UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS

AGROPECURIAS

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

“Evaluación del butirato de sodio sobre los índices productivos y morfometría de las vellosidades intestinales en pollos de engorde”

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE MÉDICO VETERINARIO

AUTOR:

Sofía Anahí Izurieta Buenaño

TUTOR:

Ing. Jorge Ricardo Guerrero López. Mg.

CEVALLOS, 2024

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, SOFÍA ANAHÍ IZURIETA BUENAÑO, portador de cédula de ciudadanía número: 1804926200, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: **"Evaluación del butirato de sodio sobre los índices productivos y morfometría de las vellosidades intestinales en pollos de engorde"** es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



SOFÍA ANAHÍ IZURIETA BUENAÑO

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado **"Evaluación del butirato de sodio sobre los índices productivos y morfometría de las vellosidades intestinales en pollos de engorde"** como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Médico Veterinario, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.



SOFÍA ANAHÍ IZURIETA BUENAÑO

“Evaluación del butirato de sodio sobre los índices productivos y morfometría de las vellosidades intestinales en pollos de engorde”

REVISADO POR:



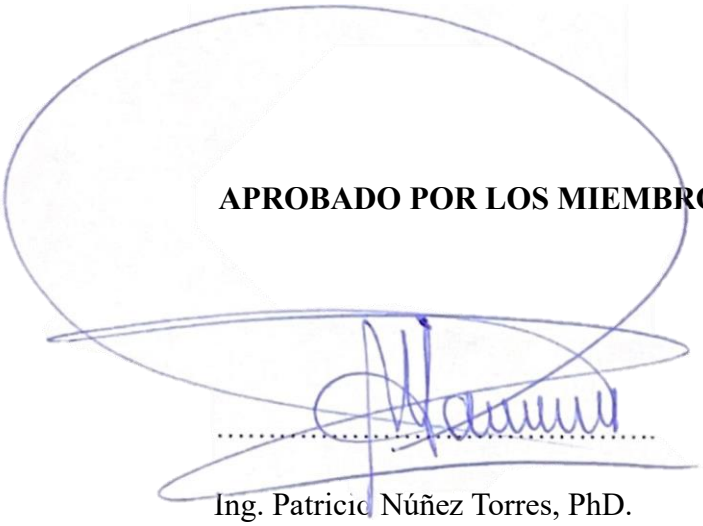
……..

Ing. Jorge Ricardo Guerrero López, Mg.

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:

Fecha:



…… 07/08/2024 ……..

Ing. Patricio Núñez Torres, PhD.

PRESIDENTE DE TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



…….. 07/08/2024 ……..

Dr. Gerardo Enrique Kelly Alvear, Mg.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



…… 07/08/2024 ……..

Dra. Sandra Margarita Cruz Quintana, PhD.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

DEDICATORIA

Dedico este trabajo investigativo, a mis padres Moisés y Dina, a quienes admiro por su arduo esfuerzo cada día, enseñándome desde pequeña que todo se logra con mucha dedicación, sacrificio y más que todo, amor.

A mi hermana Belén, quien en todo momento estuvo ahí sacándome una sonrisa, escuchándome y aconsejándome.

A mi hermana Dina, mi cuñado Fabián y a sus dos pequeños Emilio y Marie, que siempre me llenan de alegría y motivación.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por bendecir mi camino y permitirme alcanzar mi sueño desde niña.

A mis padres, mi más grande inspiración, gracias por guiarme siempre con mucho amor y paciencia. Espero algún día llegar a ser tan visionaria, emprendedora e inteligente como ustedes.

A mi hermana Belén, mi mejor amiga, mi más grande apoyo, gracias por estar siempre a mi lado sin importar la distancia.

A mi hermana Dina y toda su hermosa familia, gracias a su ayuda y cariño incondicional.

A mi tíos y primos, por estar siempre al pendiente de mí.

A mis queridos docentes que, durante este camino, supieron formarme ética y académicamente brindándome su conocimiento con plena sencillez y disposición.

Y muy especialmente, a mi tutor Ing. Ricardo Guerrero, por compartir conmigo sus experiencias y conocimiento en el campo de la avicultura, así como, su apoyo en este trayecto académico.

Un enorme agradecimiento a todo el equipo de trabajo de la avícola ¨San Francisco¨ y ¨Pollo Criollo¨, que sin su fiel colaboración no estaría aquí donde estoy.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN XI
ABSTRACT XII
CAPÍTULO I 1
INTRODUCCIÓN 1
MARCO TEÓRICO 2
1.1 Antecedentes Investigativos 2
1.2 Salud intestinal 4
1.3 Morfometría de las vellosidades intestinales (duodenales) 5
1.4 Comportamiento productivo 6
1.4.1 Peso final (PF) y ganancia de peso (GP), g 6
1.4.2 Consumo de alimento (CA), g 6
1.4.3 Índice de conversión alimenticia (ICA), g/g 7
1.4.4 Mortalidad (M), % 7
1.4.5 Índice de eficiencia europeo (IEE) 7
1.5 Relación costo - beneficio 7
1.6 Ácidos orgánicos 8
1.6.1 Ácido butírico de Sodio (BS) 8
1.7 Antibióticos promotores de crecimiento (APC) 9
1.7.1 Flavomicina 10
1.8 Objetivos 11
1.8.1 Objetivo General 11
1.8.2 Objetivos Específicos 11
CAPÍTULO II 12
METODOLOGÍA 12
2.1. Ubicación del estudio 12
2.2. Caracterización del lugar 12
2.3 Equipos y materiales 12
2.3.1 Material biológico experimental 12
2.3.2 Materiales de campo 13
2.3.3 Equipos de campo 13

2.3.4 Material y equipo de laboratorio 13
2.3.5 Material biológico 13
2.3.6 Insumos de oficina 14
2.4. Factores de estudio 14
2.5. Manejo del experimento 14
2.5.1. Animales 14
2.5.2. Instalaciones 15
2.5.3. Manejo sanitario 15
2.5.4. Alimentación 15
2.5.5. Muestras 21
2.6. Variable respuesta 21
2.6.1 Índices productivos 21
2.6.2 Morfometría de vellosidades intestinales duodenales 24
2.7. Diseño experimental 24
CAPÍTULO III 25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 25
3.1. Análisis y discusión de los resultados 25
3.1.1. Índices productivos 25
3.1.2. Relación Costo/Beneficio, $ 33
3.1.3. Morfometría de las vellosidades intestinales (duodenales) 34
3.2. Comprobación de la hipótesis 36
CAPÍTULO IV 37
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 37
4.1. Conclusiones 37
4.2. Recomendaciones 38
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 39
ANEXOS 49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Condiciones meteorológicas de la Parroquia Patate...……12
Tabla 2. Dieta experimental para preinicial (1-7 días) de pollos de engorde……17
Tabla 3. Dieta experimental para inicial (8-21 días) de pollos de engorde……18
Tabla 4. Dieta experimental para engorde (22-35 días) de pollos de engorde...……19
Tabla 5. Dieta experimental para finalizador (36-42 días) de pollos de engorde…...20
Tabla 6. Índices productivos en aves Cobb 500 alimentados con butirato de sodio y flavomicina durante cuatro fases (preinicial, inicial, engorde y finalizador)..... 25
Tabla 7. Índices productivos en aves Cobb 500 alimentados con butirato de sodio y flavomicina (1-42 días de edad)..... 26
Tabla 8. Estimación económica de los índices productivos con diferentes niveles de butirato de sodio y flavomicina..... 33
Tabla 9. Morfometría de vellosidades duodenales de aves Cobb 500 alimentados con butirato de sodio y flavomicina (21 y 35 días de edad) 34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema gráfico del peso final de aves a los 42 días de vida 27
Figura 2. Expresión gráfica del consumo de alimento (1-42 días) 28
Figura 3. Ganancia de peso promedio durante todo el período experimental..... 29
Figura 4. Representación gráfica de los índices de conversión alimenticia entre los días 1-42 30
Figura 5. Registro de mortalidad (1-42 días) 31
Figura 6. Esquema gráfico del IEE de los tratamientos (1-42 días) 32
Figura 7. Largo, ancho y profundidad de cripta de vellosidades duodenales con 21 días 35
Figura 8. Largo, ancho y profundidad de cripta de vellosidades duodenales con 35 días 36

RESUMEN

El presente proyecto de investigación evaluó los efectos del butirato de sodio (BS) sobre los índices productivos y morfometría de las vellosidades intestinales (duodenales) en pollos de engorde. Un total de 400 aves Cobb 500 machos con un día de edad fueron divididos en 5 grupos de tratamientos, cada uno con 4 repeticiones, en un diseño completamente al azar; las dietas fueron formuladas de la siguiente manera: T0 (-) (control o testigo), T1 (0.05% BS), T2 (0.10% BS), T3 (0.15% BS) y T4 (+) (0.05% flavomicina). Durante todo el período de experimentación (42 días), inclusive, en las 4 fases de evaluación (preinicial, inicial, engorde y finalizador), las aves no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p>0.05$) sobre los índices productivos (peso final, ganancia de peso, consumo de alimento e índice de conversión alimenticia); del mismo modo, no se evidenciaron diferencias estadísticas significativas ($p>0.05$) sobre las variables profundidad de cripta, largo y ancho de vellosidades duodenales, en los días 21 y 35. No obstante, según la relación Costo: Beneficio (C/B), T1 y T3 presentaron una mejor ganancia (9 ctvs por cada dólar invertido), seguido de T0 (6 ctvs.), T4 (3 ctvs) y T2 (2 ctvs). En conclusión, la adición de BS no mejora los índices productivos y morfometría de vellosidades duodenales de pollos Cobb 500, aunque, se estima que muestra un mayor beneficio económico.

