

$$\text{Molaridad} = \frac{g/L}{MM}$$

Donde:

g/L=porcentaje de acidez expresado en g/L

PM=Masa molar

El resultado se expresa en mol H+/L, es decir, la cantidad de moles de ácido láctico presentes en 1 litro de la solución. Este cálculo se realizó en ambos productos.

Luego, se iguala la capacidad acidificante de 1 gramo de Formaxol™ con el lixiviado, para ello, se necesitó calcular el volumen en litros del producto artesanal, empleando la siguiente fórmula:

$$V = \frac{\text{moles H +/L de Formaxol}}{\text{moles H +/L del Lixiviado}}$$

3.5. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

Después del análisis se optó por el uso de dosis recomendadas en la literatura científica (lixiviado) en los tratamientos evaluados (**Véase la sección “Dosis empleada” del capítulo IV**). Se utilizó una dieta basal con un contenido aproximado de 18% de proteína. A esta se le incorporó una mezcla comercial de ácidos orgánicos Formaxol™ en una proporción de 0.1% (T2), así como un ácido orgánico artesanal obtenido del lixiviado posbiótico del ensilado biológico de cabeza de langostino (LEB) en una proporción de 0.3% (T3), durante las etapas de crecimiento y acabado. En el tratamiento testigo (T1) no se realizó ninguna adición.

Tabla 6: Factor y niveles en estudio en la etapa de crecimiento y acabado.

FACTOR	NIVELES	CLAVE
Dietas para las etapas de crecimiento y acabado con 18% de proteína	0.0	T ₁
	0.1% AO comercial	T ₂
	0.3% AO artesanal	T ₃

Fuente: Elaboración propia. AO: Ácido orgánico; Comercial: producto comercial **Formaxol™**; Artesanal: lixiviado de ensilado biológico con bacterias ácido lácticas

En el presente estudio se empleó un diseño completamente aleatorizado (DCA) para los tres tratamientos con sus respectivas repeticiones. La validación de los datos se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación múltiple de Tukey con un nivel de significancia del 5%. Los resultados

fueron presentados en histogramas y tablas, utilizando el software Excel en su versión 4.0 y el programa Minitab (Zapata, 2023).

El modelo lineal aditivo empleado es el siguiente:

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

Donde:

- Y_{ij} = Valor observado del i-ésimo tratamiento.
- μ = Efecto de la media general
- T_i = Efecto de la i-ésimo tratamiento
- e_{ij} = Efecto del error experimental

Esquema del análisis de varianza:

Fuentes de Variación	GL	SC	CM	F _o	F _{5%}	F _{1%}
Tratamientos						
Error						
Total						

Fuente: Elaboración propia

3.6. VARIABLES EXPERIMENTALES:

3.6.1. Incremento de peso en la etapa de crecimiento y acabado:

El incremento de peso total durante las etapas de crecimiento y acabado se determinó a partir de la diferencia entre el peso final registrado al término de la fase de acabado y el peso inicial de los pollos al inicio de la etapa de crecimiento, considerando cada tratamiento y repetición. Los pesos fueron medidos semanalmente y los resultados se expresaron en kilogramos (kg), de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades.

3.6.2. Consumo de alimento en la etapa de crecimiento y acabado:

Para determinar el consumo de alimento durante las etapas de crecimiento y engorde, se realizó la suma de los registros diarios correspondientes a cada tratamiento y sus respectivas repeticiones. Los datos fueron obtenidos de manera

individual, consolidados semanalmente y expresados en kilogramos (kg), conforme al Sistema Internacional de Unidades.

3.6.3. Índice de conversión alimenticia (ICA) en la etapa de crecimiento y acabado:

Este parámetro se determinó mediante la relación entre el total de alimento consumido durante la fase experimental y el incremento de peso registrado en las etapas de crecimiento y acabado. El resultado se expresó como un valor numérico correspondiente al índice de conversión alimenticia (ICA), el cual, en este estudio, fue calculado tanto de forma semanal como acumulada.

Para el cálculo de esta variable se empleó la siguiente fórmula:

$$ICA = \frac{AC}{GP}$$

Donde:

ICA: Índice de conversión alimenticia

AC: Alimento consumido

GP: Ganancia de peso

3.6.4. Mérito económico del alimento:

Corresponde a la relación económica que evalúa la rentabilidad en función del costo de inversión en la alimentación. Se determina mediante la comparación entre los costos del alimento consumido (expresados en soles) y los ingresos generados por la producción obtenida, representada en 1 kg de carne.

$$ME = \frac{(VWF) - (VWCA)}{VWCA} * 100$$

Donde:

ME: Mérito económico

VWF: Ingreso por el incremento obtenido a venta del pollo (en soles)

VWCA: gasto de alimentación (en soles)

3.6.5. Rendimiento de carcasa:

Se calcula como la relación entre el peso de la carcasa y el peso vivo previo al sacrificio, expresándose en porcentaje. Para su determinación, la carcasa no incluye las vísceras comestibles (molleja, hígado, corazón y bazo), ni las no comestibles como los intestinos, así como tampoco los apéndices (cabeza y patas).

3.6.6. Digestibilidad aparente:

Corresponde a la fracción de materia seca del alimento que es retenida por el organismo. Se determina dividiendo la diferencia entre la materia seca consumida y la materia seca excretada, entre la materia seca ingerida. El resultado se multiplica por 100 y se expresa en porcentaje.

$$DA = \frac{(WA) - (WE)}{WA} * 100$$

Donde:

DA: Digestibilidad aparente

WA: Peso del alimento en MS

WE: Peso de excretas en MS

3.6.7. Longitud de vellosidades intestinales:

Al final de la evaluación, se seleccionaron al azar 1 aves de cada grupo y se sacrificaron con el fin de realizar la extracción de una porción del yeyuno a 20 cm del duodeno, mediante la apertura de las cavidades torácica, (estando el animal recién sacrificado), para exponer el intestino y ser cortado (1cm) y se fijó en formaldehído al 10%. Estas muestras fijadas, se transportaron en refrigeración hasta ser enviadas a un laboratorio externo, ubicado en Trujillo, donde se procesaron mediante la técnica de tinción con hematoxilina y eosina. Los resultados remitidos se midieron a 500x en el aumento del objetivo del microscopio. Se midieron la altura de la vellosidad tomando en cuenta la distancia desde su ápice hasta la su unión con la cripta (Brudnicki y otros, 2017); mientras que, para el ancho, se tomó en cuenta la distancia desde unión a la membrana basal de la célula epitelial en la parte inferior de la cripta en el tercio inferior de la longitud de la vellosidad (Nain y otros,

2012). Una mayor superficie de absorción (tamaño de microvellosidades) implica una mejor absorción de alimentos.

3.7. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

En el presente estudio se identificaron algunas limitaciones metodológicas. En primer lugar, durante la fase experimental se realizó un cambio del producto comercial inicialmente considerado (pHorce®) por Formaxol™, debido a la falta de disponibilidad en el mercado. Este reemplazo implicó una variación en la composición de los acidificantes utilizados, pasando de una mezcla de ácido fórmico y propiónico a una de ácido fórmico y cítrico. Asimismo, al momento de la ejecución no se contaba con información sobre el porcentaje de acidez titulable del producto inicialmente planteado, por lo que los análisis se realizaron con base en el producto finalmente utilizado. Este cambio fue debidamente documentado mediante comunicaciones formales dirigidas a los miembros del jurado. En el análisis de la morfológico intestinal es netamente descriptivo con tamaño muestral $n = 1$ por tratamiento, como se menciona en el proyecto, esto limitó la posibilidad de realizar inferencias estadísticas y de establecer relaciones con los parámetros productivos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

4.1. Acidez:

Respecto al primer objetivo específico, sobre determinar una dosis funcional basada en parámetros fisicoquímicos, los valores de porcentaje de acidez titulable de la mezcla comercial de ácido fórmico y cítrico (T2) y ácido láctico artesanal (T3) fueron:

Tabla 7: Porcentaje de acidez titulable de ambos productos empleados

Producto	pH	Porcentaje de acidez titulable
Ácido láctico artesanal	4.22	4.47%
Mezcla comercial de ácido fórmico y cítrico (Formaxol™)	*2.86	29.43%

*Obtenido diluyendo 1 gramo del producto en 50 ml de agua destilada

La cantidad de ácido láctico en una muestra se expresa comúnmente como acidez titulable, que representa la cantidad total de acidez presente y que puede ser medida mediante una neutralización, en este caso hasta alcanzar un pH de 8.2 (Feng et al., 2020). La acidez titulable, obtenida mediante titulación con NaOH, del producto artesanal de ácido láctico derivado del lixiviado del ensilado biológico tuvo un porcentaje de 4,47%, mientras que la mezcla comercial de ácido fórmico y cítrico alcanzó un porcentaje de 29,43% (6.6 veces más alto que el lixiviado). Con estos resultados se puede afirmar que la mezcla comercial tiene mayor capacidad para reducir el pH con menor cantidad en comparación con el lixiviado que necesitaría mayor volumen para equipararlo. Los valores de acidez titulable obtenidos en el ensilado (4.47%) varía con los reportados en alimentos fermentados como yogurt que suelen encontrarse alrededor de 0.7-1.3% (Grasso et al., 2020; Hashim et al., 2009; Say, 2024), lo que indica una mayor estabilidad en el lixiviado considerándose un alimento ácido estable.

Para poder establecer la dosis mediante el porcentaje de acidez titulable se buscó convertir ese porcentaje a molaridad, utilizando el método oficial de análisis internacional de la AOAC (Association of Official Agricultural Chemists) (Latimer, 2023), para esto, se consideró el peso molecular del ácido láctico, cuyo valor es 90.08 g/mol (dato estándar de la CRC Handbook of Chemistry and Physics), dando como resultado 0.495 mol H⁺/L (moles de H⁺ titulables por cada litro de lixiviado de ensilado biológico de cabezas de langostino). Luego, se buscó el volumen en litros del producto artesanal que contenga la misma cantidad de H⁺ que un gramo del producto comercial (0.00327 mol). El resultado fue de 0.00660 litros que, convertido a ml, equivale a una dosis de 6.6 ml de ácido láctico artesanal para igualar la carga ácida del producto comercial.

El valor obtenido se sitúa en el límite superior de los niveles reportados en la literatura científica. La inclusión de ácido láctico en la dieta de pollos de engorde ha sido ampliamente estudiada en diferentes concentraciones; por ejemplo, se ha reportado que niveles de 0.3 g/kg de alimento son suficientes para evidenciar mejoras en la conversión alimenticia y la salud intestinal (Gao et al., 2021). Asimismo, investigaciones más recientes han evaluado dosis de 2 y 4 g/kg, encontrando efectos positivos sobre la microbiota intestinal y parámetros fisiológicos sin efectos adversos (Alhujaili et al., 2026).

En este contexto, la estimación teórica de 6.6 ml/kg como dosis del ácido láctico artesanal, calculada para equiparar el aporte ácido del producto comercial, se ubica en el límite superior de los rangos experimentales reportados. Por ello, se optó por ajustar la dosis a 3 ml/kg, valor que se encuentra dentro de un rango adecuado para evaluar su efecto biológico sin comprometer la salud de las aves. Esta decisión se fundamenta en que la respuesta biológica no depende únicamente de la acidez del producto, sino también del tipo de ácido y su interacción con el sistema digestivo (Tugnoli et al., 2020).

4.2. Incremento de peso (kg) total por tratamiento:

En la tabla 8 y figura 2 se muestran las comparaciones múltiples, prueba Tukey y gráficos, donde se observan los pesos promedios que tuvieron al inicio y al final además del incremento de peso total de los pollos de engorde en cada tratamiento durante la fase experimental. Aun cuando el tratamiento donde se empleó ácidos orgánicos comerciales (T2) mostró un valor numérico inferior (1922 g) en comparación con el grupo control (T1) y al que se le administró ácido orgánico artesanal (T3), la prueba de Tukey muestra que, estadísticamente, los tres tratamientos se comportaron de forma similar.

Tabla 8: Prueba de Tukey de Pesos iniciales (g), finales (g) e incremento de pesos (g) promedio de los tratamientos

Tratamiento	Peso inicial	Peso final	Incremento de Peso
T1	1017 A	3025 A	2008 A
T2	1000 A	2922 A	1922 A
T3	1014 A	3003 A	1989 A

Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$)

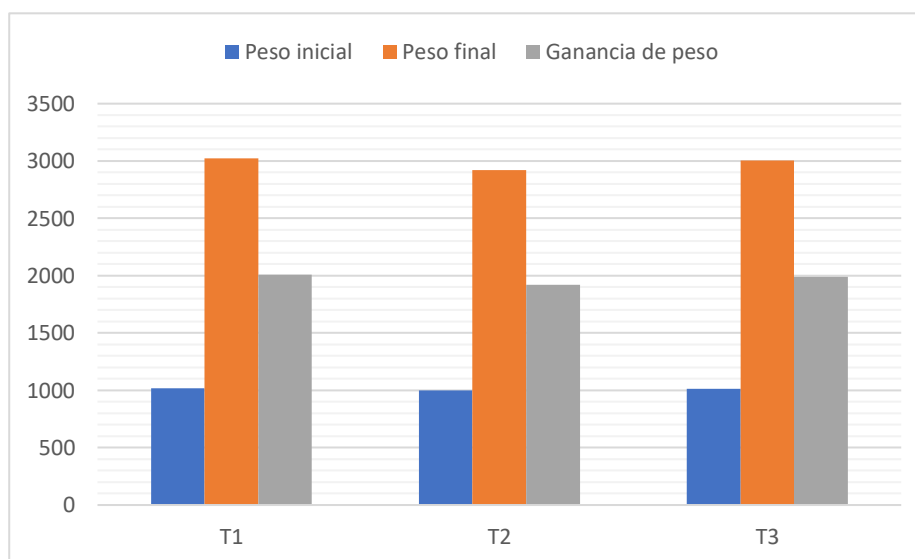


Figura 2: Promedio de pesos iniciales (gr), pesos finales (gr) y ganancia de peso total en cada tratamiento

Los resultados del análisis estadístico ($p=0.495$) (Tabla 9) indican que no hubo diferencias significativas ($p>0.05$) entre los tratamientos para la variable incremento de peso. Las aves de este estudio, al ser criadas en condiciones óptimas, refuerza lo mencionado por Polycarpo *et al.* (2017), quienes en su metaanálisis de 121 artículos científicos concluyen que el efecto de los ácidos orgánicos depende fundamentalmente del desafío microbiológico al que son sometidas las aves. Otros estudios han demostrado que el uso de ácidos orgánicos en dietas para aves de corral puede mejorar el rendimiento del crecimiento y ganancia de peso (Gerzilov & Hristakieva, 2025; Sharifuzzaman *et al.*, 2024; Waghmare *et al.*, 2025). Sin embargo, en este estudio se ha observado una situación particular al no existir diferencia significativa en los tres tratamientos. Este fenómeno contradictorio también se ha presentado con otros ácidos orgánicos, como el butírico. (Giacomini *et al.*, 2022), el fórmico (Abd El-Hack *et al.*, 2024), el benzoico (Józefiak *et al.*, 2007) o sórbico (Hulan & Proudfoot, 1984).