Palabras clave:

Butirato de sodio, pollos de engorde, índices productivos, vellosidades duodenales.

ABSTRACT

The present research project evaluated the effects of sodium butyrate (SB) on productive indices and intestinal (duodenal) villi morphometry in broilers. A total of 400 one-day-old Cobb 500 male chickens were divided into 5 treatment groups, each with 4 replicates, in a completely randomized design; The diets were formulated as follows: T0 (-) (control), T1 (0.05% BS), T2 (0.10% BS), T3 (0.15% BS) and T4 (+) (0.05% flavomycin). During the entire experimental period (42 days), inclusive, in the 4 evaluation phases (pre-initial, initial, fattening and finishing), the chickens did not show statistically significant differences between treatments ($p>0.05$) on the productive indices (final weight, weight gain, feed consumption and feed conversion ratio); Similarly, no statistically significant differences ($p>0.05$) were found for the variables crypt depth, duodenal villus length and width on days 21 and 35. However, according to the cost: benefit (C/B) ratio, T1 and T3 showed a higher profit (9 cents per dollar invested), followed by T0 (6 cents), T4 (3 cents) and T2 (2 cents). In conclusion, the addition of BS does not improve the productive indices and duodenal villus morphometry of Cobb 500 chickens, although it is estimated that it shows a greater economic benefit.

Key words:

Sodium butyrate, broilers, productive indices, duodenal villi.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En la mayoría de países, la avicultura se encuentra en un continuo crecimiento e industrialización debido a la gran expansión poblacional, incremento de demanda y desarrollo de urbanización. Por esto, Estados Unidos ha sido posesionado como el productor principal de carne de pollo, con un alrededor de 21 000 000 Tm, seguido por Brasil y en tercero, China; cada uno superando los 14 000 000 Tm **(Orús, 2023).** Mientras tanto, en Ecuador existe una producción anual de 263 000 000 de pollos con 495 000 Tm de carne, considerando que cada ecuatoriano consume aproximadamente 28 kg cada año **(CONAVE, 2023)**. De esta manera, el sector avícola es de suma importancia socioeconómica; pero, los bajos índices productivos en pollos de engorde son un problema latente para el productor; esto debido a la modificación de la salud intestinal producidas por diversos factores que alteran la digestión y asimilación de los diferentes nutrientes dando lugar a una alta conversión alimenticia con pérdidas económicas y mayor vulnerabilidad al ataque de patógenos entéricos.

El intestino es un órgano fundamental en diversas funciones tales como, digestibilidad, absorción e incluso, inmunidad; por lo que, se han administrado promotores de crecimiento (APC) durante 6 décadas aproximadamente, gracias a su rápida acción en el control de bacterias patógenas (*Escherichia coli, Clostridium perfrigens y Salmonella* sp), mejorando así, la salud intestinal y el rendimiento productivo de las aves; no obstante, la Unión Europea prohibió su utilización desde 2005, China en 2020 y EEUU en 2017 al evidenciar que su administración en dosis sobreterapéuticas incrementa la resistencia antimicrobiana (RAM) siendo un riesgo para la salud pública. De este modo, se crearon alternativas terapéuticas como fitobióticos, probióticos, simbióticos, ácidos butíricos, aminoácidos, enzimas, aceites esenciales, entre otros **(Betancourt López, 2013; Habtamu, 2022).**

Los ácidos orgánicos son un conjunto de ácidos grasos, entre los cuales encontramos al ácido butírico que es aprovechado por células del epitelio gastrointestinal, de tal

manera que estimula el desarrollo de tejidos intestinales y disminuye los ataques de patógenos; sin embargo, al poseer un olor desagradable y una evaporación lábil ha sido convertido en sales como el sodio (butirato de sodio) **(Paap, 2016; R. Lan et al., 2020).** Así surgió la idea de innovar la producción del sector avícola, y con esto, el propósito de la presente investigación, evaluar el efecto de diferentes niveles de ácido butírico de sodio los índices productivos y morfometría de las vellosidades intestinales en pollos de engorde.

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

El ácido butírico de sodio (BS) fue añadido en la dieta de pollos de engorde para analizar sus efectos sobre el intestino y comportamiento productivo. **Hu y Guo (2007)** utilizaron 350 aves de un día de edad fueron distribuidas entre cuatro grupos con 6 réplicas cada uno, el primer tratamiento consistía en una dieta basal y los siguientes tres fueron adicionados BS al 0.05, 0.1 y 0.2 %. Durante los días 0 a 21, la ganancia de peso y la morfometría intestinales (largo de vellosidad y profundidad de cripta), incrementaron conjuntamente con el aumento del butirato, sin embargo, el índice de conversión alimenticia presentó mayores niveles en las aves suplementadas al 0.2%. Finalmente, consideraron que la suplementación de BS 0,05% es la mejor opción para las aves.

En otra investigación se formularon dietas suplementadas con ácido butírico para evaluar su influencia sobre el desarrollo productivo y digestivo de pollos de engorde. Los tratamientos tuvieron la misma dieta basal, pero con diferentes niveles de BS: 0, 0.03, 0.06 y 0.12%. El grupo con BS al 0.06% a los 21 días de edad mostraron una notable ganancia de peso, incremento en la longitud de las vellosidades y una mejor morfología del sistema digestivo **(R. X. Lan et al., 2020).**

Por otra parte, **Wu *et al.* (2018)** decidieron evaluar la influencia del butirato de sodio sobre la comunidad microbiana, desarrollo intestinal y rendimiento productivo en

pollos de engorde; 720 pollos machos de la línea Arbor Acres con un día de edad fueron asignados entre seis grupos con seis repeticiones cada uno. Los tratamientos se fundamentaron en una dieta basal con 0, 0.02, 0.04, 0.08 y 0.1 % de BS. No se registraron diferencias significativas entre tratamientos sobre el rendimiento productivo, pero, sí una mejora en la morfología intestinal en las aves suplementadas, puesto que el BS activó las células calciformes yeyunales e ileales, consiguiendo un aumento en su largo.

De acuerdo con **Castro Verduguez (2020)** la inclusión de BS al 0.05% en la dieta basal de 1000 pollos machos Cobb con un día de nacidos no mostró cambios significativos tanto en la ganancia de peso como en el índice de conversión alimenticia frente a la dieta basal con batricina y colistina. No obstante, el tratamiento con BS mostró una mejor rentabilidad costo/beneficio.

En la siguiente investigación se utilizaron 600 pollos de engorde distribuidos en cuatro grupos sometidos a diferentes niveles de BS: 0, 0.1, 0.2 y 0.3 %, respectivamente, para evaluar su salud intestinal durante 42 días. Al día 21, la longitud de las vellosidades intestinales y profundidad de criptas incrementaron en todos los segmentos, excepto en el íleon al día 42. Por último, se mostró un notable crecimiento de células calciformes en el duodeno y yeyuno durante los cuatro tratamientos (**Nataraja *et al.*, 2020).**

En cinco granjas comerciales mexicanas se llevó a cabo la investigación de **Mendoza *et al*. (2019),** que consistía en evaluar la influencia del BS sobre parámetros productivos de aves Ross y Cobb. Los tratamientos eran una dieta basal con 0.1% de SB y otra con antimicrobianos (bacitracina de Zn, salinomicina y nicarbazina) en base a las dosis comerciales. Los resultados demostraron que las aves tuvieron una destacada mejoría de sus parámetros productivo al ser alimentadas con BS bajo condiciones comerciales.

Para el siguiente estudio se utilizaron 768 pollos de engorde mixtos con el objetivo de analizar su rendimiento productivo, morfología yeyunal y microbioma cecal durante

35 días; al ser suplementadas con 0 y 0.05% de BS no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas sobre todos los parámetros evaluados, debido a que las aves permanecieron bajo correctas condiciones de salud **(Pascual *et al.*, 2020)**.

Se efectuó un experimento a cargo de **Ali *et al*. (2018)** para evaluar el rendimiento, salud intestinal y cualidades de la canal en 408 pollos de engorde Ross 308. Las aves fueron distribuidas en cuatro grupos con los siguientes tratamientos, respectivamente: T1, 0.05% de maudramicina (antimicrobiano); T2, dieta basal; T3, 0.3% de BS; y T4, 0.6% de BS. De acuerdo a los datos obtenidos, concluyeron que la adición de 0.3 y 0.6% de BS mejora la morfología de las vellosidades e incrementa la mucosa intestinal, asimismo mejora el peso y el índice de conversión alimenticia.

En otro estudio se adicionó BS al 0, 0.1, 0.2 y 0.3 % en cuatro grupos de pollos de engorde, correspondientemente, con la finalidad de evaluar su influencia en diferentes parámetros productivos. **Gallardo Yarleque (2023)** llegó a la conclusión que la suplementación de BS al 0.3% incrementó la ganancia de peso y disminuyó el índice de conversión alimenticia, sin afectar el consumo de alimento.

En la última investigación realizada por **Layter *et al.* (2021)** compararon los efectos entre el BS y fitasa (FI) sobre la salud y morfología intestinal en 763 pollos de engorde; distribuidos en cuatro tratamientos (dieta basal con y sin SB (0,750 kg/tn), FI a un nivel recomendado (750 FTU/kg) y superdosis (1500 FTU/kg). En los 7 días de edad de las aves, la superdosis de FI proporcionó un mejor consumo de alimento y ganancia de peso, mientras que el BS incrementó la ganancia de peso e índice de conversión, hasta los 28 días. Por otro lado, la superdosis de FI y BS aumentaron la altura de las vellosidades intestinales, e incluso su profundidad de cripta, por ende, ambos aditivos son estrategias para un óptimo rendimiento productivo de las aves.

1.2. Salud intestinal

El tejido epitelial del tracto gastrointestinal posee una barrera protectora contra agentes patógenos y elementos tóxicos que provienen del alimento y lumen del intestino; una alteración en la flora intestinal conduce a una inflamación crónica y reducción de

vellosidades intestinales dando lugar a un inadecuado proceso digestivo y absorción de nutrientes; estos últimos ocasionarán un exagerado desarrollo de población bacteriana al aprovechar aquellos nutrientes libres **(Migone, 2013).** Asimismo, una absorción defectuosa cede el paso de proteínas, grasas e incluso, azúcares hacia el intestino cecal alterando la población de apreciados microorganismos fermentadores. Por este motivo, la necesidad de una óptima salud intestinal, manteniendo un balance entre el organismo animal, elementos dietéticos, flora y ambiente intestinal, sin embargo, este balance puede alterarse por las condiciones de manejo y ambiente en el que las aves son alojadas **(Calagua Yaya, 2023).** Todavía más, con el pollo moderno que presenta un índice de conversión alimenticia notablemente eficiente y acelerado crecimiento, necesita un abundante consumo de alimento dando lugar a una gran presión sobre la función fisiológica del tracto intestinal **(Chávez *et al.*, 2016).**

1.3. Morfometría de las vellosidades intestinales (duodenales)

La capa de absorción perteneciente al intestino se extiende vastamente gracias a dobleces o proyecciones dirigidas al lumen intestinal que bajo un microscopio se visualizan como dedos, tomando el nombre de vellosidades intestinales. La altura de esas últimas y la profundidad de criptas se desarrollan aceleradamente tras la incubación, logrando su máximo crecimiento entre los 6 y 7 días a nivel duodenal, y a los 14 días tanto en yeyuno como en íleon, por esta razón hay un incremento de la capa de absorción para el desarrollo de la capacidad asimilativa de los diferentes nutrientes, debido a lo cual, dicha capacidad en duodeno y yeyuno aumenta acorde la edad **(Acosta, 2022; Ortiz, 2014).** Cada vellosidad presenta en su superficie enterocitos, los cuales, cumplen diferentes funciones de acuerdo a su localización, aquellos enterocitos ubicados en el ápice son los encargados de la absorción de líquidos y nutrientes, mientras que, los de áreas laterales conjuntamente con las criptas de Lieberkühn segregan electrolitos y sustancias **(Cervantes, 2011).** El revestimiento epitelial de vellosidades intestinales duodenales es simple cilíndrico, considerados como una barrera permeable que permite el paso de nutrientes, siendo, la primera de defensa frente a agentes patógenos **(Zambrano, 2021)**. La mucosa de un duodeno saludable posee una superficie completamente cubierta por vellosidades de gran longitud con criptas profundas, por ende, es posible clasificarlas de la siguiente manera:

- **Vellosidades largas y anchas:** incremento de células absorbentes.
- **Criptas profundas:** ralentizado proceso de recambio de células excretoras (menos necesidad de nuevo tejido), permitiendo una generación eficaz de enzimas, traduciéndose en una óptima asimilación de nutrientes.
- **Criptas poco profundas:** acelerado recambio de tejido (alta necesidad de nuevo tejido); incremento de secreciones intestinales causando un pobre rendimiento productivo del ave, tránsito rápido o diarrea, menor resistencia frente a enfermedades, por invasión de agentes patógenos ocasionando inflamación.

Por lo tanto, para lograr una óptima producción de la parvada es importante mantener una adecuada conservación intestinal tanto estructural como funcional **(Ahsan *et al*., 2016; Pinto, 2019).**

1.4. Comportamiento productivo

Consiste en llevar ordenadamente los datos obtenidos de los índices productivos a lo largo de la explotación pecuaria, con el objeto de planear una estrategia que permita alcanzar el objetivo establecido por una producción **(Itza y Ciro, 2020).**

1.4.1. Peso final (PF) y ganancia de peso (GP), g

Con la ayuda del peso inicial y semanal es posible conocer el final, todo esto con el fin de evaluar la ganancia de peso de las aves **(Anacona y Tintinago, 2018)**.

1.4.2. Consumo de alimento (CA), g

Es importante calcular el CA debido a que constituye entre el 60 y 70% de los costos fijos del proceso productivo, por esto, es necesario regular correctamente el suministro de alimento, debido a que, los residuos exagerados se traducirán como pérdida económica **(Itzá Ortiz y Corona, 2020).**

1.4.3. Índice de conversión alimenticia (ICA), g/g

Esta medida representa la correlación entre el alimento y el producto, es decir, la cantidad de alimento (g) que el ave debe ingerir para generar una unidad (g) de carne, por ende, dicho índice requiere ser lo menor posible para un rendimiento superior del producto **(Itzá Ortiz y Corona, 2020).**

1.4.4. Mortalidad (M), %

Este índice cumple un rol importante es el establecimiento del porcentaje promedio de mortalidad correspondiente a cada repetición y tratamiento. Asimismo, es necesario realizar una correcta necropsia para distinguir las lesiones u anomalías del ave protegiendo la sanidad de la granja avícola **(Itzá Ortiz y Corona, 2020).**

1.4.5. Índice de eficiencia europeo (IEE)

Este índice mide la eficiencia o rentabilidad alcanzada en una producción avícola, en otras palabras, reúne los parámetros productivos mencionados (peso, conversión y mortalidad), los mismos que cambian de acuerdo a la edad, de esta manera se obtiene una valoración absoluta de acuerdo a dichos parámetros para se considere una fuente comparativa. El IEE posee una variable constante de 200, con el fin de evaluar los resultados productivos para establecer su rendimiento económico. Por lo tanto, si se obtiene un valor superior a 200 la producción mostró un rendimiento muy bueno, mientras que inferior a 200 significa que fue deficiente **(Cuellar et al., 2007).**

1.5. Relación costo/beneficio (C/B), $

Se trata de un proceso utilizado para evaluar la relación existente entre los costos de producción de un proyecto y los beneficios que brinda, así de establece su rentabilidad para una próxima inversión en una empresa. De este modo, se distinguen los costos de producción, los cuales, se obtienen al adicionar los costos variables (precio de la materia prima, suministros, servicios básicos o mano de obra) con los fijos (precios de

nómina, arrendamiento, impuestos, entre otros). Mientras que, los beneficios son los ingresos totales resultantes de una inversión **(Becchetti 2022; Aguilera Díaz, 2017).**

1.6. Ácidos orgánicos

Son ácidos grasos obtenidos naturalmente de plantas, tejidos de los animales o por métodos fermentativos; considerados como una alternativa a los antibióticos promotores de crecimiento (APC), debido a que, no liberan residuos en la carne faenada y no ponen en riesgo la salud pública. La suplementación de este tipo de ácidos en la dieta de los pollos de engorde mejora la integridad y balance de la microbiota intestinal impidiendo la multiplicación de agentes patógenos minimizando la presencia de enfermedades y dando lugar a un óptimo rendimiento productivo **(Ángel-Isaza *et al.,* 2019).** Por ende, estos ácidos presentan un efecto metabólico que proporciona energía a la mucosa intestinal, lo que, a su vez regula el metabolismo general. Existen dos tipos de ácidos orgánicos, el primero de ellos tiene en su estructura un grupo carboxilo como el ácido acético, mientras que el segundo posee un grupo fenol; un ejemplo que contine ambos grupos es el ácido salicílico **(Azarpajouh, 2022; Biomin, 2021)**.