A pesar de la ausencia de diferencias significativas ($p>0.05$), el T2 presentó numéricamente los valores más bajos en peso final en comparación con los demás tratamientos. Estos resultados difieren con Shah *et al.* (2025), quienes evaluaron el efecto del agua acidificada con ácido fórmico en diferentes niveles de pH y encontraron que los pollos que recibieron el ácido orgánico a un pH de 6.8 exhibieron un rendimiento de crecimiento significativamente superior. Por su parte, Sharifuzzaman *et al.* (2025) indican que niveles de inclusión de ácido cítrico entre 1.65% y 2.65% en la dieta generan respuestas favorables en el rendimiento de los pollos de engorde; sin embargo, aún no se ha establecido con precisión la dosis óptima, y su uso excesivo podría ocasionar estrés ácido y alteraciones hepáticas. Aparte de las dosis empleadas, las cuales se ajustaron a los porcentajes de acidez relativa, a la literatura citada y a las recomendaciones del fabricante, la ausencia de diferencias significativas, se puede atribuir a distintos factores que limitaron el efecto de los ácidos orgánicos, como las condiciones sanitarias sin desafíos biológicos y una dieta basal correctamente balanceada.

Tabla 9: Análisis de varianza de los incrementos de peso (g) según los tratamientos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0.07343	0.03671	0.73	0.485
Error	51	2.55014	0.05000		
Total	53	2.62356			

Aunque T1 presentó una ganancia numérica de 1989 g (0.95% superior a T3), esta diferencia de apenas 19 gramos no es biológicamente relevante y no alcanzó significancia estadística ($p=0.495$). Esto sugiere que, en condiciones sanitarias óptimas, la dosis de 0.3% de ácido láctico artesanal no indujo cambios productivos detectables. Se ha demostrado que el ácido láctico inhibe la colonización bacteriana y apoya la integridad epitelial, lo que conlleva a una mejor salud intestinal (Samy & Elsherif, 2025) y que puede mejorar el rendimiento de crecimiento de los pollos de engorde (Ashour et al., 2025). Estos resultados van en la misma línea de los encontrados por González *et al.* (2024), quienes trabajaron con una mezcla probiótica al 5% y 7,5%, siendo el segundo, con una ganancia de peso total de 1412,8 gramos, el que presentó mejor eficiencia alimentaria, en comparación con el de control que obtuvo 1381 gramos.

En este trabajo se empleó lixiviado de un ensilado biológico a base de cabezas de langostino fermentado con bacterias acidolácticas (BAL), lo que modifica el perfil nutricional del alimento, se incrementa su digestibilidad y mejora la salud gastrointestinal de los pollos; este aliemnto fermentado posee probióticos vivos y ácido láctico (Predescu et al., 2024). Se menciona que una alta concentración de ácido láctico y pH bajo en el pienso inhibe el crecimiento bacteriano de, por ejemplo, *Salmonella typhimurium* y *Escherichia coli* en la dieta de pollos de engorde, lo que mejora la absorción de nutrientes (Niba, 2009). En ese sentido, los resultados de este estudio no coinciden con lo reportado por Wang *et al.* (2023), quienes evaluaron el

potencial de bacterias ácido lácticas que presentaron un mejor incremento de peso (510.12 gramos) en comparación con el grupo control (416.66 gramos).

4.3. Consumo de alimento:

En la figura 3 y la tabla 10 se presenta el consumo de alimento promedio de los pollos de engorde durante la fase experimental en el cual se evidenció una tendencia numérica a ser inferior en los tratamientos con ácidos orgánicos (T2: 2291 y T3: 2260 gramos por ave) en comparación con el grupo control (T1: 2402 gramos por ave), aunque sin diferencias significativas ($p > 0.05$) en la prueba de Tukey. Al considerarlo con el incremento de peso, se puede indicar que la menor ingesta de alimento en los tratamientos con ácidos orgánicos (142-111 gramos) no se tradujo en una reducción del crecimiento de las aves. Las aves que mantienen un desempeño productivo similar con un menor consumo de alimento, representan una ventaja productiva (Fathi et al., 2021).

Los resultados obtenidos en el presente estudio son consistentes con lo reportado por Akaichi et al. (2022), quienes señalaron que la suplementación con ácidos orgánicos, así como su combinación con ácidos húmicos, no generó efectos significativos sobre el rendimiento en pollos de engorde. Asimismo, estos hallazgos guardan relación con lo descrito por Borrás-Sandoval et al. (2020), quienes evaluaron un preparado microbiano con actividad ácido láctica y observaron que el grupo tratado con 7,5% de PM presentó la mejor respuesta en términos de peso final, ganancia de peso y consumo de alimento. En el presente estudio, si bien no se evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos, el tratamiento con ácido orgánico artesanal (T3), basado en ácido láctico, mostró valores numéricamente menores en consumo de alimento (2260 g) en comparación con el grupo control (2402 g), sin que esto se reflejara en diferencias en el crecimiento de las aves. Este comportamiento sugiere que la reducción en el consumo no afectó el desempeño productivo bajo las condiciones evaluadas.

Algunos estudios han reportado que la inclusión de ácidos orgánicos en dietas de pollos de engorde no produce cambios significativos en el consumo de alimento (Adil et al., 2010; Mahmoud et al., 2025). A pesar de esto, se menciona en estos mismos estudios que se puede mejorar otros parámetros productivos como el peso corporal o la conversión alimenticia sin generar diferencias en el consumo de alimento (Cai et al., 2025). Esto se puede explicar a la acción reductora de pH en el tracto intestinal, lo que limita el crecimiento de bacterias patógenas y permite un mejor aprovechamiento del alimento. Ayudando a que haya un mayor rendimiento aun cuando el consumo de alimento es similar.

Sin embargo, existen estudios que han reportado resultados diferentes. Se ha encontrado diferencia significativa en el consumo de alimento en aves suplementadas con ácido fórmico y cítrico de forma separada (Ndubisi et al., 2021). Esta contradicción puede asociarse a factores como el tipo de ácido orgánico y la dosis empleada (en este trabajo se vio limitada por el porcentaje de acidez titulable), como se mencionó en el apartado anterior.

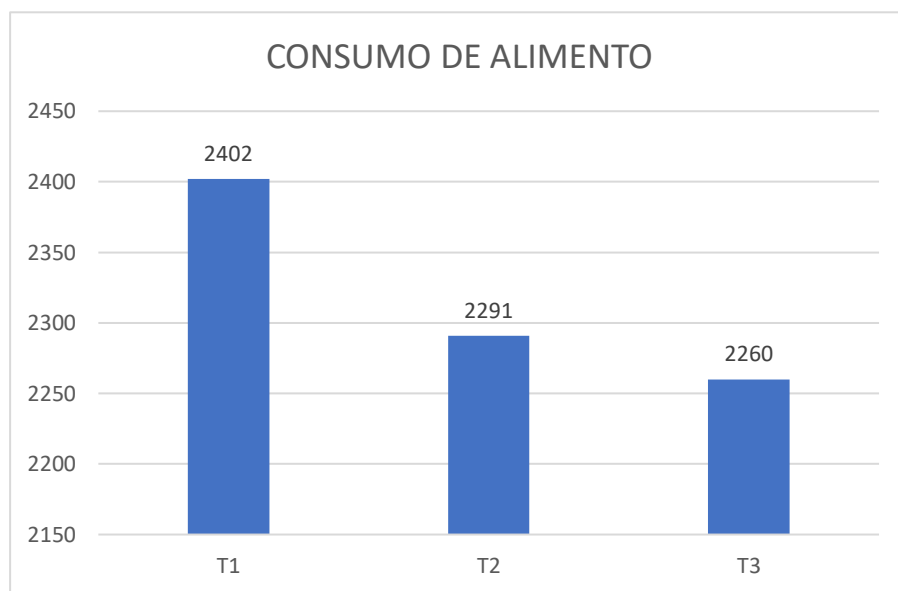


Figura 3: Consumo de alimento (en gramos) de los tres tratamientos

Otro aspecto que se debe considerar es la palatabilidad del alimento, se menciona que ácidos orgánicos, como el ácido láctico, le confieren un sabor ácido a los alimentos (Yamase et al., 2026), lo que significa una limitación en la nutrición avícola al ser un alimento menos palatable (El-Ghany, 2024). Esto parece coincidir con lo observado en la presente investigación, específicamente el T3 (ácido láctico derivado del ensilado biológico) que presentó menos consumo de alimento (2260 gramos), aunque sin diferencia significativa en comparación con el resto de tratamientos.

La ligera reducción en el consumo de alimento observada en los tratamientos T2 y T3 no puede atribuirse directamente a una mejora en la digestibilidad, ya que en el presente estudio no se estableció una relación consistente entre ambas variables. Aunque el T3 presentó un menor consumo en comparación con el T1 (-142 g), no registró los mayores valores de digestibilidad aparente. En consecuencia, esta variación en el consumo podría estar influenciada por otros factores distintos a la digestibilidad. Si bien algunos estudios han reportado que los ácidos orgánicos, particularmente el ácido cítrico, pueden mejorar la digestibilidad de nutrientes (Sharifuzzaman et al., 2025), en este estudio no se evidenció una correspondencia clara entre la digestibilidad aparente y el consumo de alimento.

Tabla 10: Prueba de comparación Tukey (al 95%) de los consumos de alimento de los tratamientos

Factor	PROMEDIO	TUKEY (0.05)
T1	2402	A
T2	2291	A
T3	2260	A

Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

4.4. Índice de conversión alimenticia (ICA)

A pesar de que el tratamiento T3 (ácido orgánico artesanal) presentó el menor índice de conversión alimenticia (ICA) promedio (1.53) (considerando que valores menores indican mayor eficiencia), en comparación con el grupo control (1.61) y el tratamiento con ácidos orgánicos comercial (1.66), la prueba Tukey (Tabla 11) indicó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$). Además, al analizar la variabilidad de los datos, se observó que los coeficientes de variación fueron elevados (21.5%–28.3%), lo que indica una alta dispersión entre individuos dentro de cada grupo. Las diferencias numéricas observadas pueden haber sido enmascaradas por la variabilidad biológica de las aves lo que explica la ausencia de significancia estadística. Por lo tanto, estas variaciones se interpretan como diferencias numéricas que no permiten establecer un efecto atribuible a los tratamientos.

Investigaciones mencionan que los ácidos orgánicos y las bacterias ácido lácticas favorecen las condiciones del tracto digestivo de las aves, optimizando la absorción y aprovechamiento de los nutrientes, lo que mejoraría el ICA de los animales (Ali et al., 2024; Pirgozliev et al., 2020). Debido a las limitaciones metodológicas, en el presente estudio, se consideró la morfología intestinal solo como un parámetro descriptivo y no fue posible establecer una relación entre la salud intestinal y el desempeño productivo de los animales tratados (ver apartado “vellosidades intestinales”).

Tabla 11: Prueba de Tukey (5%) y coeficiente de variación (%) para índice de conversión alimenticia (ICA) totales en cada tratamiento

CLAVE	ICA (media \pm DE)	CV (%)	TUKEY (0.05)
T1	1.61 \pm 0.35	21.46	A
T2	1.66 \pm 0.47	28.31	A
T3	1.53 \pm 0.41	26.64	A

Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

A pesar de ello, los resultados obtenidos en el ICA del tratamiento donde se empleó una mezcla comercial de ácido fórmico y cítrico (T2) con una dosis de 1kg/tonelada se asemejan a los reportados por Bourassa et al. (2018), quienes trabajaron con ácido fórmico a 4 y 6 kg/tonelada, obteniendo índices de conversión alimenticia de 1.60 y 1.64 respectivamente en un plazo de 6 semanas. Por su parte, dosis del 1% de ácido cítrico (10 gramos/kg) han producido ICA de 1.68; mientras que el ácido láctico, en la misma dosis, fue de 1.54 (Bhandari et al., 2021). La similitud entre estos valores reportados y los hallados en la evaluación de las aves de este estudio sugiere que, bajo determinadas condiciones experimentales, la inclusión de ácidos orgánicos no siempre se traduce en mejoras significativas en la conversión alimenticia. En este trabajo se emplearon dosis de 0.1% (T2) y 0.3% (T3), mostrando resultados similares sin significancia entre los tratamientos ($p>0.05$).

Cai et al. (2025) reportaron que la inclusión de ácidos orgánicos como el L-láctico, L-málico y acético en concentraciones de 0.25%, 0.5% y 1.0%, respectivamente, influyó en el índice de conversión alimenticia (ICA) de las aves. En su estudio, el tratamiento con mayor nivel de acidificación presentó el menor ICA a la sexta semana (1.41), en comparación con el grupo control (1.46). En contraste, en la presente investigación, la inclusión de acidificantes a niveles de 0.1% y 0.3% no generó diferencias significativas en el ICA respecto al grupo control ($p>0.05$). Estas discrepancias podrían asociarse con el tipo de ácido orgánico, los niveles de inclusión o las condiciones experimentales.

Considerando las condiciones sanitarias de este trabajo (óptimas, sin ningún tipo de desafío microbiológico), Polycarpo et al. (2017), en un metaanálisis de 121 estudios, demostraron que el efecto de los ácidos orgánicos sobre el rendimiento productivo es más pronunciado cuando las aves están sometidas a un desafío microbiológico. En condiciones controladas, el efecto marginal de los acidificantes tiende a no ser significativo (Giacomini et al., 2022). Como se esperaba, en este trabajo no hubo significancia en el índice de conversión alimenticia en los tratamientos evaluados, confirmando que el efecto depende del desafío microbiológico.

Como se ha mencionado anteriormente, los efectos de los ácidos orgánicos sobre el ICA dependen del tipo de ácido, la dosis y las condiciones experimentales. Para el ácido fórmico, algunos autores reportan una reducción del ICA (Ndubisi et al., 2021; Ding et al., 2017), mientras que otros no encuentran diferencias significativas, excepto en etapas tempranas (Abd El-Hack et al., 2024). Ragaa *et al.* (2016), establece que una dosis de 5 gr/kg aumenta significativamente el rendimiento de los pollos. En cuanto al ácido cítrico, se ha observado una mejora del ICA (Bagal et al., 2016), y la combinación de ácidos fórmico y cítrico a 0,75 g/kg también ha mostrado efectos positivos (Samy et al., 2026). No obstante, estos resultados no coinciden con los hallazgos del presente estudio, donde se utilizó una dosis de 1 g/kg de la mezcla comercial de ácido fórmico y cítrico sin diferencias significativas con el grupo control.

Los resultados de esta investigación no pueden atribuirse solo a variaciones en las dosis empleadas puesto que, como se ha visto anteriormente, el diseño de la investigación no permite separar el efecto de la dosis del tipo de ácido (0.1 frente a 0.3%). Pero las condiciones sanitarias del estudio parece que sí han tenido influencia en la no significancia de los resultados al no ser sometidos a ningún tipo de desafío microbiológico. Se ha demostrado que los ácidos orgánicos actúan reduciendo el pH del tracto digestivo, lo que inhibe bacterias patógenas sensibles (*E. coli*, *Salmonella* spp.) y favorece el crecimiento de microorganismos benéficos (Rashid et al., 2020). Este ambiente intestinal mejorado promueve una mayor digestión y absorción de nutrientes, lo que se traduce en una mejor conversión alimenticia.