1.6.1. Ácido butírico de Sodio (BS)

Ácido graso volátil de cadena corta, que se forma por la fermentación de la flora microbiana de carbohidratos en el tubo gastrointestinal tanto de monogástricos como rumiantes. En el ave, tras la ingestión el butirato de sodio se solubiliza y da lugar al ácido butírico, posteriormente gracias al pH de entre 5 y 6 del buche, proventrículo y molleja, el butirato se mantiene en forma no disociada, en donde se consiguen resultados moduladores de la flora microbiana; por último, pasa al intestino delgado proximal donde se desintegra tanto en hidrógeno, como en iones butirato para ser absorbidos fácilmente por los enterocitos; y a través de la oxidación se forma una importante fuente de energía (ATP) que es empleada por la bomba sodio – potasio, responsable del equilibrio osmótico del tracto gastrointestinal al permitir la absorción de agua a nivel intestinal **(Sánchez Herrera *et al*., 2009; Uitgeverij, 2021)**. Por tal

razón, las funciones que cumple en el metabolismo celular del sistema gastrointestinal son: proporción de energía a las células pertenecientes a la mucosa del intestino, proliferación de enterocitos, acción trófica en las vellosidades intestinales, modulación genética celular, y estimulación exocrina y endocrina de la acción de páncreas y enzimas digestivas; de esta manera, estimula a un adecuado desarrollo del epitelio intestinal, facilitando la absorción de nutrientes y regulando los intermediarios de la inflamación **(Vázquez y Zárate, 2019).** Por tanto, este tipo de ácido orgánico optimiza el costo del alimento y producción avícola. Finalmente, las dosis de productos comerciales a concentraciones de 54% varían entre 0,05 a 0,1%.

1.7. Antibióticos promotores de crecimiento (APC)

Los APC han sido incluidos en las dietas alimenticias de aves gracias a su acción protectora contra enfermedades, obteniendo así, una producción de calidad con beneficios económicos. Entre los procesos metabólicos de estos aditivos están la expulsión de nitrógeno, adecuada fosforilación e integración de proteínas **(Carro y Ranilla, 2002)**. A nivel del tracto gastrointestinal, disminuyen la cantidad de agentes patógenos, ralentizan el tránsito digestivo, mejoran la absorción de ciertos nutrientes y minimizan la elaboración de amoníaco. Todos estos efectos reducen los costos de producción, beneficiando al consumidor y al medio ambiente. Sin embargo, debido al mal uso de las dosis se dio lugar a la resistencia antimicrobiana (RAM), mecanismo en el que la bacteria tiene la habilidad de disminuir la actividad de los antimicrobianos; esto es un aspecto preocupante al ser una amenaza para la salud humana por la transmisión de aquellos patógenos o genes resistentes. Esta transferencia se da por contacto directo con animales, ingesta de alimentos o por el empleo de abono orgánico en terrenos agrícolas **(Hongyu, 2020; Martinez Rocha, 2012).**

Así pues, ciertos APC principalmente aquellos utilizados en la salud humana están siendo prohibidos para el consumo animal. Esta restricción se aplicó primero en Inglaterra, y posteriormente en Canadá, China y Estados Unido; dicha limitación en la selección de tratamientos en el sector veterinario ha ocasionado la necesidad de crear alternativas eficaces y seguras, tales como: fitobióticos, ácidos orgánicos, enzimas, probióticos, prebióticos, entre otros **(Cervantes, 2013).**

1.7.1. Flavomicina

Es el primer antimicrobiano descubierto en Alemania alrededor del 1960 y 1969, destinado únicamente para la nutrición animal como promotor de crecimiento. Su componente activo es el flavofosfolipol, el cual, es un glucolípido compuesto de fósforo que no es asimilado y completamente seguro tanto para la salud como para la higiene. Se trata de un producto de la fermentación del *Streptomyces ghanaensis,* una bacteria Gram positiva. En cuanto a su acción farmacológica, este APC impide la multiplicación de microorganismos patógenos al alterar el anabolismo de mureína, constituyente estructural de su pared celular. La enzima glicosiltransferasa, principal componente para la agregación de la pared celular de bacterias Gram positivas, no posee la capacidad de distinguir entre el flavofosfolipol y la mureína, de esta manera se previene la integración de mureína provocando un daño esta capa y, por ende, la célula explota. Por consiguiente, dicho antimicrobiano permite tanto la implantación temprana de bacterias benéficas generadoras de ácido láctico (lactobacilos y bifidobacterias), como la formación de ácidos grasos volátiles, dando lugar a un antagonismo sobre el desarrollo de bacterias como *Salmonella* sp*., Clostridium perfringes* y *Escherichia coli.* **(Bolder *et al.*, 1999; Oller, 2020).** Por último, las dosis de productos comerciales con concentraciones del 1%, varían entre 0.025 y 0.05%.

1.8. Objetivos

1.8.1. Objetivo General

Evaluar el butirato de sodio sobre los índices productivos y morfometría de las vellosidades intestinales en pollos de engorde.

1.8.2. Objetivos Específicos

- Evaluar las dosis (0.05, 0.1 y 0.15%) de butirato de sodio en la alimentación de pollos Cobb 500.
- Calcular los índices productivos en pollos de engorde.
- Medir la morfometría de las vellosidades intestinales duodenales.
- Determinar el costo/beneficio (C/B) de los tratamientos.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del estudio

La investigación se realizó en la Granja Avícola San Francisco, Barrio Tunga, Parroquia Poatug, ubicada al noreste del Cantón Patate, provincia de Tungurahua, con latitud y longitud de -1.31667 y -78.5167, respectivamente, y con las siguientes coordenadas geográficas de 1°19'0" S 78°31'0" O **(GetaMap, 2023).**

2.2. Caracterización del lugar

Tabla 1.

Condiciones meteorológicas de la Parroquia Patate

Parámetros	Valor
Temperatura anual, ºC	14 - 17ºC
Precipitación anual, mm	1 395
Humedad relativa, %	86
Clima	Templado
Altitud, msnm	2 300

Fuente: **(Villón, 2023)**

2.3. Equipos y materiales

2.3.1. Material biológico experimental

400 pollos de engorde machos, línea Cobb 500.

2.3.2. Materiales de campo

- Galpón
- Materiales para la crianza de pollos de engorde (materiales de limpieza, tamo de arroz, comederos, bebederos, jaulas, criadoras)
- Alimento balanceado
- Botas
- Overol
- Guantes
- Frascos estériles para recolectar muestras (frascos de orina)

2.3.3 Equipos de campo

- Balanza CAMRY (cap. 1 kg; 1g) (cap. 25 kg; 10 g)
- ORP (potencial de óxido-reducción)
- Termohigrómetro digital
- Equipos de disección

2.3.4 Material y equipo de laboratorio

- Microscopio Zeiss Primo Star 3
- Portaobjetos
- Cubreobjetos
- Parafina
- Micrótomo
- Hematoxilina
- Eosina

2.3.5 Material biológico

- Vacunas: Ma5+Clone 30 (Bronquitis Infecciosa + Newcastle), Bursine 2 (Gumboro) y La Sota (Newcastle).

2.3.6 Insumos de oficina

- Esfero
- Libreta
- Laptop
- Calculadora
- Cámara

2.4. Factores de estudio

T0 (-): Control negativo o dieta basal sin aditivos en el alimento.

T1: Dieta basal con 0,05% de butirato de sodio.

T2: Dieta basal con 0,1% de butirato de sodio.

T3: Dieta basal con 0,15% de butirato de sodio.

T4 (+): Control positivo o dieta basal con 0,05% de flavomicina.

En pollos de engorde Cobb 500.

2.5. Manejo del experimento

2.5.1. Animales

Para este experimento de 42 días se necesitaron 400 pollos BB Cobb 500 machos con un día de nacidos, obtenidos comercialmente de huevos eclosionados (Avesca); asimismo, todas las aves mostraron un peso homogéneo (43.25 g), con plumón seco, sin presentar filamentos, botones o lesiones en tarsos.

2.5.2. Instalaciones

Se utilizó un galpón para pollos con cimientos de cemento, paredes laterales de malla cubiertos por cortinas, postes de madera y techo de zinc; en corrales metálicos de 2,5m de largo x 1m de ancho para albergar 20 aves logrando obtener una densidad de 8 pollos por m^2**;** según lo recomendado en la guía de manejo (**Cobb, 2019).** Cada cubículo constó de un bebedero tipo niple y dos comederos tipo tolva, ambos regulables de acuerdo al tamaño del ave, así como también una cama a base de cascarilla de arroz con una profundidad o volumen de 5 cm aproximadamente. Se trabajó con un sistema de luz constante durante las primeras 72 horas del día, y posteriormente con luz natural. Por otro lado, durante las cuatro primeras semanas se utilizaron criadoras a gas; y, luego se manejaron las cortinas ubicadas en el exterior del galpón para la conservación de una temperatura, humedad y ventilación estándar. Por último, la empresa Avesca certificó la entrega de las aves vacunadas contra Newcastle (ND), Infección de la Bolsa de Fabricio (IBF), Bronquitis infecciosa aviar (IBA) y Viruela aviar, mientras que durante la fase experimental se aplicó un refuerzo contra IBF, ND e IBA a los 10 días de la llegada de los animales y a los 20 días se aplicó ND. Las vacunas fueron incorporadas en el agua de bebida durante la mañana.

2.5.3. Manejo sanitario

Antes de la recepción de las aves, se aplicó un protocolo de limpieza, lavado (detergentes clorados y ácidos), desinfección (glutaraldehído) en todo el galpón, luego se incluyó cortinas, bebederos y comederos. Además, se implantó un protocolo para control de roedores e insectos.

2.5.4. Alimentación

La cantidad de alimento en forma de harina se suministró y formuló de acuerdo con las recomendaciones nutricionales de pollos Cobb 500 **(Cobb - Vantress.com, 2022)**, ayudados con el programa Diet-A. Asimismo, las dietas fueron divididas en cuatro fases: preinicial (1 – 7 días), inicial (8 – 21 días), engorde (22 – 35 días) y finalizador

(36 – 42 días); la calidad nutricional de las dietas se especifica en las Tablas (2-5). El balanceado fue isocalórico e isoproteico. Por último, el volumen de agua fue a voluntad.

Tabla 2.

Dieta experimental para preinicial (1-7 días) de pollos de engorde.

Ingredientes	**Niveles de inclusión aditivos (%)**				
	Butirato de sodio				Flavomicina
	0	0.05	0.1	0.15	0.05
Maíz	59.00	58.80	58.80	58.75	58.80
Torta de soya (47%)	28.50	28.65	28.60	28.60	28.65
Harina de pescado (60%)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Hemoglobina	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Trigo, afrecho (14%)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Aceite de palma	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Carbonato de Calcio (38%)	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Fosfato monocálcico	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Premezcla (Vit. y Min.)[1]	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Complejo enzimático[2]	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Sal yodada	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Fuente de Na (30%)	0.15	0.15	0.15	0.l5	0.15
DL - Metionina (99%)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Sulfato de Lisina (54.6%)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
L - Treonina (98.5%)	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Cloruro de colina (60%)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Atrapador de micotoxinas	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Antimicótico	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Nicarbazina + Narasina	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Total	100	100	100	100	100
Composición[3]					**Recomendaciones Cobb 2022**
Proteína bruta (%) *	22	22	22	22	22	21 - 22
Energía Met. (kcal/kg)	2 995	2 985	2 985	2 980	2 980	2 900
Balance electrolítico (mEq/kg)	235	235	235	235	235	235
Metionina digestible (%)	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.48
Met+Cis digestible (%)	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
Lisina digestible (%)	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
Fósforo disponible (%) *	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
Calcio (%) *	0.99	0.90	0.99	0.99	0.99	0.96

[1] Niveles de garantía por kg de producto (según el fabricante): 4.800,000 UI vit A; 1.200,000 UI vit D3; 14.000,000 mg vit E; 0,8 g B1; 2,0 g B6; 4,80 g ácido pantoténico; 0,10 g biotina; 1,0 vit K3; 0,60 g ácido fólico; 26,0 g niacina; 8 mg vit B12; 0,10 selenio; 22,0 g Fe; 30,0 g Mn; 26,0 g Zn; 3,20 g Cu; 80 g cloruro de colina y 10 g dióxido silicio.

[2] Complejo enzimático con una composición registrada en virtud del fabricante de: β-xilanasa (1250UV/kg); β-glucanasa (860 UV/kg); fitasa (500 FTU/kg).

[3] Estudios según **Cobb - Vantress.com (2022).**

* Valores obtenidos por análisis en laboratorio.

Tabla 3.

Dieta experimental para incial (8-21 días) de pollos de engorde.

Ingredientes	**Niveles de inclusión aditivos (%)**					
	Butirato de sodio				Flavomicina	
	0	0.05	0.1	0.15	0.05	
Maíz	61.60	61.60	61.55	61.50	61.50	
Torta de soya (47%)	29.99	29.95	29.95	30.00	30.00	
Hemoglobina	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Harina de pescado (60%)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
Trigo, afrecho (14%)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	
Aceite de palma	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
Carbonato de Calcio (38%)	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	
Fosfato monocálcico	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	
Premezcla (Vit. y Min.)[1]	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
Complejo enzimático[2]	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
Sal yodada	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	
Fuente de Na (30%)	0.16	0.15	0.15	0.15	0.20	
DL - Metionina (99%)	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	
Sulfato de Lisina (54.6%)	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	
L - Treonina (98.5%)	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	
Cloruro de colina (60%)	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	
Atrapador de micotoxinas	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	
Antimicótico	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	
Nicarbazina + Narasina	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	
Pigmentante	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
Total (%)	100	100	100	100	100	
Composición[3]						**Recomendaciones Cobb 2022**
Proteína bruta (%) *	20.80	20.80	20.80	20.80	20.80	19 - 20
Energía Met. (kcal/kg)	2 975	2 975	2 974	2 973	2 973	2950
Balance electrolítico (mEq/kg)	240	240	240	240	240	235
Metionina digestible (%)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.47
Met+Cis digestible (%)	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
Lisina digestible (%)	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
Fósforo disponible (%) *	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.40
Calcio (%) *	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.80

[1] Niveles de garantía por kg de producto (según el fabricante): 4.800,000 UI vit A; 1.200,000 UI vit D3; 14.000,000 mg vit E; 0,8 g B1; 2,0 g B6; 4,80 g ácido pantoténico; 0,10 g biotina; 1,0 vit K3; 0,60 g ácido fólico; 26,0 g niacina; 8 mg vit B12; 0,10 selenio; 22,0 g Fe; 30,0 g Mn; 26,0 g Zn; 3,20 g Cu; 80 g cloruro de colina y 10 g dióxido silicio.

[2] Complejo enzimático con una composición registrada en virtud del fabricante de: β-xilanasa (1250UV/kg); β-glucanasa (860 UV/kg); fitasa (500 FTU/kg).

[3] Estudios según **Cobb - Vantress.com (2022).**

* Valores obtenidos por análisis en laboratorio.

Tabla 4.

Dieta experimental para engorde (22-35 días) de pollos de engorde.

Ingredientes	**Niveles de inclusión aditivos (%)**					
	Butirato de sodio				Flavomicina	
	0	0.05	0.1	0.15	0.05	
Maíz	63.65	63.60	63.55	63.50	63.60	
Torta de soya (47%)	28.50	28.50	28.50	28.50	28.50	
Trigo, afrecho (14%)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
Aceite de palma	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
Carbonato de Calcio (38%)	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	
Fosfato monocálcico	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	
Premezcla (Vit. y Min.)[1]	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
Complejo enzimático[2]	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
Sal yodada	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	
Fuente de Na (30%)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	
DL - Metionina (99%)	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	
Sulfato de Lisina (54.6%)	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	
L - Treonina (98.5%)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
Cloruro de colina (60%)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	
Atrapador de micotoxinas	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	
Antimicótico	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	
Narasina	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	
Pigmentante	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	
Total (%)	100	100	100	100	100	
Composición[3]						**Recomendaciones Cobb 2022**
Proteína bruta (%) *	19	19	19	19	19	18 - 19
Energía Met. (kcal/kg)	3 080	3 080	3 080	3 080	3 080	3 050
Balance electrolítico (mEq/kg)	230	230	230	230	230	235
Metionina digestible (%)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.44
Met+Cis digestible (%)	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
Lisina digestible (%)	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
Fósforo disponible (%) *	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.37
Calcio (%) *	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.74

[1] Niveles de garantía por kg de producto (según el fabricante): 4.800,000 UI vit A; 1.200,000 UI vit D3; 14.000,000 mg vit E; 0,8 g B1; 2,0 g B6; 4,80 g ácido pantoténico; 0,10 g biotina; 1,0 vit K3; 0,60 g ácido fólico; 26,0 g niacina; 8 mg vit B12; 0,10 selenio; 22,0 g Fe; 30,0 g Mn; 26,0 g Zn; 3,20 g Cu; 80 g cloruro de colina y 10 g dióxido silicio.

[2] Complejo enzimático con una composición registrada en virtud del fabricante de: β-xilanasa (1250UV/kg); β-glucanasa (860 UV/kg); fitasa (500 FTU/kg).