Los valores de ICA obtenidos en el tratamiento T3 (1.53) son comparables a los reportados por Samy & Elsherif (2025), quienes observaron una reducción de 1.68 a 1.54 tras la suplementación con una mezcla de ácidos orgánicos, incluyendo ácido láctico. Otros mencionan que la suplementación de ácido láctico en el agua de bebida mejora el ICA (Ashour et al., 2025). Sin embargo, aunque en el presente estudio el T3 mostró el menor ICA, la diferencia solo fue de forma numérica y no se evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$).

Aunque los estudios citados mencionan que los ácidos orgánicos y sus derivados pueden influir en la digestibilidad y en las condiciones del tracto digestivo y, por ende, mejorar el índice de conversión alimenticia (ICA), en esta investigación no se evaluó de forma directa la relación entre la salud intestinal y parámetros productivos. En ese sentido, los resultados observados en la morfología intestinal, se limitan a ser una descripción puntual de las características evaluadas sin establecer relaciones (ver sección “Vellosidades intestinales”).

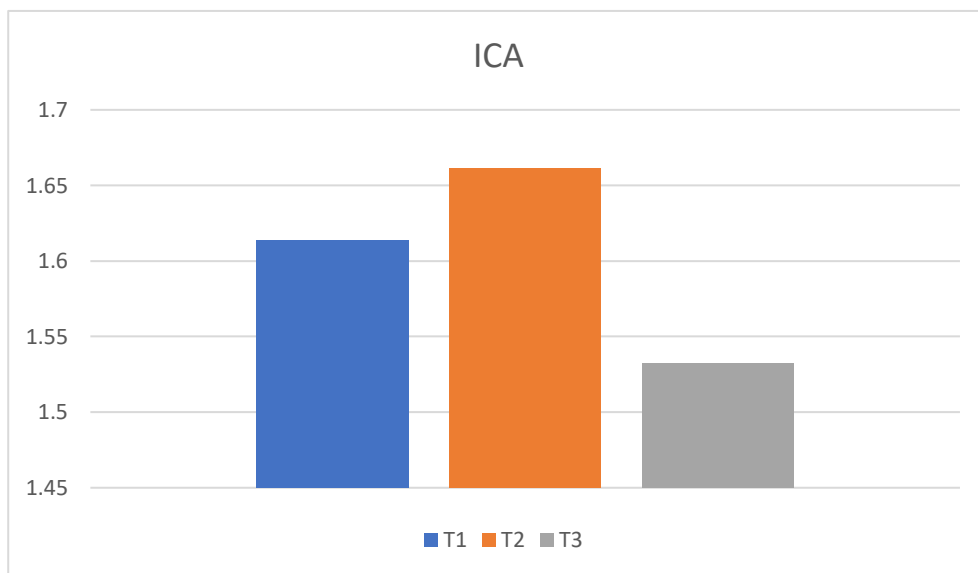


Figura 4: Índice de Conversión Alimenticia (ICA) totales en cada tratamiento

4.5. Digestibilidad aparente

La digestibilidad aparente corresponde a la evaluación de la retención de la materia seca del alimento en el organismo animal, donde un mayor nivel de retención indica una mejor digestibilidad. En este estudio, se determinó en cada uno de los tratamientos (Tabla 12), obteniéndose los siguientes resultados: T1 = 75.68%, T2 = 78.83% y T3 = 77.38%. Estos valores se calcularon a partir de la diferencia entre la materia seca consumida (alimento) y la materia seca excretada (heces), lo que permite estimar la fracción del alimento retenido por las aves.

De acuerdo con los resultados, los tratamientos con inclusión de ácidos orgánicos (T2 y T3) presentaron valores numéricamente mayores de digestibilidad aparente en comparación con el tratamiento control (T1), destacando el T2 con mayor valor. No obstante, el análisis de varianza (Tabla 13) no evidenció diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p=0.591$), lo cual coincide con la prueba de Tukey (Tabla 14) por lo que no se puede atribuir un efecto de los tratamientos sobre la digestibilidad aparente bajo las condiciones del estudio.

Tabla 12: Determinación de la digestibilidad aparente

	T1	T2	T3
Excretas (gr)	209.59	199.85	191.41
% MS de excretas	24.14	22.53	23.15
MS de excretas (gr)	50.59	45.02	44.32
Alimento (gr)	230.57	237.38	218.86
% MS Alimento	90.22%	89.59%	89.53%
MS de alimento (gr)	208.02	212.67	195.95
Retenido	157.43	167.64	151.63
Digestibilidad %	75.68	78.83	77.38

Tabla 13: Análisis de varianza de la digestibilidad aparente (%) según los tratamientos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	19.83	9.914	0.56	0.591
Error	9	160.10	17.789		
Total	11	179.93			

Tabla 14: Prueba de Tukey (5%) para digestibilidad aparente en cada tratamiento

Factor	Media	Tukey (0.05)
T1	75.68	A
T2	78.83	A
T3	77.38	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

La digestibilidad aparente de la materia seca fue numéricamente superior en los tratamientos con ácidos orgánicos: T2 (78.83%) y T3 (77.38%) en comparación con el control T1 (75.68%), pero sin significancia estadística ($p=0.591$), por lo que no es posible atribuir directamente el efecto de los tratamientos sobre la digestibilidad en las condiciones de este estudio. A pesar de ello, el valor observado en el T2 con respecto al T3, puede estar relacionado con las características de los ácidos orgánicos o la presencia de mezclas.

Esta diferencia podría estar asociada a factores como la composición de los ácidos utilizados, la presencia de fórmico y cítrico frente a una fuente predominantemente láctica. En este sentido, se ha reportado que el ácido cítrico puede mejorar la digestión del alimento al reducir la carga bacteriana gastrointestinal (Mamabolo et al., 2025), mientras que el ácido fórmico ha mostrado efectos positivos sobre la digestibilidad ileal de nutrientes (Hernández et al., 2006). Por su parte Kelechi et al. (2016), mencionan

que la adición de 0.25% de ácido fórmico o cítrico puede mejorar la digestibilidad de proteína y extractos etéreos. Considerando que algunos estudios mencionan que la mezcla de ácidos orgánicos proporciona mejores resultados que el uso de uno solo (Polycarpo et al., 2017), la superioridad numérica observada en el T2 podría estar asociada a una posible acción sinérgica de dos ácidos orgánicos (fórmico y cítrico) en contraste con el T3 donde solo se empleó el ácido láctico. No obstante, en el presente trabajo, por limitaciones metodológicas, no es posible determinar si estas diferencias están relacionadas al tipo de ácido o al nivel de inclusión o la interacción de ambos factores.

Es importante señalar que, en ambientes con condiciones sanitarias óptimas, el impacto de los ácidos orgánicos sobre los parámetros productivos y digestivos suele ser menos evidente (Akaichi et al., 2022), lo que explicaría la ausencia de diferencias significativas. Contrariamente, otros autores han reportado mejoras significativas en la digestibilidad con mezclas de ácidos orgánicos (Ndelekwute et al., 2019; Ghazalah et al., 2011), aunque con valores inferiores (64–70%) a los obtenidos en este estudio (75–79%). Estas variaciones pueden atribuirse a diferencias en la composición de las dietas, las dosis utilizadas y las condiciones experimentales.

En el presente estudio no se evaluó de forma directa la relación entre la morfología intestinal (Véase sección “Vellosoidades intestinales”) y la digestibilidad aparente. La medición de las vellosidades intestinales se realizó con fines descriptivos, lo que impide establecer asociaciones estadísticas entre estas variables. En consecuencia, las diferencias observadas entre tratamientos en la altura de las vellosidades no pueden interpretarse como un factor explicativo de la digestibilidad.

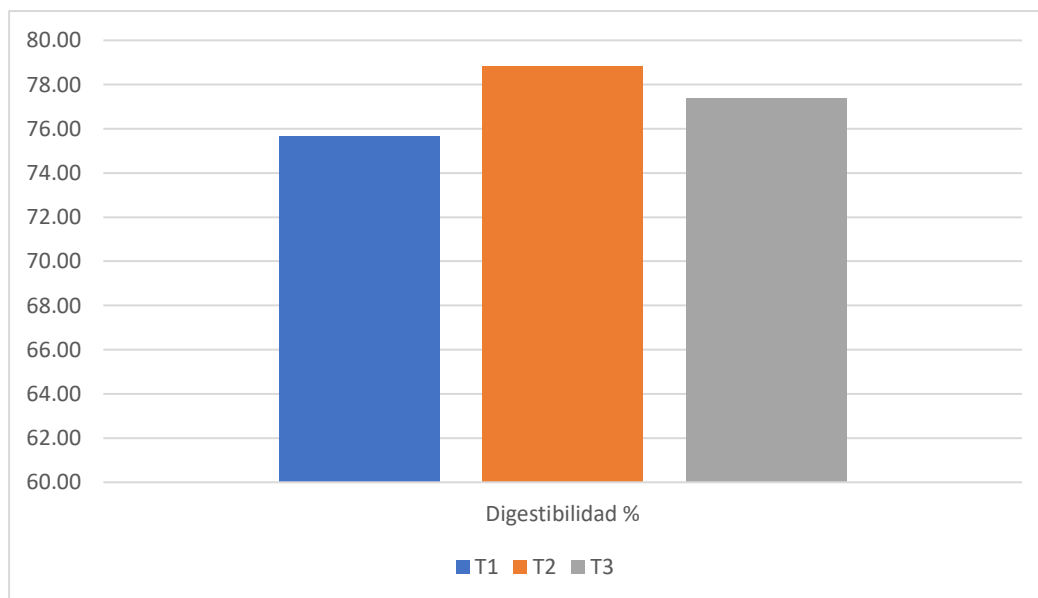


Figura: 5 Digestibilidad aparente (%) de los tratamientos

4.6. Mérito económico del alimento:

En la Tabla 15 y la Figura 6 se presentan los resultados correspondientes al mérito económico del alimento en los tratamientos evaluados. Se observa que el T3 alcanzó el mayor mérito económico (157.62%), seguido del T1 (140.34%), mientras que el T2 tuvo el valor más bajo (129.65%). Esta diferencia puede estar influenciada por el mayor costo del producto comercial utilizado en el T2 (precio de Formaxol™ s/.64.00/kg), lo que incrementó el costo de producción por kilogramo de alimento. En este sentido, parte de la menor rentabilidad observada en este tratamiento podría atribuirse al precio del aditivo más que a su efecto productivo.

A pesar de esto, en el análisis estadístico (Tablas 16 y 17), no se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.796$), lo que indica que las variaciones observadas corresponden únicamente a diferencias numéricas y no efectos atribuibles a los tratamientos evaluados.

Tabla 15: Mérito económico según cada tratamiento

	T1	T2	T3
ICA	1.61	1.66	1.53
Costo de alimento (por kg)	1.72	1.78	1.72
Costo de alimento (por kg) total	2.78	2.96	2.64
Precio del producto (por kg en s/.)	6.5	6.5	6.5
Ganancia	3.72	3.54	3.86
Mérito económico (%)	140.34	129.65	157.62

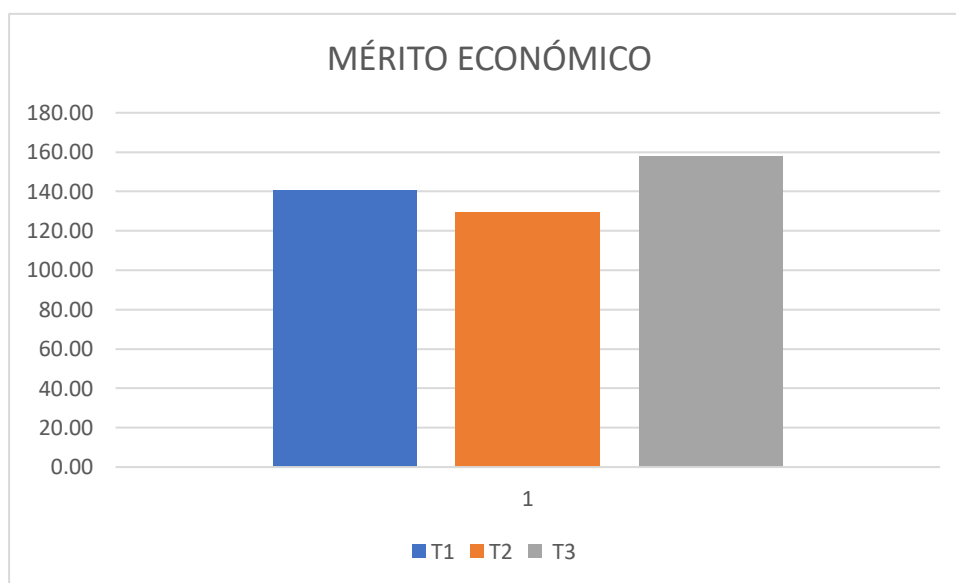


Figura 6: Mérito económico (%) de los tratamientos

El análisis del mérito económico se determinó a partir del Índice de Conversión Alimenticia (ICA), integrando los costos de alimentación y el valor comercial del peso vivo (Tabla 15). El Tratamiento 3 (T3), basado en lixiviado de ensilado biológico, demostró la mayor eficiencia biológica y económica con un ICA de 1.53, lo que derivó en el menor costo de alimentación por ave (S/ 2.64) y una rentabilidad superior de S/ 3.86. En contraste, el grupo control (T1) alcanzó una ganancia de S/ 3.72 (ICA 1.61), mientras que el T2 resultó ser el menos eficiente con una utilidad de S/ 3.54, producto de un ICA más elevado (1.66) y un costo alimenticio de S/ 2.96.

En este estudio, la inclusión de ácidos orgánicos, específicamente el ácido láctico derivado del lixiviado de cabezas de langostino en el T3, favoreció una reducción en el consumo sin comprometer la ganancia de peso. Aunque las diferencias estadísticas no fueron significativas, la tendencia numérica hacia un ICA más bajo en el T3 optimiza los costos de producción y mejora directamente la rentabilidad final del sistema productivo.

Estos resultados concuerdan con lo mencionado por Syam (2020) quienes en su estudio analizaron económicamente la adición de bacterias ácido lácticas en pollos, mostrando luego que, si bien la adición de BAL no aumenta el peso de canal, sí resulta ser más rentable. Rodríguez et al. (2024), encontraron que aditivos microbianos con actividad láctica mejora la conversión alimenticia (2.00) en comparación con otros aditivos, por lo tanto, se reduce la ingesta de alimento y hace más rentable la producción de pollos de engorde.