[3] Estudios según **Cobb - Vantress.com (2022).**

***** Valores obtenidos por análisis en laboratorio.

Tabla 5.

Dieta experimental para finalizador (36-42 días) de pollos de engorde.

Ingredientes	**Niveles de inclusión aditivos (%)**					
	Butirato de sodio				Flavomicina	
	0	0.05	0.1	0.15	0.05	
Maíz	66.10	66.10	66.10	66.10	66.10	
Torta de soya (47%)	25.20	25.15	25.10	25.02	25.12	
Trigo, afrecho (14%)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
Aceite de palma	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	
Carbonato de Calcio (38%)	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	
Fosfato monocálcico	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	
Premezcla (Vit. y Min.)[1]	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
Complejo enzimático[2]	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
Sal yodada	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	
Fuente de Na (30%)	0.19	0.19	0.19	0.20	0.20	
DL - Metionina (99%)	0.26	0.26	0.26	0.27	0.27	
Sulfato de Lisina (54.6%)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	
L - Treonina (98.5%)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
Cloruro de colina (60%)	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	
Atrapador de micotoxinas	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	
Antimicótico	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	
Narasina	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	
Pigmentante	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	
Total (%)	100	100	100	100	100	
Composición[3]						**Recomendaciones Cobb 2022**
Proteína bruta (%) *	17	17	17	17	17	17 - 18
Energía Met. (kcal/kg)	3 170	3 170	3 170	3 170	3 170	3 100
Balance electrolítico (mEq/kg)	220	220	220	220	220	235
Metionina digestible (%)	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.40
Met+Cis digestible (%)	0.74	0.74	0.74	0.74	0.76	0.74
Lisina digestible (%)	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
Fósforo disponible (%) *	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.36
Calcio (%) *	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.72

[1] Niveles de garantía por kg de producto (según el fabricante): 4.800,000 UI vit A; 1.200,000 UI vit D3; 14.000,000 mg vit E; 0,8 g B1; 2,0 g B6; 4,80 g ácido pantoténico; 0,10 g biotina; 1,0 vit K3; 0,60 g ácido fólico; 26,0 g niacina; 8 mg vit B12; 0,10 selenio; 22,0 g Fe; 30,0 g Mn; 26,0 g Zn; 3,20 g Cu; 80 g cloruro de colina y 10 g dióxido silicio.

[2] Complejo enzimático con una composición registrada en virtud del fabricante de: β-xilanasa (1250UV/kg); β-glucanasa (860 UV/kg); fitasa (500 FTU/kg).

[3] Estudios según **Cobb - Vantress.com (2022).**

***** Valores obtenidos por análisis en laboratorio.

2.5.5. Muestras

Durante la fase experimental, a los 21 y 35 días de edad y con 2,5 horas de ayuno, tres aves al azar por cada repetición fueron sacrificadas por dislocación cervical, este tipo de sacrificio provoca una pérdida inmediata de la consciencia, considerada una eutanasia humanitaria **(Close *et al.* 2011).** Posteriormente, las aves sacrificadas fueron posicionadas en decúbito dorsal para exponer la cavidad celómica, esto se logra con un corte en la zona localizada por debajo de la pechuga y con dos pequeños cortes laterales en las costillas. Del intestino delgado, se tomó 3 cm de largo del segmento duodenal para ser lavado cuidadosamente con agua corriente y colocarlo en frascos de mínimo 50 ml con formol salino al 10%, etiquetados con el número de repetición y tratamiento, correspondiente. Posteriormente, las muestras fueron enviadas al Laboratorio de histología y patología animal para la realización de las placas histológicas.

2.6. Variable respuesta

2.6.1. Índices productivos

Los datos fueron tomados los días 7, 21, 35 y 42 días de edad, y el alimento fue suministrado según las recomendaciones de Cobb 500 **(Cobb - Vantress.com, 2018).**

- **Peso final (PF), g**

Con una balanza CAMRY (cap. 5kg; 1g), se tomó el peso inicial (PI) de todas las aves el día de su arribo al galpón, y también, al finalizar cada fase de alimentación, durante 42 días, de esta manera se determinó el peso final de cada etapa. Los datos obtenidos fueron registrados en el programa Excel.

- **Ganancia de peso (GP), g**

La ganancia de peso fue establecida al restar el PI del PF de cada ave durante los 42 días de evaluación, posteriormente se realizó promedios por cada repetición y tratamiento. La fórmula a utilizar fue:

$$\mathbf{GP\ (g) = PI\ (g) – PF\ (g)}$$

- **Consumo de alimento (CA), g**

El alimento fue suministrado en base a las necesidades del ave por día, en otras palabras, 50% en la mañana y el 50% restante en la tarde, y se pesaron los residuos con la ayuda de una balanza CAMRY (cap. 5kg; 1g). Se utilizo la fórmula:

$$\mathbf{CA= AI – AR}$$

Donde:

CA= alimento consumido

AI= alimento inicial

AR= alimento residual

- **Índice de conversión alimenticia (ICA), g/g**

Con datos registrados de la ganancia de peso y consumo de alimento se determinó el índice de conversión alimenticia. Para ello se utilizó la fórmula:

$$\mathbf{ICA = CA / GP}$$

- **Mortalidad (M), %**

Para conseguir el porcentaje de nivel de mortalidad, únicamente se dividió entre la cantidad de pollos muertos con la cantidad de pollos que se inició y finalmente se multiplicó por 100. Se estableció del siguiente modo:

$$\mathbf{M= AM / AVI \ x \ 100}$$

Donde:

AM= animales muertos

AVI= animales vivos inicio

- **Índice de eficiencia europeo (IEE)**

Para comparar la eficiencia de cada tratamiento se unificaron los datos obtenidos de los indicadores productivos, obteniendo así, un sólo valor absoluto. La fórmula correspondiente es:

$$\mathbf{IEE} = \frac{\mathbf{Peso(kg) \ x \ Viabilidad}}{\mathbf{ICA \ x \ Edad \ ponderada}} \mathbf{\ x \ 100}$$

Donde:

Viabilidad: 1 – Mortalidad (1 hace referencia al 100% de la sobrevivencia del lote).

- **Costo- Beneficio (C/B), $**

Dicha técnica posibilita analizar los costos y beneficios pertenecientes a cada tratamiento con el fin de establecer su rentabilidad o conveniencia para la presente investigación. Para ello, se ordenaron los gastos en costos variables y fijos;

posteriormente, fueron divididos de los beneficios netos o los ingresos obtenidos con la venta de las aves, es decir, la fórmula fue la siguiente:

C/B: Ingresos totales/ Costos de producción

2.6.2. Morfometría de vellosidades intestinales duodenales

Para la realización de las placas histológicas, las muestras fijadas en formol salino al 10%, fueron embebidas en parafina; con la ayuda de un micrótomo cada fragmento fue seccionado a 4 µM de grosor y teñidos con la técnica hematoxilina-eosina según el método presentado por **Sampias & Rolls (2020).** Con la ayuda de un microscopio Zeiss Primo Star 3 y una cámara Axiocam 208 mono se obtuvieron imágenes digitales de dichos cortes histológicos y por último, con el programa Imagej se evaluaron las siguientes variables morfométricas: largo de las vellosidades, tomando como referencia el ápice de la vellosidad alcanzando la base de la cripta colindante, según la metodología reportada por **Awad *et al*. (2006) y López Hernández *et al*., (2008)**; mientras tanto, para la medición del ancho se tomó en cuenta su base y su punta **(Nassiri Moghaddam et al., 2012; Sarmiento Tupacyupanqui, 2021).** También se midió la profundidad de las criptas de Lieberkühn, las cuales, se consideran desde la zona más alta del lumen hasta las células de Paneth, de acuerdo con el método descrito por **Rodríguez, (2014)**; todo esto fue medido en micras (µM).

2.7. Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con 5 tratamientos y 4 repeticiones incluyendo el testigo, es decir 20 unidades experimentales, cada una conformada por 20 aves, dando total de 400. Se aplicó el análisis de varianza (ADEVA) y dependiendo de la probabilidad se aplicó la prueba de Tukey con nivel de confianza al 95% para la separación de medias.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

3.1.1. Índices productivos

Tabla 6.

Índices productivos en aves Cobb 500 alimentados con butirato de sodio y flavomicina durante cuatro fases (preinicial, inicial, engorde y finalizadora).