En aves de corral, la adición de BAL productoras de ácido láctico, en especial las del género *Lactobacillus*, no solo contribuye a mejorar la digestión del alimento, sino que también a la absorción de nutrientes además de neutralizar varias enterotoxinas y mejorar las respuestas inmunitarias (Ahmad et al., 2022; Al-Khalifa et al., 2019). Se menciona que BAL derivadas de la fermentación láctea poseen beneficios para la salud, incluyendo la modulación del sistema inmunitario, mejora de la salud intestinal, actividad antimicrobiana y antioxidantes (Taheur et al., 2017). Todos estos beneficios pudieron haber contribuido, en el caso del T3 (donde se empleó ácido láctico derivado del lixiviado del ensilado biológico), para que obtenga un ICA más bajo y, por lo tanto, menos costo de alimentación y ser el tratamiento donde se observó mejor mérito económico. Aunque las diferencias no son significativas, se observa que el T3 alcanzó el mayor mérito económico (157.62%).

Tabla 16: Análisis de varianza del mérito económico (g) según los tratamientos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	1593	796.7	0.23	0.796
Error	9	30575	3397.2		
Total	11	32169			

Tabla 17: Prueba de comparación Tukey (al 95%) del mérito económico de los tratamientos

Factor	PROMEDIO	TUKEY (0.05)
T1	140.3	A
T2	129.7	A
T3	157.6	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

4.7. Rendimiento de carcasa y órganos:

Para el rendimiento de carcasa, los resultados evidencian que los pollos evaluados presentaron valores similares entre tratamientos. El análisis de varianza (Tabla 18) indica la ausencia de diferencias significativas ($p > 0.05$), lo que sugiere que la inclusión de ácidos orgánicos (T2 y T3) no tuvo efecto sobre esta variable. Al observar los valores promedio (Tabla 19), se aprecia una ligera variación numérica entre los tratamientos, lo que indicaría que los ácidos orgánicos no influyen de manera determinante en el rendimiento de carcasa en pollos de engorde.

Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Qiu et al. (2023), quienes no encontraron diferencias significativas en el rendimiento de canal de pollos tratados con acidificantes orgánicos (mezcla de ácido L-málico y ácido L-láctico). De igual manera, Menconi et al. (2014), en su estudio sobre el uso de ácidos orgánicos durante el retiro de alimento previo al beneficio, tampoco evidenciaron variaciones en el rendimiento de la canal. Asimismo, Cai et al. (2025) reportaron resultados similares en cuanto al

porcentaje de rendimiento de carcasa en pollos alimentados con dietas suplementadas con ácidos orgánicos.

En contraste, Manvatkar et al. (2022) sí encontraron diferencias significativas en el porcentaje de rendimiento de carcasa, lo que sugiere que los efectos de estos compuestos pueden variar en función de las condiciones experimentales, las dosis empleadas y la composición de las dietas.

Tabla 18: Análisis de varianza del rendimiento de carcasa

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	5.513	2.757	0.18	0.833
Error	44	661.012	15.023		
Total	46	666.525			

Estos resultados no coinciden con lo encontrado por Kumar *et al.* (2019), quienes en su estudio adicionaron a la dieta de pollos de engorde un concentrado de mezcla con diferentes ácidos (diferentes concentraciones de ácido cítrico, fórmico y propiónico) orgánicos y sí mostraron diferencias significativas en los tratamientos sometidos a estas dietas en comparación con el control (70.38-68.96%).

Hay trabajo que indican que la suplementación de ácido cítrico en el agua a concentraciones de 0.5; 1.0 o 1.5% en pollos de engorde no afecta el rendimiento de la canal (Fik et al., 2021), tampoco si se administra a dosis de 2.4; 3.2 y 4.0 mg/kg en el alimento (Nourmohammadi et al., 2012). De igual forma, el ácido fórmico y la combinación de este con butírico no ha demostrado tener impacto en el rendimiento del canal en comparación con un grupo control (65.9; 66.5 y 66.3% respectivamente) (Sugiharto et al., 2019).

Tabla 19: Prueba de comparación Tukey (al 95%) del rendimiento de carcasa

Factor	PROMEDIO	TUKEY (0.05)
T1	76.86	A
T2	76.229	A
T3	76.081	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 20: Evaluación del rendimiento de carcasa y órganos

	T1	T2	T3
% carcasa	76.86 A	76.229 A	76.081 A
% Intestino	4.056 A	4.178 A	4.051 A
% Patas	4.332 A	4.522 A	4.522 A
% Hígado	2.703 A	2.644 A	2.337 A
% Bazo	0.1853 A	0.1844 A	0.2057 A
% Molleja	1.6126 A	1.6183 A	1.6709 A
% Corazón	0.5780 A	0.5774 A	0.5700 A
% Grasa	0.998 A	1.2175 A	0.862 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

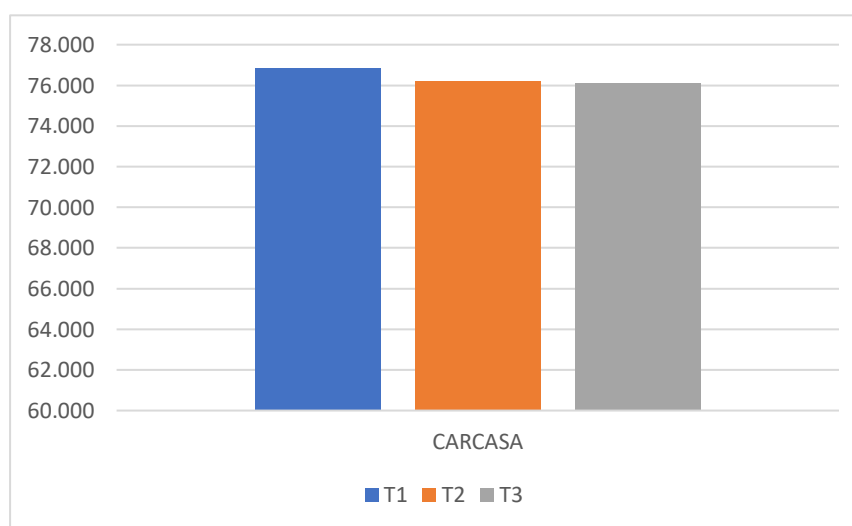


Figura 7: Comparación del rendimiento de carcasa (%) de los tratamientos.

En la tabla 20 se observan los resultados del rendimiento de los órganos relacionados con la digestión (hígado y molleja), metabólicos (bazo y corazón) y de descarte (patas e intestinos), además de la grasa. Se evidencia que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p > 0.05$). Esto indica, al igual que el rendimiento de carcasa, que la adición de ácidos orgánicos no genera alteraciones en el desarrollo de los órganos. Estos resultados son consistentes con lo reportado en investigaciones donde se evaluó la inclusión de ácido láctico en niveles más elevados (2% y 3%), sin diferencias significativas en el rendimiento de órganos como hígado, corazón y molleja, así como en otros componentes corporales (Adil et al., 2010). Los resultados de este estudio coinciden con lo reportado en la literatura, donde estos parámetros no presentan variaciones significativas aún bajo niveles de inclusión más elevados. Por lo tanto, es algo esperado.

En el caso de los órganos relacionados con la digestión, como el hígado, se observa que el T1 presentó un valor numéricamente mayor (2.703%) en comparación con el resto; sin embargo, esta diferencia no fue significativa ($p > 0.05$). De igual manera, en la molleja se observa un mayor valor en el T3 (1.6709%), pero sin diferencias significativas entre los demás tratamientos. Estos resultados coinciden con lo reportado por Palupi & Lubis, (2020) quienes mencionan que la adición de 0.75% de ácido propiónico no tiene un efecto significativo sobre el porcentaje de molleja e hígado (Figura 8).

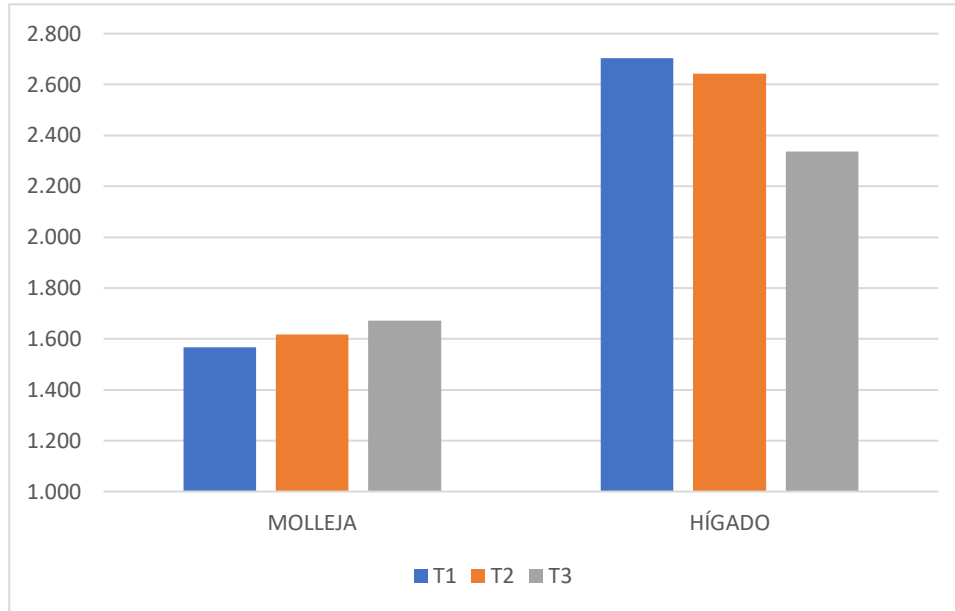


Figura 8: Comparación del rendimiento de los órganos digestivos (%), molleja e hígado, de los tratamientos

Por su parte, la relación del peso en los órganos metabólicos (como corazón y bazo) (Figura 9) se presentó una situación distinta, puesto que en el caso del bazo el valor más alto se observó en el T3 (0.2057%), lo que coincide con Ashour *et al.* (2025), quienes mencionan que el peso del bazo en pollos suplementados con ácido láctico aumenta. Mientras que, en el corazón, el T3 presentó la menor relación (0.57%), seguido del T2 (0.5774%) y T1 (0.5780%), aunque sin diferencia significativa, resultado que va en la línea de lo reportado por Majewska *et al.* (2009), quienes encontraron que el peso del corazón no varió significativamente al ser suplementados con ácido láctico (0.42%) en comparación con el grupo control (0.45%).

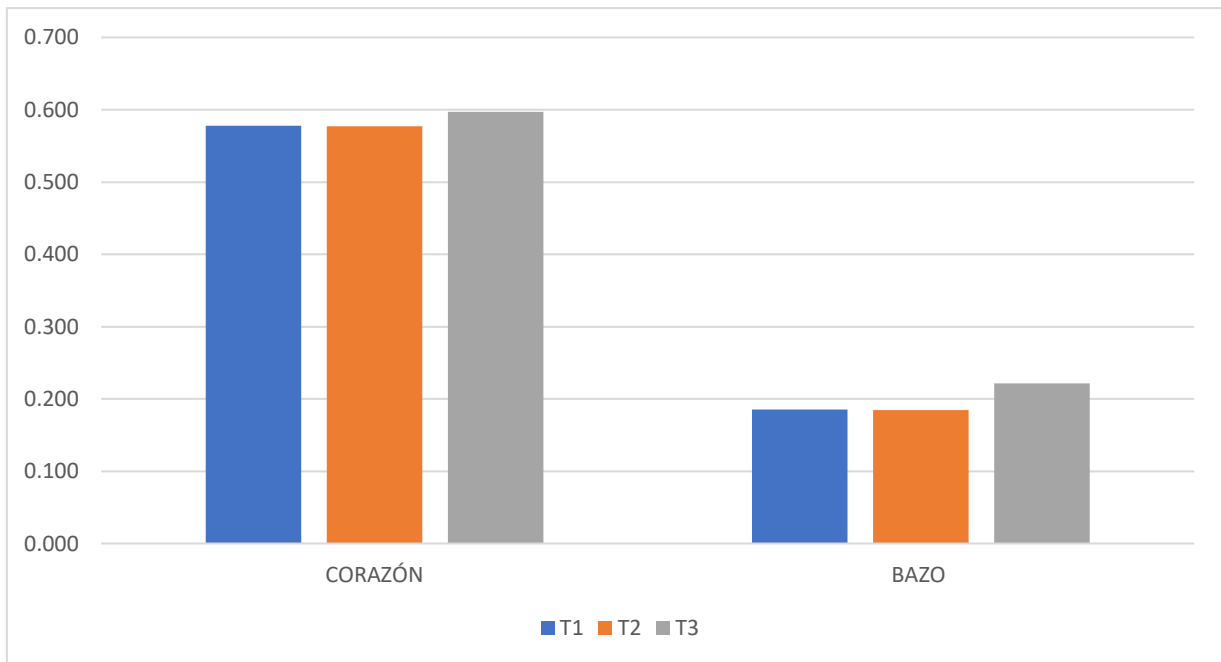


Figura 9: Comparación del rendimiento de los órganos metabólicos (%) de los tratamientos

Con respecto a los órganos de descarte (Figura 10), como los intestinos, el T2 presentó mayor valor numérico (4.178%), seguido del T1 (4.056%) y T3 (4.051%); sin embargo, sin diferencias significativas ($p > 0.05$). Estos valores están dentro del rango reportado por Iheanacho et al. (2022), quienes registraron una relación de 3.89%. Las patas tampoco presentaron diferencias significativas, lo cual difiere con Manvatkar *et al.* (2022), quienes dicen que el peso de menudencia fue mayor en pollos tratados con ácidos orgánicos. Considerando que el valor de la carne de pollo depende, no solo de la ausencia de residuos de antibióticos, sino de sus propiedades nutricionales (Kucheruk et al., 2019), el T3 (ácido láctico) presentó menos proporción de grasa, aunque no significativamente, lo que coincide con Rahman *et al.* (2012), quienes utilizaron una mezcla compuesta por ácido fumárico y sales de ácidos butírico, propiónico y láctico.

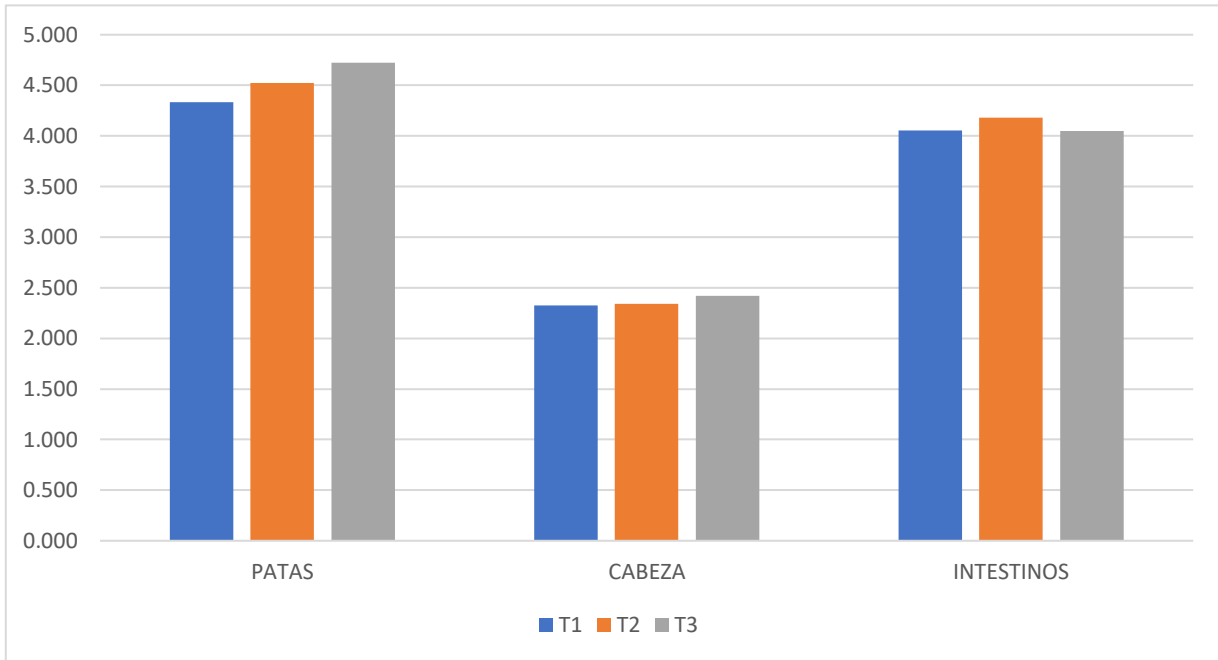


Figura 10: Comparación del rendimiento de los órganos y partes de descarte (%) de los tratamientos

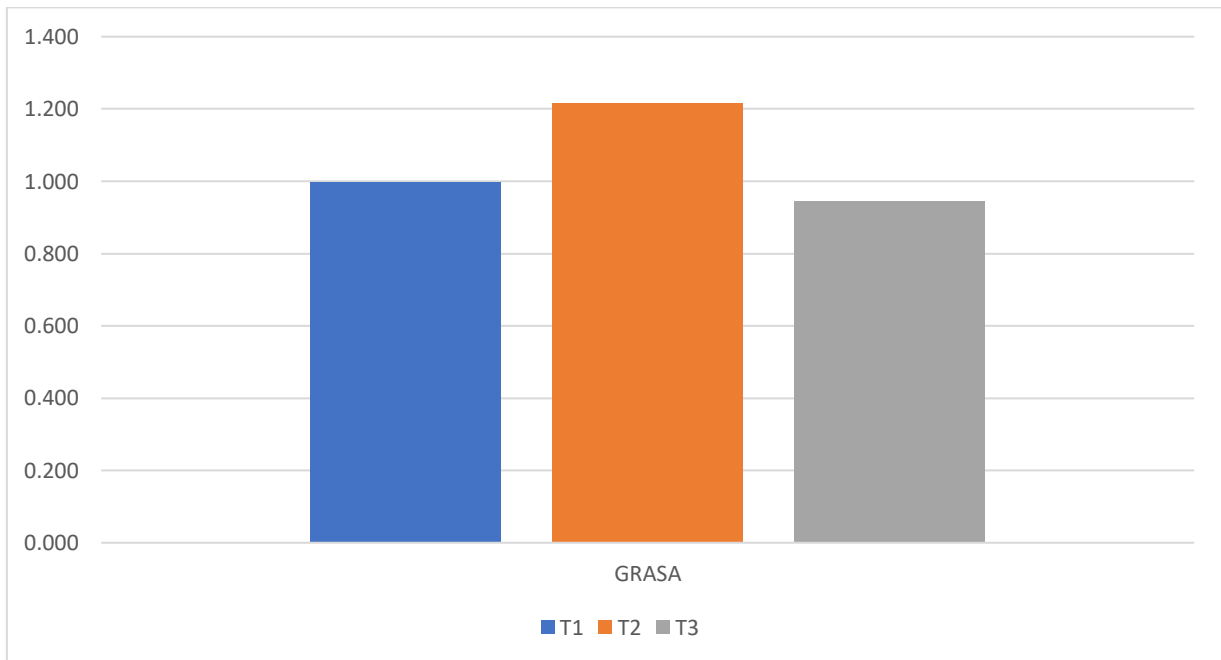


Ilustración 11: Rendimiento de grasa (%) de los tratamientos

4.8. Vellosidades intestinales:

De acuerdo al segundo objetivo específico del proyecto, se analizó el estado de salud intestinal de un ave por tratamiento, mediante la medición de características histomorfológicas como la altura de las vellosidades intestinales. En este contexto, los resultados obtenidos deben interpretarse como una descripción puntual de la morfología intestinal, sin intención de generalizar ni de realizar inferencias estadísticas entre tratamientos. Por esta razón, no se llevaron a cabo pruebas como ANOVA ni comparaciones múltiples entre tratamientos, ni fue posible establecer relaciones estadísticas entre las variables histológicas y los parámetros productivos evaluados.

En la tabla 21 se observan los resultados obtenidos para las características morfológicas de las vellosidades intestinales, las cuales muestran variaciones entre las aves de los tratamientos evaluados en cuanto a las dimensiones como largo, ancho, espesor de la pared y superficie total.

Tabla 21: Medida de vellosidades intestinales:

	T1	T2	T3
Largo (μm)	1706.533	1979.772	2162.594
Ancho (μm)	181.991	172.960	197.787
Pared (μm)	243.078	196.440	234.346
Superficie (μm^2)	310573.647	342421.365	427732.979

Con respecto al largo, el ave del T3 presentó un valor más alto (2162.594 μm), seguido por la del T2 (1979.772 μm) y el T1, que presentó el valor más bajo (1706.533 μm). Esto indica que las aves tratadas con ácido láctico derivado del lixiviado del ensilado biológico de cabeza de camarón (T3) podrían haber desarrollado microvellosidades más largas en comparación con el resto. Estos resultados se refuerzan con lo encontrado por Sun *et al.* (2022), donde se evidenció que la altura de las vellosidades a nivel de yeyuno era mayor en los animales que habían sido suplementados con ácidos orgánicos. Pero no están de acuerdo con lo reportado en estudios donde la suplementación con ácido cítrico incrementó la altura de las vellosidades intestinales

en duodeno, yeyuno e íleon (Khosravinia et al., 2015). Por su parte Dong *et al.*, (2024), dice que la altura de las vellosidades no se ve afectada cuando se suplementa con diferentes acidificantes y aceites esenciales.

El ave del T1 presentó mayor engrosamiento del tejido de la pared intestinal en la región del yeyuno (243.078 μm) seguida del T3 (234.346 μm) y T2 (196.440 μm), el cual desde el punto de vista fisiológico, una pared más gruesa mejora la capacidad de homogeneización del quimo y regula su velocidad de tránsito, lo que asegura un mayor tiempo de contacto con las enzimas digestivas y la extracción de nutrientes (Janicka et al., 2025).

Por otro lado, la superficie de las vellosidades de mayor valor fue la del ave del T3 (427732.979 μm^2), seguido del T2 (342421.365 μm^2), mientras que el T1 (310573.647 μm^2) registró el menor valor. Se podría afirmar que el ave del T3 tuvo un mayor desarrollo de la superficie de absorción intestinal. Por lo tanto, se sugiere que la adición de ácidos orgánicos pueden generar impacto en la morfología intestinal, al tener un efecto positivo en el largo de las vellosidades (Sun et al., 2022). Los cambios histológicos intestinales observados en los tratamientos donde se adicionó ácidos orgánicos (T2 y T3) aumentaron el área de superficie intestinal, lo que facilita a su vez la absorción de nutrientes y potencia la acción promotora de crecimiento de estas sustancias (Adil et al., 2010).

Esto se puede deber ya que la suplementación con ácidos orgánicos reduce significativamente los valores de pH en diferentes segmentos del tracto digestivo en pollos de engorde (Ragaa & Korany, 2016), lo que también le brinda una actividad antimicrobiana al alterar la fisiología normal de algunos tipos de bacterias que no toleran cambios en el pH (Van Immerseel et al., 2006). Esta acción antimicrobiana reduce el crecimiento y colonización de bacterias patógenas, por lo que el proceso infeccioso e inflamatorio de la mucosa intestinal es detenido y de esta forma se desarrollan bacterias benéficas como *Lactobacillus* (Mehdi et al., 2018; Nava et al., 2009). Diversos estudios demuestran que BAL son capaces de reducir con éxito

Salmonella spp (Carter et al., 2017). Al haber menos necesidades metabólicas en el huésped, aumenta la disponibilidad de nutrientes, lo que hace más aprovechable el alimento brindado (Mohammadagheri et al., 2016).

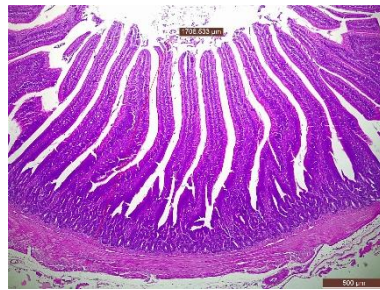
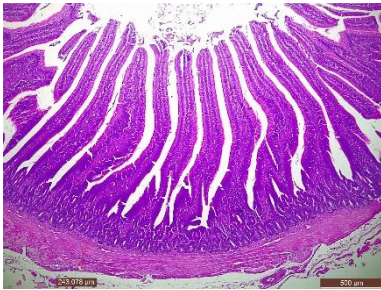
El empleo de ácidos orgánicos como aditivo en dietas para pollos de engorde sirve como un eficiente promotor de crecimiento, ya sea este de origen comercial o artesanal, puesto que se ha demostrado que no afectan los parámetros productivos. Si bien las diferencias en este trabajo no han sido significativas puesto que es sabido que en ambientes controlados la acción de los ácidos orgánicos se reduce (Polycarpo et al., 2017), los valores productivos han estado dentro de los rangos esperados. Los resultados de este trabajo son coherentes con la literatura que indica que los ácidos orgánicos mejoran la morfología intestinal y la eficiencia digestiva.

T1

Pared: 243.078 μm

Largo: 1706.533 μm

Ancho: 181.991 μm

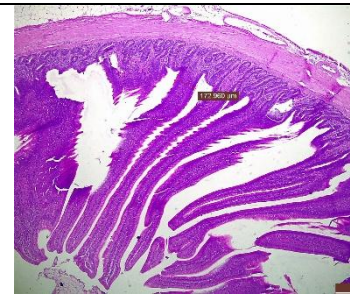
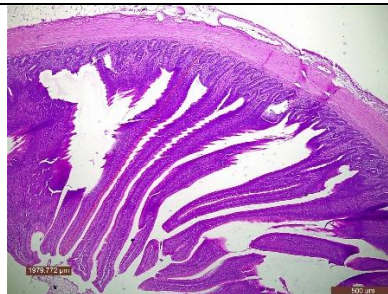
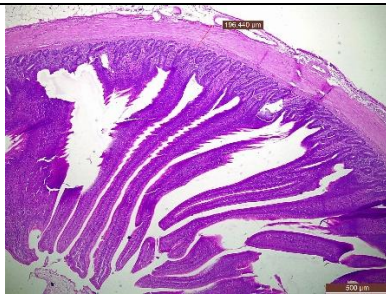


T2

Pared: 1966.44 μm

Largo: 1979.772 μm

Ancho: 172.960 μm



T3

Pared: 234.346 μm

Largo: 2162.594 μm

Ancho: 197.787 μm

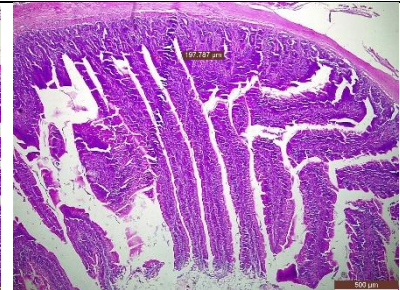
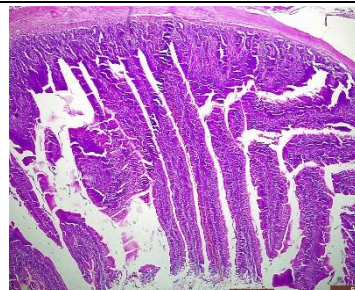
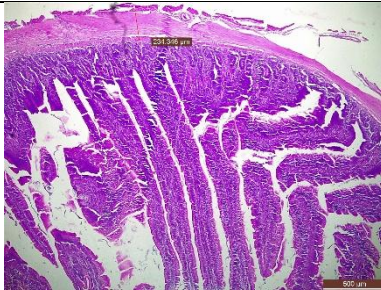


Figura 12: Microfotografías representativas con tinción de hematoxilina que muestra la estructura de la pared intestinal de un pollo por tratamiento (T1, T2 y T3). La sección visible corresponde al yeyuno (a 20 cm del duodeno), a una escala de 500 μm . 10x.

V. CONCLUSIONES:

La relación de acidez titulable entre el lixiviado y el producto comercial fue de 6.6:1, lo que implicaba una dosis elevada del lixiviado para igualar el aporte ácido. Por ello, se optó por emplear un nivel de inclusión de 0.3% para su evaluación.

La inclusión de ácidos orgánicos en las dosis evaluadas (0.1% de mezcla comercial y 0.3% de lixiviado artesanal) no generó diferencias estadísticamente significativas en los parámetros productivos de pollos de engorde criados en condiciones sanitarias óptimas.

El tratamiento con ácido láctico artesanal (T3) mostró diferencia numérica en el índice de conversión alimenticia (1.53) y el mérito económico (157.62%), sugiriendo un posible beneficio sobre la eficiencia alimenticia y la rentabilidad.

La suplementación con lixiviado de ensilado biológico (T3) incrementó la altura de vellosidades intestinales (2162.59 μm) y la superficie de absorción (427732.98 μm^2) en comparación con los demás tratamientos, indicando un efecto positivo sobre la morfología intestinal.

No se observaron diferencias significativas en el rendimiento de carcasa ni en el peso relativo de órganos entre los tratamientos evaluados, lo que indica que los ácidos orgánicos no afectan negativamente estos parámetros.