LAPSOS (Días)	TRATAMIENTOS							
	T0	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**CV**	**p-valor**	**Sig.**
				Peso inicial, g				
1	44.18	43.03	42.24	43.56	43.26	1.32		
				Peso final, g				
1-7	169.47	174.04	172.54	174.65	167.43	3.27	0.367	N.S.
8-21	816.08	819.93	808.97	828.20	783.82	2.98	0.157	N.S.
22-35	2047.55	2000.74	1974.35	2043.73	1976.43	3.58	0.493	N.S.
36-42	2634.36	2690.27	2564.33	2631.18	2554.36	3.94	0.363	N.S.
				Ganancia de peso, g				
1-7	125.28	131.01	130.30	131.09	124.17	4.44	0.311	N.S.
8-21	646.61	645.89	636.43	653.55	616.39	3.40	0.199	N.S.
22-35	1231.48	1180.81	1165.39	1215.54	1192.61	4.91	0.588	N.S.
36-42	586.81	689.54	589.98	587.45	577.93	11.95	0.219	N.S.
				Consumo de alimento, g				
1-7	105.78	108.05	107.55	106.53	107.73	1.69	0.466	N.S.
8-21	870.17	860.94	866.78	862.19	854.72	2.37	0.873	N.S.
22-35	1987.63	1965.84	1930.00	1920.59	1944.35	3.16	0.615	N.S.
36-42	1434.21	1424.46	1388.92	1379.62	1415.77	2.71	0.290	N.S.
				Índice de conversión alimenticia, g/g				
1-7	0.85	0.83	0.83	0.81	0.80	4.91	0.350	N.S.
8-21	1.35	1.34	1.36	1.32	1.39	2.53	0.125	N.S.
22-35	1.61	1.67	1.66	1.59	1.63	4.39	0.501	N.S.
36-42	2.47	2.10	2.36	2.36	2.48	10.41	0.251	N.S.
				Mortalidad, %				
1-7	0	0	1.25	0	1.25			
8-21	3.75	1.25	1.25	0	2.50			
22-35	0	0	0	1.25	0			
36-42	0	1.25	2.50	0	0			

Nota: T0: control. T1: 0.05% BS. T2: 0.10 % BS. T3: 0.15% BS. T4: 0.05% Flavomicina. p – valor: probabilidad. Sig.: Significancia. N.S.: No significativo. g: gramos.

Tabla 7.

Índices productivos en aves Cobb 500 machos alimentados con butirato de sodio y flavomicina (1-42 días de edad).

TRATAMIENTOS / VARIABLES	T0	T1	T2	T3	T4			
	Butirato de Sodio				Flavomicina			
	0%	0.05%	0.1%	0.15%	0.05%			
						CV	p - valor	Significancia
Peso incial, g	44.18	43.03	42.24	43.56	43.26	1.32		
Peso final, g	2634.36	2690.27	2564.33	2631.18	2554.36	3.94	0.363	N.S.
Ganancia de peso, g	2590.18	2647.25	2522.09	2587.62	2511.10	4.01	0.369	N.S.
Consumo de alimento, g	4397.80	4359.29	4293.25	4268.92	4322.57	2.32	0.478	N.S.
Índice de conversión alimenticia, g/g	1.70	1.65	1.70	1.65	1.72	2.79	0.148	N.S.
Mortalidad, %	3.75	2.5	5	1.25	3.75			
Índice de eficiencia europeo	356.50	379.25	341	375.50	340	6.46	0.081	N.S.
Costo/Beneficio, $	1.06	1.09	1.02	1.09	1.03			

Nota: p – valor: probabilidad. N.S.: No significativo. g: gramos.

- **Peso final, g**

Entre los pesos finales obtenidos a los 42 días de vida de las aves, no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los diferentes tratamientos (p=0.363), alcanzando las siguientes: T1 (2690.27 g), T0 (2634.36 g), T3 (2631.18 g), T2 (2564.33 g) y T4 (2554.36 g) (Figura 1). Datos que contrastan con el estudio de **Hu & Guo (2007)**, donde evaluaron inclusiones de 0.05, 0.1 y 0.2% de BS y, a los 42 días tampoco obtuvieron diferencias estadísticas significativas entre las medias de pesos finales, sin embargo, señalan que la aplicación de BS al 0.05% mejoró numéricamente el rendimiento productivo de las aves. Así, mismo, los resultados de **Wu et al. (2018) y Pascual et al. (2020)** demuestran que no existen diferencias significativas en el peso corporal al aplicar BS en la dieta durante toda la fase experimental.

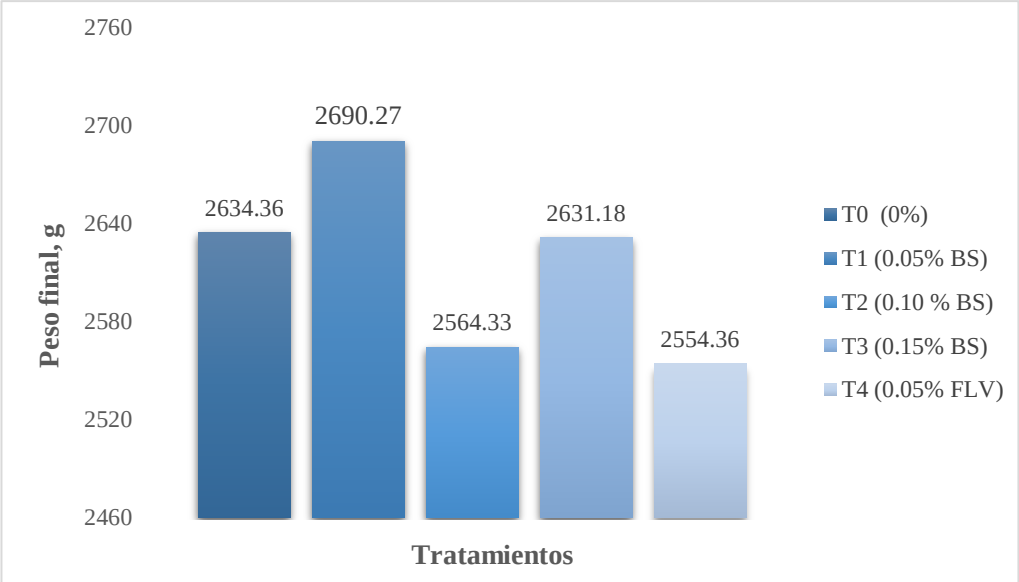


Figura 1.

Esquema gráfico del peso final de aves a los 42 días de vida.

- **Ganancia de peso, g**

Se puede observar que T1 alcanzó una GP con 689.54 g, seguido por T2: 589.98 g, T3: 587.45 g T0: 586.81 g, y, por último, T4: 577.93 g (Figura 2). Estadísticamente, estas estimaciones no presentan diferencias significativas (p=0.369), por consiguiente, los diferentes tratamientos no influyeron sobre la GP durante los 42 días de vida. Valores que son corroborados por **R. X. Lan et al. (2020),** quienes demostraron en su investigación que a los 21 días de edad de las aves la aplicación de BS al 0.06% tuvo una mayor GP en comparación a las dietas control y aquellas suplementadas con 0.03 y 0.12% de BS; no obstante, durante el período de 22 a 45 días no existieron diferencias significativas entre los tratamientos. Estos resultados son similares a los de **Chamba et al. (2014)**, al evidenciar que el BS (0.07%) superó al tratamiento con APC en dicha variable. Cabe mencionar que en casos donde las aves se encuentren ante un desafío de carácter nutricional o patógeno como la Salmonella entérica, la suministración de BS mejora significativamente la GP promedio frente al grupo control porque disminuye la gravedad de la enfermedad y la colonización intestinal **(Abd El-Ghany et al., 2016).**

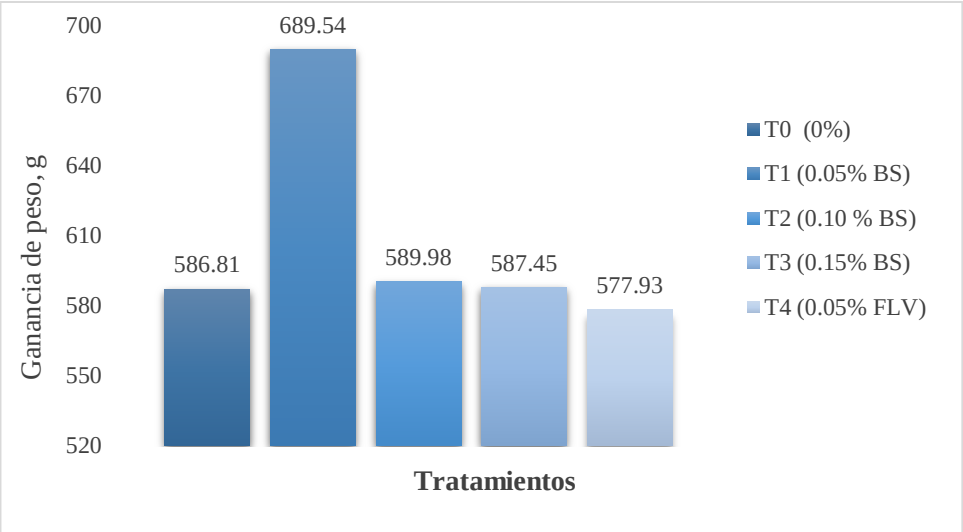


Figura 2.