VI. RECOMENDACIONES:

1. Hacer comparación de los mismos tipos de ácidos de forma separada en presentaciones comerciales con el producto artesanal.
2. Probar diferentes dosis de ácidos orgánicos artesanales superiores a las utilizadas
3. Realizar el mismo estudio, con las mismas dosis, pero con pollos expuestos a bacterias patógenas.
4. Comparar el efecto de diferentes presentaciones de ácidos orgánicos en otras especies de interés zootécnico.
5. Esta investigación se realizó en el mes de octubre (primavera en el hemisferio sur), se recomienda realizarla en otras estaciones, por ejemplo, en verano o invierno, donde las temperaturas varían y en algunos casos hay condiciones poco favorables.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Abd El-Hack, M. E., Ashour, E. A., Youssef, I. M., Elsherbeni, A. I., Tellez-Isaias, G., Aldhalmi, A. K., Swelum, A. A., & Farag, S. A. (2024). Formic acid as an antibiotic alternative in broiler diets: Effects on growth, carcass characteristics, blood chemistry, and intestinal microbial load. *Poultry Science*, 103(9), 103973. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103973>
- Adhikari, P., Yadav, S., Cosby, D., Cox, N., Jendza, J., & Kim, W. (2020). Research Note: Effect of organic acid mixture on growth performance and *Salmonella Typhimurium* colonization in broiler chickens. *Poultry Science*, 2645-2649. [doi:https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.037](https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.037)
- Adil, S., Bandy, T., Bhat, G. A., Mir, M. S., & Rehman, M. (2010). Effect of Dietary Supplementation of Organic Acids on Performance, Intestinal Histomorphology, and Serum Biochemistry of Broiler Chicken. *Veterinary Medicine International*, 2010, 479485. <https://doi.org/10.4061/2010/479485>
- Ahmad, R., Yu, Y.-H., Hsiao, F. S.-H., Su, C.-H., Liu, H.-C., Tobin, I., Zhang, G., & Cheng, Y.-H. (2022). Influence of Heat Stress on Poultry Growth Performance, Intestinal Inflammation, and Immune Function and Potential Mitigation by Probiotics. *Animals*, 12(17). <https://doi.org/10.3390/ani12172297>
- Ahumada, D., Morales Erazo, L., Abella, J., & González Cárdenas, I. (2019). Técnicas de titulación ácido-base: Consideraciones metrológicas. *Revista Colombiana de Química*, 48, 26-34. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v48n1.72401>
- Akaichi, A., Jebali, A., Benlarbi, M., Mahjoub, T., Kaboudi, K., Chaouacha-Chekir, R. B., Haouas, Z., & Boudhrioua, N. (2022). Effects of humic acid and organic acids supplements on performance, meat quality, leukocyte count, and histopathological changes in spleen and liver of broiler chickens. *Research in Veterinary Science*, 150, 179-188. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2022.07.001>

- Alhujaili, W., Hafiz, H. A., Alshehry, G., Aldhalmi, A. K., Khan, M. M. H., Kamal, M., & El-Mekkawy, M. M. F. (2026). Modulating cecal microbiota and systemic physiology in broilers through non-antibiotic dietary approaches. *Journal of Applied Poultry Research*, 35(1), 100635. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2025.100635>
- Ali, A. A. S., Salman, A. M., Elnasri, I. M., & Elnasri Hamza, H. A. (2024). Effect of Lactic Acid bacteria as Feed Additive on Growth Performance, Intestinal Flora and Serum Parameters in Broilers. *Journal of Applied Veterinary Sciences*, 9(4), 89-96. <https://doi.org/10.21608/javs.2024.317769.1409>
- Al-Khalaifa, H., Al-Nasser, A., Al-Surayee, T., Al-Kandari, S., Al-Enzi, N., Al-Sharrah, T., Ragheb, G., Al-Qalaf, S., & Mohammed, A. (2019). Effect of dietary probiotics and prebiotics on the performance of broiler chickens. *Poultry Science*, 98(10), 4465-4479. <https://doi.org/10.3382/ps/pez282>
- Archana, K., Zuyie, R., Geetanjali, K., & Virdyarthi, K. (2016). Organic Acid Supplementation in the Diet of Broiler Chicken—A Review. *LIVESTOCK RESEARCH INTERNATIONAL*, 4(4), 112-119.
- Ashour, E. A., Al-Ardhi, S. A., Abd El-Hack, M. E., Elsherbeni, A. I., Elolimy, A. A., Madkour, M., Tufarelli, V., & Swelum, A. A. (2025). Effects of lactic acid and herbal blend as antibiotic alternatives on growth, carcass traits, blood chemistry, and microbial load in broiler chickens. *Poultry Science*, 104(5), 105050. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105050>
- Ashy, M. A., & Abou-Zeid, A. A. (1982). Production of Citric Acid. *Zentralblatt für Mikrobiologie*, 137(5), 395-405. [https://doi.org/10.1016/S0232-4393\(82\)80018-8](https://doi.org/10.1016/S0232-4393(82)80018-8)
- Bagal, V. L., Khatta, V. K., Tewatia, B. S., Sangwan, S. K., & Raut, S. S. (2016). Relative efficacy of organic acids and antibiotics as growth promoters in broiler chicken. *Veterinary World*, 9(4), 377-382. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.377-382>
- Beltrán, F. (2018). Estudio de la viabilidad del reciclado mecánico del políácido láctico) y sus nanocomposites. Universidad politécnica de Madrid
- Bhandari, R., Dhungana, R., & Neupane, P. (2021). EFFECT OF ORGANIC ACID AS A FEED SUPPLEMENT ON GROWTH PERFORMANCE OF BROILER. *Sustainability in Food and Agriculture*, 2(2), 57-60. <https://doi.org/10.26480/sfna.02.2021.57.60>
- Borrás-Sandoval, L. M., Torres-Vidales, G., Mora-Arias, J., & Mendoza, L. A. A. (2020). Efecto de un preparado microbiano con actividad ácido láctica en los indicadores productivos de pollos de engorde. *CEDAMAZ*, 10(2), 27-31.

- Bourassa, D. V., Wilson, K. M., Ritz, C. R., Kiepper, B. K., & Buhr, R. J. (2018). Evaluación de la adición de ácidos orgánicos en el alimento y/o agua para pollos de engorde y la posterior recuperación de Salmonella Typhimurium de la cama y los ciegos 1. Poultry Science, 97(1), 64-73. <https://doi.org/10.3382/ps/pex289>
- Brudnicki, A., Brudnicki, W., Szymeczko, R., Bednarczyk, M., Pietruszynska, D., & Kirkillo-Stacewicz, K. (2017). Histo-morphometric adaptation in the small intestine of broiler chicken, after embryonic exposure to a—Galactosides. J. Anim. Plant. Sci, 27, 1075–1082.
- Cai, F., Huang, M., Liu, W., Wan, X., Qiu, K., & Xu, X. (2025). Dietary addition of compound organic acids improves the growth performance, carcass trait, and body health of broilers. Frontiers in Nutrition, 12. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1536606>
- Carter, A., Adams, M., La Ragione, R. M., & Woodward, M. J. (2017). La colonización de las aves de corral por Salmonella Enteritidis S1400 se reduce mediante la administración combinada de Lactobacillus salivarius 59 y Enterococcus faecium PXN-33. Veterinary Microbiology, 199, 100-107. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2016.12.029>
- Castillo García, W. E., Sánchez Suárez, H. A., & Ochoa Mogollón, G. M. %J R. de I. V. del P. (2019). Evaluación del ensilado de residuos de pescado y de cabeza de langostino fermentado con Lactobacillus fermentus aislado de cerdo. 30(4), 1456-1469.
- Costa, P. El futuro de los aditivos en alimentación animal. Ácidos orgánicos de cadena corta y aceites esenciales como promotores del crecimiento. Racve.es. Recuperado el 11 de febrero de 2024, de <https://www.racve.es/wp-content/uploads/2013/04/Anales-RACVE-8.pdf#page=109>
- de Lucio, E. (2007). LOS ÁCIDOS GRASOS VOLATILES, FUENTE DE ENERGÍA EN LOS RUMIANTES. Unam.mx, obtenido de <https://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol1/CVv1c09.pdf>
- de Nina, R. H., & Norma. (2014). Crianza, producción y comercialización de Pollos de engorde. Editorial Macro.
- Deng, Z.-C., Cao, K.-X., Huang, Y.-X., Peng, Z., Zhao, L., Yi, D., Liu, M., & Sun, L.-H. (2025). Comprehensive cultivation of the broiler gut microbiota guides bacterial isolation from chickens. Science China Life Sciences, 68(3), 836-845. <https://doi.org/10.1007/s11427-024-2735-8>
- Ding, X., Yang, C. W., Yang, Z. B., Yang, W. R., Jiang, S. Z., & Wen, K. E. Y. (2017). Effects of feed acidifiers on growth performance, caecum microflora and nutrient and energy

- utilisation in broilers. *European Poultry Science*, 81, 1-13.
<https://doi.org/10.1399/eps.2017.180>
- Dong, Y., Gao, X., Qiao, C., Han, M., Miao, Z., Liu, C., Yan, L., & Li, J. (2024). Effects of Mixed Organic Acids and Essential Oils in Drinking Water on Growth Performance, Intestinal Digestive Capacity, and Immune Status in Broiler Chickens. *Animals*, 14(15).
<https://doi.org/10.3390/ani14152160>
- Dudeja, I., Mankoo, R. K., Singh, A., & Kaur, J. (2023). Citric acid: An ecofriendly cross-linker for the production of functional biopolymeric materials. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 36, 101307. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101307>
- El-Ghany, W. A. A. (2024). Applications of Organic Acids in Poultry Production: An Updated and Comprehensive Review. *Agriculture*, 14(10). <https://doi.org/10.3390/agriculture14101756>
- Esquer, J. C. (2020). *Manual de Probióticos*.
- Estela, W., Rychtera, M., Melzoch, K., Quillama, E., & Egoavil, E. (2007). Producción de ácido láctico por *Lactobacillus plantarum* L10 en cultivos batch y continuo. *Rev. peru. biol.*, 14(2), 271-276.
- FAO y OMS. (2006). Probióticos en los alimentos: Propiedades saludables y nutricionales y directrices para la evaluación. <https://www.fao.org/3/a0512s/a0512s00.pdf>
- Fathi, M. M., Galal, A., Al-Homidan, I., Abou-Emera, O. K., & Rayan, G. N. (2021). Residual feed intake: A limiting economic factor for selection in poultry breeding programs. *Annals of Agricultural Sciences*, 66(1), 53-57. <https://doi.org/10.1016/j.aogas.2021.03.001>
- Feng, S., Xiang, S., Bian, X., & Li, G. (2020). Quantitative analysis of total acidity in aqueous lactic acid solutions by direct potentiometric titration. *Microchemical Journal*, 157, 105049. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105049>
- Fik, M., Hrnčár, C., Hejniš, D., Hanusová, E., Arpášová, H., & Bujko, J. (2021). The Effect of Citric Acid on Performance and Carcass Characteristics of Broiler Chickens. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*, 54(1).
- Gao, C.-Q., Shi, H.-Q., Xie, W.-Y., Zhao, L.-H., Zhang, J.-Y., Ji, C., & Ma, Q.-G. (2021b). Dietary supplementation with acidifiers improves the growth performance, meat quality and intestinal health of broiler chickens. *Animal Nutrition*, 7(3), 762-769. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.01.005>
- Gerzilov, V., & Hristakieva, P. (2025). Organic acids supplementation in poultry nutrition: A review. *Open Veterinary Journal*, 15(8), 3448-3458. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2025.v15.i8.8>

- Ghazalah, A. A., Atta, A. M., Elkloub, K., Moustafa, M. E., & Shata, R. F. H. (2011). Effect of Dietary Supplementation of Organic Acids on Performance, Nutrients Digestibility and Health of Broiler Chicks. *International Journal of Poultry Science*, 10(3), 176-184. <https://doi.org/10.3923/ijps.2011.176.184>
- Giacomini, P. V., Braga, F. S. C., Araujo, R., Cruz-Polycarpo, V. C., & Polycarpo, G. V. (2022). Meta-Analysis of Butyric Acid: A Performance-Enhancing Additive to Replace Antibiotics for Broiler Chickens. <https://agris.fao.org/search/en/records/6474820b79cbb2c2c1b9589a>
- Giannina, B., Acquistapace, M., Rodríguez, S., & Caterina, R. (2018). Efecto de la aplicación de ácido láctico sobre *Listeria monocytogenes* en carne envasada al vacío en Uruguay. *REVISTA DEL LABORATORIO TECNOLÓGICO DEL URUGUAY*(15), 7-14. doi:10.26461/15.06
- Golcalves, A., dos Santos, L., de Andrade, C., Freitas, R., & Bittencourt, F. (2025). Cellular effect of lactic acid bacteria and their metabolites against animal production bacteria. *Total Environment Microbiology*, 1(2). doi:<https://doi.org/10.1016/j.temicr.2025.100013>
- González, S., Icochea, E., Reyna, P., Guzmán, J., Cazorla, F., Lúcar, J., ... & San Martín, V. (2013). Efecto de la suplementación de ácidos orgánicos sobre los parámetros productivos en pollos de engorde. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 24(1), 32-37.
- González, S. P. R., Sandoval, L. M. B., & Giovanny, T. V. (2024). Effect of a probiotic mixture with lactic acid activity on productive and allometric indicators in broiler chickens. *Veterinary World*, 17(7), 1490-1496. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.1490-1496>
- Grasso, N., Alonso-Miravalles, L., & O'Mahony, J. A. (2020). Composition, Physicochemical and Sensorial Properties of Commercial Plant-Based Yogurts. *Foods*, 9(3), 252. <https://doi.org/10.3390/foods9030252>
- Guerrero, A. (s/f). Lista de Especies de Galápagos. Fundación Charles Darwin. Recuperado el 10 de febrero de 2024, de <https://www.darwinfoundation.org/es/datazone/checklist?species=5091>
- Hashim, I. B., Khalil, A. H., & Habib, H. (2009). Quality and acceptability of a set-type yogurt made from camel milk. *Journal of Dairy Science*, 92(3), 857-862. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1408>
- Hernández, F., García, V., Madrid, J., Orengo, J., Catalá, P., & Megías, M. D. (2006). Effect of formic acid on performance, digestibility, intestinal histomorphology and plasma

- metabolite levels of broiler chickens. *British Poultry Science*, 47(1), 50-56. <https://doi.org/10.1080/00071660500475574>
- Huang, J., Fangshen, G., Abbas, W., Hu, Z., Liu, L., Qiao, J., . . . Wang, Z. (2024). Effects of microencapsulated essential oils and organic acids preparation on growth performance, slaughter characteristics, nutrient digestibility and intestinal microenvironment of broiler chickens. *Poultry Science*, 103. doi:<https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103655>
- Huang, J., Xu, T., Guo, F., Bi, R., Lu, H., Li, P., . . . Wang, Z. (2025). Effects of drinking water supplemented with essential oils and organic acids mixtures on growth performance and intestinal health of broilers challenged with necrotic enteritis. *Poultry Science*, 104, 1-12. doi:<https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104712>
- Hulan, H., & Proudfoot, F. (1984). Effect of Different Levels of Dietary Sorbic Acid on General Performance and Incidence of Leg Abnormalities of Commercial Broilers Reared to Roaster Weight. *Poultry Science*, 63(9), 1800-1802. <https://doi.org/10.3382/ps.0631800>
- Humam, A. M., Loh, T. C., Foo, H. L., Samsudin, A. A., Mustapha, N. M., Zulkifli, I., & Izuddin, W. I. (2019). Effects of Feeding Different Postbiotics Produced by *Lactobacillus plantarum* on Growth Performance, Carcass Yield, Intestinal Morphology, Gut Microbiota Composition, Immune Status, and Growth Gene Expression in Broilers under Heat Stress. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 9(9), 644. <https://doi.org/10.3390/ani9090644>
- Iheanacho, G., Iwuji, T., Ogamba, M., & Odunfa, O. (2022). RELACIÓN ENTRE EL PESO VIVO, LOS ÓRGANOS INTERNOS Y EL PESO DE LAS PARTES DEL CUERPO DE LOS POLLOS DE ENGORDE. *Revista Malasia de Ganadería*, 2(2), 64-66. <https://doi.org/10.26480/mahj.02.2022.64.66>
- Janicka, L., Dajnowska, A., Osiak-Wicha, C., Kras, K., Flis, M., Woźniak, K., & Arciszewski, M. B. (2025). Comparative Analysis of Gastrointestinal Morphology and Enteric Nervous System Organization in Mallard, Tufted Duck, and Green-Winged Teal. *Animals : an Open Access Journal from MDPI*, 15(17), 2511. <https://doi.org/10.3390/ani15172511>
- Józefiak, D., Kaczmarek, S., Bochenek, M., & Rutkowski, A. (2007). A note on effect of benzoic acid supplementation on the performance and microbiota population of broiler chickens. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 16, 252-256.
- Kareem, K. Y., Loh, T. C., & Foo, H. L. (2021). Effect of New Feed Additive on Growth Performance and Immunoglobulin of Broilers. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 761(1), 012110. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/761/1/012110>

- Kelechi Ndelekwute, E., Enyenihi, G., & Linus Unah, U. (2016). Dietary effects of different organic acids on growth and nutrient digestibility of broiler. *Bangladesh Journal of Animal Science*, 45(2), 10. <https://doi.org/10.3329/bjas.v45i2.29802>
- Khosravinia, H., Nourmohammadi, R., & Afzali, N. (2015). Productive performance, gut morphometry, and nutrient digestibility of broiler chicken in response to low and high dietary levels of citric acid. *Journal of Applied Poultry Research*, 24(4), 470-480. <https://doi.org/10.3382/japr/pfv050>
- Kim, Y. B., Park, J., Lee, H. G., Song, J. Y., Kim, D. H., Ji, W., Joo, S. S., Kim, M., Jung, J. Y., Kim, M., & Lee, K. W. (2024). Dietary probiotic *Lactocaseibacillus paracasei* NSMJ56 modulates gut immunity and microbiota in laying hens. *Poultry Science*, 103(4), 103505. <https://doi.org/10.1016/J.PSJ.2024.103505>
- Kirimura, K., Honda, Y., & Hattori, T. (2011). *Citric Acid*. 3, 135-142. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-088504-9.00169-0>
- Kucheruk, M., Midyk, S., Zasekin, D., & Ushkalov, B. (2019). FATTY ACID CONTAINMENT IN ORGANIC CHICKEN-BROILERS MEAT AND TRADITIONAL GROWING. *ResearchGate*, 13(4). <https://doi.org/10.15673/fst.v13i4.1570>
- Kumar, A., Azad, H., Ali, S., & Alam, P. (2019). Evaluation of Growth and Carcass Characteristics of Broiler Chickens (Cobb 500) Feed on Different Level of Organic Acids Inclusion in Diet at Parwanipur. *Nepalese Veterinary Journal*, 36, 137-147. <https://doi.org/10.3126/nvj.v36i0.27773>
- La vida agrícola revista mensual: Órgano de los intereses agrícolas y ganaderos del Perú. (1925). Edificio Italo.
- Latimer, G. (2023). Métodos oficiales de análisis de AOAC INTERNATIONAL (22.a ed.). edición en línea. <https://academic.oup.com/aoac-publications/book/45491/chapter-abstract/445544218?redirectedFrom=fulltext>
- Lee, A., Maks-Warren, N., Aguilar, V., Swicegood, B., Halik, L., Warren, J., O'Neill, E., Meents, J., & Tejayadi, S. (2024). El uso combinado de procesamiento a alta presión y fermento que contiene ácido láctico para la inactivación de *Salmonella*, *E. coli* productora de toxina Shiga y *Listeria monocytogenes* en alimentos crudos para mascotas. *Journal of Food Protection*, 87(12), 100390. <https://doi.org/10.1016/j.ifp.2024.100390>
- Línea, J. (2002). Poblaciones de *Campylobacter* y *Salmonella* asociadas con pollos criados en cama acidificada. *Ciencia avícola*, 81 (10), 1473–1477. doi:10.1093/ps/81.10.1473
- Linstromberg, W. W. (1977). *Curso breve de química orgánica*. Reverte.
- Macy, R. (1976). *Química orgánica simplificada*. España: S. e.

- Mahmoud, E., M. S., R., & Ibtesam A. M., S. (2025). IMPACT OF ORGANIC ACIDS SUPPLEMENTATION ON GROWTH PERFORMANCE, NUTRIENT DIGESTIBILITY, AND SOME BLOOD PARAMETERS IN BROILER CHICKS. *Egyptian Poultry Science Journal*. <https://doi.org/10.21608/epsj.2025.440400>
- Majewska, T., Pudyszak, K., Kozłowski, K., Bohdziewicz, K., & Matusievičius, P. (2009). WHEY AND LACTIC ACID IN BROILER CHICKENS NUTRITION. *VETERINARIJA IR ZOOTECHNIKA*, 47(69), 56-60.
- Makofane, V., Ng'ambi, J. W., & Gunya, B. (2022). The Effect of Citric Acid Supplementation on Growth Performance, Digestibility and Linear Body Measurement of Ross 308 Broiler Chickens: A Review. *Indian Journal of Animal Research*. <https://arccjournals.com/journal/indian-journal-of-animal-research/BF-1433>
- Mamabolo, M. V., Ng'ambi, J. W., & Gunya, B. (2025). Effect of Citric Acid on Carcass Characteristics and Physico Chemical Attributes of Broiler Chickens: A Review. *Indian Journal of Animal Research*, 59(4), 541. <https://doi.org/10.18805/IJAR.BF-1633>
- Manvatkar, P. N., Kulkarni, R. C., Awandkar, S. P., Chavhan, S. G., Durge, S. M., Avhad, S. R., Channa, G. R., & Kulkarni, M. B. (2022). Performance of broiler chicken on dietary supplementation of protected organic acids blend. *British Poultry Science*, 63(5), 633-640. <https://doi.org/10.1080/00071668.2022.2076211>
- Martínez, R. C. (2008). *El canario isabela*. Editorial HISPANO EUROPEA.
- Mehdi, Y., Létourneau-Montminy, M.-P., Gaucher, M.-L., Chorfi, Y., Suresh, G., Rouissi, T., Brar, S. K., Côté, C., Ramirez, A. A., & Godbout, S. (2018). Use of antibiotics in broiler production: Global impacts and alternatives. *Animal Nutrition*, 4(2), 170-178. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.03.002>
- Menconi, A., Kuttappan, V. A., Hernandez-Velasco, X., Urbano, T., Matté, F., Layton, S., Kallapura, G., Latorre, J., Morales, B. E., Prado, O., Vicente, J. L., Barton, J., Filho, R. L. A., Lovato, M., Hargis, B. M., & Tellez, G. (2014). Evaluación de un producto de ácido orgánico disponible comercialmente sobre la pérdida de peso corporal, el rendimiento de la canal y la calidad de la carne durante la retirada de alimento previa al sacrificio en pollos de engorde: Una perspectiva económica y de bienestar avícola 1. *Poultry Science*, 93(2), 448-455. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03444>
- Mogollon, C. R., Mogollon, C. R., Mogollón, G. O., Aguilera, R. A., Ortíz, J. Q., & Suárez, H. S. (2021). Producción y evaluación de inóculos lácteos probióticos obtenidos del tracto digestivo de lechón (*Sus scrofa domesticus*) propuestos para alimentación porcina.

- Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 12(1), 120-137.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i1.5445>
- Mohammadagheri, N., Najafi, R., & Najafi, G. (2016). Effects of dietary supplementation of organic acids and phytase on performance and intestinal histomorphology of broilers. *Veterinary Research Forum*, 7(3), 189-195.
- Moradi, M., Kousheh, S. A., Almasi, H., Alizadeh, A., Guimarães, J. T., Yilmaz, N., & Lotfi, A. (2020). Postbiotics produced by lactic acid bacteria: The next frontier in food safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(6), 3390-3415.
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12613>
- Nain, S., Renema, R., Zuidhof, M., & Korver, D. (2012). Effect of metabolic efficiency and intestinal morphology on variability in n-3 polyunsaturated fatty acid enrichment of eggs. *Poult Sci*, 91(4), 888-898. doi:10.3382/ps.2011-01661
- Nath, S., Hossain, M., Ferdous, M., Siddika, A., Hossain, A., Maruf, A., . . . Chandra, T. (2023). Effects of antibiotic, acidifier, and probiotic supplementation on mortality rates, lipoprotein profile, and carcass traits of broiler chickens. *Veterinary and Animal Science*, 22. doi:<https://doi.org/10.1016/j.vas.2023.100325>
- Nava, G. M., Attene-Ramos, M. S., Gaskins, H. R., & Richards, J. D. (2009). Molecular analysis of microbial community structure in the chicken ileum following organic acid supplementation. *Veterinary Microbiology*, 137(3), 345-353.
<https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2009.01.037>
- Ndelekwute, E., Unah, U., & Udoh, U. (2019). Efecto de los ácidos orgánicos de la dieta sobre la digestibilidad de los nutrientes, la humedad fecal, el pH y la viscosidad del contenido digestivo de pollos de engorde. 6(2), 40-43.
- Ndubisi, D., Jabbar, A., Talha, M., Rauf, A., Javaid, H., Usama, M., Irm, N., & Hassan, S. (2021, agosto 1). Response of Starter Broiler Chickens to Feed Diets Treated with Organic Acids [Text]. *Advancements in Life Sciences*. (World). <https://www.als-journal.com/839-21/>
- Niba, A. (2009). Potential of bacterial fermentation as a biosafe method of improving feeds for pigs and poultry. *African Journal of Biotechnology*, 8(9), 1758-1767.
- Nourmohammadi, R., Hosseini, S. M., Farhangfar, H., & Bashtani, M. (2012). Effect of citric acid and microbial phytase enzyme on ileal digestibility of some nutrients in broiler chicks fed corn-soybean meal diets. *Italian Journal of Animal Science*, 11(1), e7.
<https://doi.org/10.4081/ijas.2012.e7>
- Ospina, I. (2010). FICHA TÉCNICA ÁCIDO FÓRMICO. <https://www.dqisa.com/wp-content/uploads/2020/12/ACIDO-FORMICO.pdf>

- Palupi, R., & Lubis, F. (2020). THE EFFECT OF PROPIONIC ACID ADDITION IN POULTRY DIETS ON THE INTERNAL ORGANS OF BROILER CHICKENS. *Jurnal Kedokteran Hewan - Indonesian Journal of Veterinary Sciences*, 14(3). <https://doi.org/10.21157/j.ked.hewan.v14i3.15280>
- Peña García, P., Querevalú Ortiz, J., Ochoa Mogollón, G., & Sánchez Suárez, H. (2020). Biological silage of shrimp waste fermented with lactic acid bacteria: Use as a biofertilizer in pasture crops and as feed for backyard pigs. *Scientia Agropecuaria*, 11(4), 459-471. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2020.04.01>
- Pirgozliev, V. R., Mansbridge, S. C., Westbrook, C. A., Woods, S. L., Rose, S. P., Whiting, I. M., Yovchev, D. G., Atanasov, A. G., Kljak, K., Staykova, G. P., Ivanova, S. G., Karakeçili, M. R., Karadaş, F., & Stringhini, J. H. (2020). Feeding dihydroquercetin and vitamin E to broiler chickens reared at standard and high ambient temperatures. *Archives of Animal Nutrition*, 74(6), 496-511. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2020.1820807>
- Polycarpo, G. V., Andretta, I., Kipper, M., Cruz-Polycarpo, V. C., Dadalt, J. C., Rodrigues, P. H. M., & Albuquerque, R. (2017). Meta-analytic study of organic acids as an alternative performance-enhancing feed additive to antibiotics for broiler chickens. *Poultry Science*, 96(10), 3645-3653. <https://doi.org/10.3382/ps/pex178>
- Predescu, N. C., Stefan, G., Rosu, M. P., & Papuc, C. (2024). Fermented Feed in Broiler Diets Reduces the Antinutritional Factors, Improves Productive Performances and Modulates Gut Microbiome—A Review. *Agriculture*, 14(10). <https://doi.org/10.3390/agriculture14101752>
- Proañón, J., & Piñeros, Y. (2014). Evaluación de la producción de ácido láctico a partir de cascarilla de arroz por *Lactobacillus delbrueckii*. *MUTIS*, 4(1). doi:<https://doi.org/10.21789/22561498.908>
- Producción Avícola. (1968). España: EUNED.
- Putri, A., Wiryawan, K., Toharmat, T., & Suharti, S. (2019). Potential of lactic acid bacteria from asam durian as a probiotic candidate for chicken. 9th Annual Basic Science International Conference 2019 . doi:10.1088/1757-899X/546/6/062019
- Qiu, K., Chen, Z., Zheng, A., Chang, W., Cai, H., Zhang, X., & Liu, G. (2023). Augmentation of Performance, Carcass Trait, Biochemical Profile and Lipid Metabolism Concerning the Use of Organic Acidifier in Broiler Chickens. *Agriculture*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/agriculture13091765>

- Ragaa, N. M., & Korany, R. M. S. (2016). Studying the effect of formic acid and potassium diformate on performance, immunity and gut health of broiler chickens. *Animal Nutrition*, 2(4), 296-302. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2016.08.003>
- Ragaa, N. M., Korany, R. M. S., & Mohamed, F. F. (2016). Effect of Thyme and/or Formic Acid Dietary Supplementation on Broiler Performance and Immunity. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 5th International Conference «Agriculture for Life, Life for Agriculture», 10, 270-279. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.09.064>
- Rahman, M., Rahman, A., Mahiuddin, M., & Rahman, M. (2012). Efecto de la suplementación con ácidos orgánicos en el rendimiento de la puesta, la grasa corporal y la calidad del huevo de las gallinas. *Bangladesh Journal of Animal Science*, 37(2). <https://doi.org/10.3329/bjas.v37i2.9884>
- Rashid, Z., Mirani, Z. A., Zehra, S., Gilani, S. M. H., Ashraf, A., Azhar, A., Al-Ghanim, K. A., Al-Misned, F., Al-Mulahim, N., Mahboob, S., & Galani, S. (2020). Enhanced modulation of gut microbial dynamics affecting body weight in birds triggered by natural growth promoters administered in conventional feed. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(10), 2747-2755. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.06.027>
- Riaz, R., Ahmed, I., Raza, A., Khan, Y., Ahsan, U., & El, D. (2025). Response of different infection models in broiler chickens against supplemental Organic acid – A review. *Microbial Pathogenesis*, 204, 1-14. doi:<https://doi.org/10.1016/j.micpath.2025.107527>
- Ríos, C. D. O. (2003). Guía para alimentación animal y elaboración de concentrados. Convenio Andrés Bello.
- Rodríguez, S., Borrás, L., & Torres, G. (2024). Efecto de una mezcla probiótica con actividad de ácido láctico sobre los indicadores productivos y alométricos en pollos de engorde. *Mundo Veterinario*, 17(7), 1490-1496. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.1490-1496>
- Rojas, A., Montaña, L., & Bastidas, M. (2015). PRODUCCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO A PARTIR DEL LACTOSUERO UTILIZANDO LACTOBACILLUS DELBRUECKII SUBSP. BULGARICUS Y STREPTOCOCCUS THERMOPHILUS. *RCQ*, 44(3), 5-10. doi:<https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v44n3.55604>
- Saboya, D. S. P., Lacheros, S., & Serrato, J. C. (2024). Evaluación de la producción de ácido láctico a partir de un clúster de microorganismos nativos de una biorrefinería colombiana. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 26(2), 8-20. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v26n2.112366>

- Samy, A., & Elsherif, H. M. R. (2025). Butyric, lactic, and propionic acids with their salts as natural growth promoters in broilers. *Scientific Reports*, 15(1), 41166. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-26549-1>
- Samy, A., Hassan, H. M. A., & Elsherif, H. M. R. (2026). Synergistic roles of citric and formic acids and their salts on broiler health and performance. *British Poultry Science*, 1-11. <https://doi.org/10.1080/00071668.2025.2606833>
- Say, D. (2024). Physicochemical, colour, microbiology, sensory and mineral attributes of set-type yoghurt produced from *Gundelia tournefortii* L. and its gum. *Journal of Food Science and Technology*, 61(11), 2166-2176. <https://doi.org/10.1007/s13197-024-05987-1>
- Schmerold, I., van Geijlswijk, I., & Gehring, R. (2023). European regulations on the use of antibiotics in veterinary medicine. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 189, 106473. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2023.106473>
- Schöner, F. J. (2001). Nutritional effects of organic acids. *CIHEAM*, 55–61. <https://om.ciheam.org/om/pdf/c54/01600011.pdf>
- Shabani, A., Jazi, V., Ashayerizadeh, A., & Barekatin, R. (2019). Inclusion of fish waste silage in broiler diets affects gut microflora, cecal short-chain fatty acids, digestive enzyme activity, nutrient digestibility, and excreta gas emission. *Poultry Science*, 98(10), 4909-4918. <https://doi.org/10.3382/PS/PEZ244>
- Shah, A., Mehmood, S., Raziq, F., Khan, M., Ullah, A., Abbas, Y., Hassan, S., Ahmad, S., Manzoor, S., & Khan, K. (2025). Effect of water at different pH levels adjusted with organic and inorganic acidifiers on the growth performance, blood biochemistry, carcass yield, and meat physicochemical properties of broilers. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 49(5), 189-198. <https://doi.org/10.55730/1300-0128.4390>
- Sharifuzzaman, M., Mun, H.-S., Ampode, K. M. B., Laguna, E. B., Park, H.-R., Kim, Y.-H., Hasan, M. K., & Yang, C.-J. (2024). Optimizing broiler growth, health, and meat quality with citric acid- assessing the optimal dose and environmental impact: Citric acid in Broiler Health and Production. *Poultry science*. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104668>
- Sirisopapong, M., Shimosato, T., Okrathok, S., & Khempaka, S. (2023). Assessment of lactic acid bacteria isolated from the chicken digestive tract for potential use as poultry probiotics. *Animal Bioscience*, 36(8), 1209-1220. doi:<https://doi.org/10.5713/ab.22.0455>
- Suaréz, W., & Medina, A. (2021). PRODUCCIÓN DE BIOMASA PROBIÓTICA Y ÁCIDO LÁCTICO A PARTIR DE LACTOSUERO DULCE. *Conference Proceedings*.
- Sugiharto, S., Yudiarti, T., Widiastuti, E., Wahyuni, I., Sartono, T., Nurwantoro, N., & Al-Baarri, A. (2019). Effect of dietary supplementation of formic acid, butyric acid or their

- combination on carcass and meat characteristics of broiler chickens. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 44(3), 286-294.
- Sun, H. Y., Zhou, H. B., Liu, Y., Wang, Y., Zhao, C., & Xu, L. M. (2022). Comparison of organic acids supplementation on the growth performance, intestinal characteristics and morphology, and cecal microflora in broilers fed corn-soybean meal diet. *Animal Bioscience*, 35(11), 1689-1697. <https://doi.org/10.5713/ab.21.0448>
- Syam, R. (2020). Economic Analysis of Lactic Acid Bacteria (LAB) of Broiler on Percentage of Carcass Weight. *Indonesian Journal of Veterinary Science*, 1, 60. <https://doi.org/10.22146/ijvs.v1i2.47307>
- Taheur, F. B., Fedhila, K., Chaieb, K., Kouidhi, B., Bakhrouf, A., & Abrunhosa, L. (2017). Adsorption of aflatoxin B1, zearalenone and ochratoxin A by microorganisms isolated from Kefir grains. *International Journal of Food Microbiology*, 251, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.03.021>
- Tixicuro, J. M. F., Chanfrau, J. M. P., Céspedes, I. S. S. de, Fiallos, M. V. L., & Pérez, J. N. (2021b). Optimización estadística de un bioproceso de ácido láctico a partir de lactosuero. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(3), 3259-3274. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i3.530
- Tugnoli, B., Giovagnoni, G., Piva, A., & Grilli, E. (2020). From Acidifiers to Intestinal Health Enhancers: How Organic Acids Can Improve Growth Efficiency of Pigs. *Animals: an Open Access Journal from MDPI*, 10(1), 134. <https://doi.org/10.3390/ani10010134>
- Van Immerseel, F., Russell, J. B., Flythe, M. D., Gantois, I., Timbermont, L., Pasmans, F., Haesebrouck, F., & Ducatelle, R. (2006). The use of organic acids to combat *Salmonella* in poultry: A mechanistic explanation of the efficacy. *Avian Pathology*, 35(3), 182-188. <https://doi.org/10.1080/03079450600711045>
- Van, T. T., Chin, J., Chapman, T., Tran, L. T., & Coloe, P. J. (2008). Safety of raw meat and shellfish in Vietnam: An analysis of *Escherichia coli* isolations for antibiotic resistance and virulence genes. *Int J Food Microbiol*, 124(3), 217-223. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.03.029>
- Velasco, S., Rodríguez, ML., Alzueta, MC., Rebolé, A. y Ortiz, LT. (2010). Los prebióticos tipo inulina en alimentación aviar. I: características y efectos a nivel intestinal. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 87–104.
- Waghmare, S., Gupta, M., Bahiram, K. B., Korde, J. P., Bhat, R., Datar, Y., Rajora, P., Kadam, M. M., Kaore, M., & Kurkure, N. V. (2025). Effects of organic acid blends on the growth

- performance, intestinal morphology, microbiota, and serum lipid parameters of broiler chickens. *Poultry Science*, 104(1), 104546. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104546>
- Wang, L., Lin, Z., Ali, M., Zhu, X., Zhang, Y., Li, S., Li, K., Kebzhai, F., & Li, J. (2023). Effects of lactic acid bacteria isolated from Tibetan chickens on the growth performance and gut microbiota of broiler. *Frontiers in Microbiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1171074>
- Weissermel, K., Arpe, H. (1981). *Química orgánica industrial*. España: Editorial Reverte.
- Wenk, C. (2003). Growth promoter alternatives after the ban on antibiotics. *CAB Reviews Perspectives in Agriculture Veterinary Science Nutrition and Natural Resources*, 2003. <https://doi.org/10.1079/cabreviews20033051981>
- Yamase, Y., Takebe, K., Horie, K., Mitoh, Y., Yamashita, A., & Yoshida, R. (2026). Insights into the taste of organic acids via TAS1Rs. *Journal of Oral Biosciences*, 68(1), 100731. <https://doi.org/10.1016/j.job.2025.100731>
- Yang, Y., Hong, J., Zhang, Z., Zheng, M., Zhao, J., Fang, X., . . . Fang, C. (2024). Oral supplementation with lactic acid bacteria improve the intestinal epithelial barrier and gut microbiota of broiler chicks to alleviate *Salmonella* Enteritidis infection. *Poultry Science*, 103(12). doi:<https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104385>
- Zapata, J. (2023). Ensilado biológico de cabeza de *Penaeus vannamei* fermentado con bacterias nativas en la producción de pollos de engorde, Tumbes 2022. UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES.
- Zhang, J., Cai, K., Mishra, R., & Jha, R. (2020). In ovo supplementation of chitooligosaccharide and chlorella polysaccharide affects cecal microbial community, metabolic pathways, and fermentation metabolites in broiler chickens. *Poultry Science*, 99(10), 4776-4785. <https://doi.org/10.1016/J.PSJ.2020.06.061>

VIII. ANEXOS:

Anexo 1: Preparación del ensilado A): cocción de las cabezas de langostino, B): Preparación del inóculo de BAL en leche (5%)





C: Adición de melaza en una proporción del 25% para el ensilado biológico



D: Mezcla del ensilado biológico

E. Composición de la leche empleada para el inóculo de BAL, Leche evaporada BONLÉ (Información extraída del empaque):

INFORMACIÓN NUTRICIONAL		
Tamaño de porción	:	100 g
Porciones por envase	:	4
Cantidades por porción		
Energía (kcal)		132
Energía de la grasa (kcal)		68
	100 g	% RD*
Grasa total (g)	7.5	10%
Grasa saturada (g)	4.7	24%
Grasas trans (g)	0	-
Colesterol (mg)	23	8%
Sodio (mg)	100	5%
Carbohidratos totales (g)	10.0	4%
Fibra dietaria (g)	0	0%
Azúcares totales (g)	10.0	11%
Azúcares añadidos (g)	0	-
Proteínas (g)	6.0	12%
Calcio (mg)	220	22%
Fósforo (mg)	180	26%
Vitamina A (µgRE)	240	30%
Vitamina C (mg)	6	6%
Vitamina D (µg)	1.5	30%
Los porcentajes de requerimiento diario (%RD) indican la contribución de un nutriente en una porción de alimento en una dieta diaria. Como recomendación nutricional general se indica la ingesta de 2000 Kcal al día		
*Aporte de nutrientes expresados como% RD según CODEX/FDA/UE		

Anexo 2: Preparación del alimento y alimentación de los pollitos

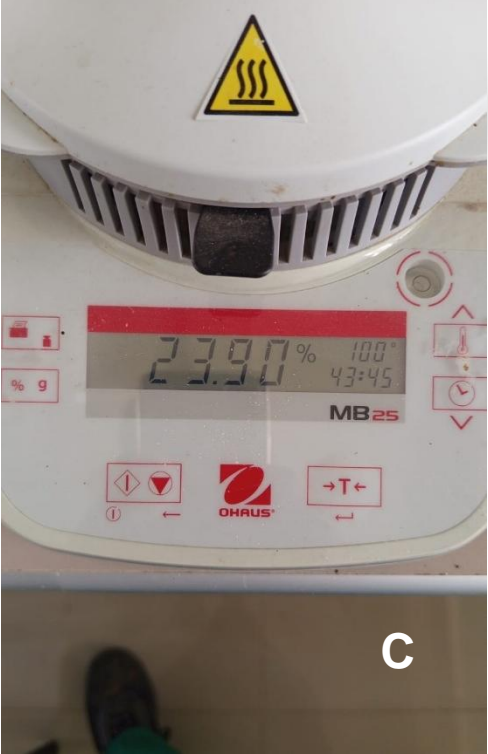


A: Molienda del maíz utilizado en las dietas

B: Maíz molido

C: Alimentación de los pollitos por tratamiento

Anexo 3: Toma de datos





- A: Recolección y pesado de heces
- B: Horno empleado para el cálculo de MS en heces
- C: Analizador de humedad empleado para obtener el % de humedad en heces
- D: Pesado de vísceras
- E: Comparación de vísceras de un pollo por tratamiento
- F: Comparación de vísceras, patas y carcasa

Anexo 4: Muestra para corte histológicos



A: Pollos seleccionados por tratamiento para la extracción de muestras

B: Tamaño de intestinos por tratamiento (T1 más largo)



Anexo 5: Dosis del producto comercial FORMAXOL™ recomendada por el fabricante

Programa básico de uso para pollos de engorde



Inicial

FormaXOL™ 1kg/ton



Crecimiento

FormaXOL™ 1kg/ton



Terminación

FormaXOL™ 1kg/ton

Anexo 6: CUADRO DE CONGRUENCIA ENTRE EL PROYECTO E INFORME FINAL

Objetivos		Hipótesis	Variables	T	Dosis	n/T		Resultados
General	Específicos							
<p>Evaluar comparativamente el efecto de promotores de crecimiento formulados con ácidos orgánicos, uno de origen comercial (fórmico y cítrico) * y otro de elaboración artesanal (láctico), sobre indicadores zootécnicos.</p>	<p>Determinar una dosis funcional de los ácidos orgánicos, basada en parámetros fisicoquímicos como el pH y el porcentaje de acidez.</p> <p>Analizar el estado de salud intestinal de los pollos mediante la medición de características histomorfológicas como la altura de las vellosidades intestinales.</p> <p>Evaluar el efecto comparativo de los ácidos orgánicos sobre parámetros productivos como ganancia de peso,</p>	<p>Existen diferencias significativas en los parámetros productivos (como la ganancia de peso, la conversión alimenticia y la salud intestinal) de los pollos de engorde suplementados con ácidos orgánicos de origen comercial (fórmico y propiónico)*, en comparación con aquellos suplementados con ácido láctico artesanal</p>	<p>Independiente:</p> <p>El efecto acidificante de los ácidos orgánicos de origen comercial (propiónico y fórmico) y de origen artesanal (láctico) en el tracto gastrointestinal de los pollos.</p> <p>Dependiente:</p> <p>Promoción de las características productivas de pollos de engorde (Broiler) en etapa de crecimiento y acabado</p>	T1	Control	Proyecto	15	<p>El porcentaje de acidez titulable del producto comercial (T2) fue de 29.43% y del lixiviado (T3) fue de 4.47%. No se encontraron diferencias significativas ($p>0.05$) en los parámetros productivos entre tratamientos. Sin embargo, el tratamiento T3 presentó el menor índice de conversión alimenticia (1.53) y el mayor mérito económico (157.62%). En la morfometría intestinal, el T3</p>
						Informe***	18	
				T2	0.1% de mezcla comercial de ácido fórmico y cítrico (Formaxol™)**	Proyecto	15	
						Informe	18	
				T3	0.3% de ácido láctico de origen artesanal (lixiviado)	Proyecto	15	

	conversión alimenticia y consumo de alimento en pollos.	obtenido mediante ensilado biológico de cabezas de langostino.				Informe	18	mostró mayor altura de vellosidades (2162.59 μm) y superficie de absorción (427732.98 μm^2) en comparación con los demás tratamientos.
--	---	--	--	--	--	----------------	-----------	--

* En el proyecto se consideró una mezcla comercial de ácido fórmico y propiónico, la cual no se encontró disponible, por lo cual se procedió a cambiar por una semejante a base de fórmico y cítrico

** El producto anterior se llama pHorce®

*** Se asume una mortalidad de hasta 5%, pero no se registraron muertes en ningún tratamiento