Ganancia de peso promedio durante todo el período experimental.

- **Consumo de alimento, g**

Las medias del consumo de alimento durante 42 días, demuestran que el grupo de aves pertenecientes a T0 tuvo una mayor ingesta de alimento (4397.8 g), seguidamente de T1 (4359.29 g), T4 (4322.57 g), T2 (4293.25 g), y al final, T3 (4268.92 g) (Figura 3). Sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas (p=0.478). Del mismo modo, **Panda et al. (2009)** incluyeron en la dieta de pollos de engorde 0.2, 0.4 y 0.6% de BS, así como, 0.05% de un APC; este último tratamiento conjuntamente con la control (0%) tuvieron un mayor consumo de alimento en comparación de aquellas con BS, aun así, no mostraron diferencias significativas. Resultados que coinciden con diferentes autores, quienes aseguran no encontrar diferencias estadísticas entre los días 22 y 45 e incluso durante el período en general **(Hu & Guo, 2007; R. X. Lan et al., 2020; Pascual et al., 2020).**

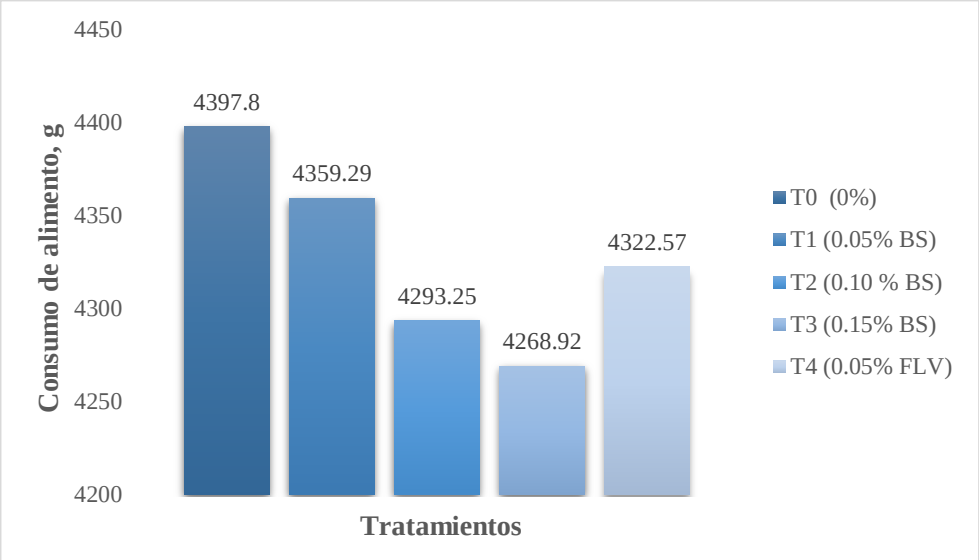


Figura 3.

Expresión gráfica del consumo de alimento (1-42 días).

- **Índice de conversión alimenticia, g/g**

No se reportaron diferencias estadísticamente significativas entre las medias de esta variable (p=0.148), donde T1 y T3 comparten el mismo ICA con 1.65, T0 y T2 con 1.70, y T4 con 1.72 (Figura 4). Datos que concuerdan con lo propuesto por **Mendoza et al. (2019)** quien asegura que al evaluar dosis de 0.1% de BS, se obtiene un ICA matemáticamente menor, pero no significativo en el grupo de aves con BS. De igual forma, **Hanim et al. (2023)** demostraron que la aplicación de BS (0.1%) en el alimento no influyó sobre la tasa de conversión alimenticia. Por el contrario, **Panda et al. (2009)** evidenció a las 5 semanas que la inclusión de BS al 0.4% mejoró significativamente el ICA de las aves, en comparación al grupo suplementado con furazolidona (APC) y con BS al 0.2%.

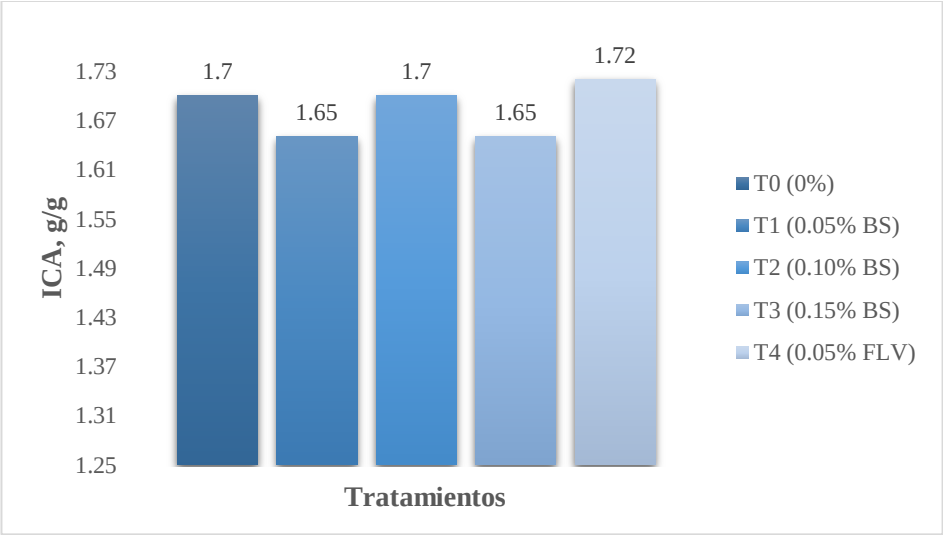


Figura 4.

Representación gráfica de los índices de conversión alimenticia entre los días 1 – 42.

- **Mortalidad, %**

En cuanto se refiere a mortalidad, se registra un mayor porcentaje para T2 (5%), seguido por T0 y T4 (3.75%), T1 (2.5%) y T3 (1.25%) respectivamente. Sin embargo, las causas de muertes son ajenas a los tratamientos, como es la calidad de pollito BB (onfalitis, infartos, entre otros); esto se asemeja con los resultados de **Hu & Guo (2007)** al demostrar que la suplementación con BS no influye sobre la mortalidad de las aves.

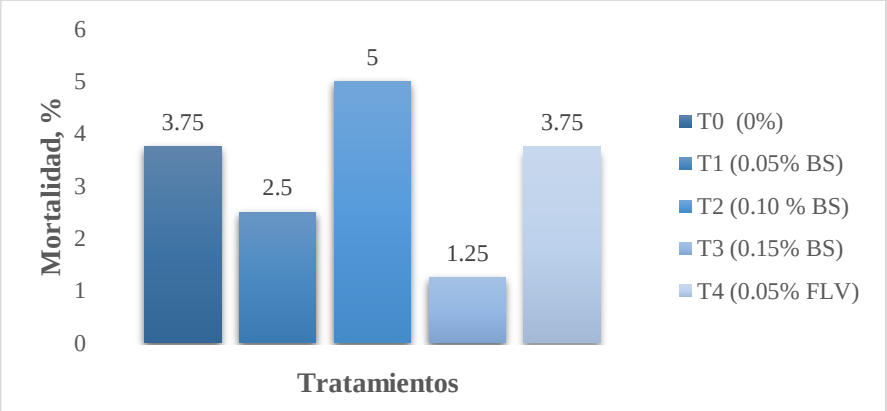


Figura 5.

Registro de mortalidad (1-42 días).

Análisis de índices productivos evaluados en pollos Cobb 500 alimentados con butirato de sodio (1 – 42 días de edad).

En la actualidad, el ácido butírico se ha convertido en un aditivo en la alimentación de aves de engorde, al proporcionar una mejora en su salud intestinal y rendimiento productivo; sin embargo, es posible que dichos efectos varíen. Por esto, en el presente estudio, se evaluó el butirato de sodio a diferentes dosis en aves Cobb 500 bajo las condiciones climáticas de la granja avícola San Francisco; donde se evidenció que los índices productivos (peso final, ganancia de peso, consumo de alimento e índice de conversión alimenticia) no presentaron diferencias significativas en todo el período experimental, estos resultados son corroborados por **Wu et al. (2018)** quienes

mencionan que la adición de BS en la dieta no mostró cambios sobre el rendimiento general, sin embargo, **Pascual et al.(2020)** asegura que al aplicar 0.1% de BS tras un reto con *Escherichia Coli* mejora notablemente la productividad de las aves; por lo tanto, se infiere que al mantener los pollos en un espacio con una buena bioseguridad o con una alimentación correcta, el BS no presentará una respuesta que promueva su desarrollo productivo **(Song et al., 2017)**. Por otro lado, **Panda et al. (2009)** concluyeron que una elevada cantidad de BS (0.4%) proporciona un óptimo crecimiento, dichos resultados difieren con los del presente estudio donde matemáticamente T1 (0.05 % BS) y T3 (0.15%) mostraron los mejores índices productivos, del mismo modo, **Leeson et al. (2005)** afirman que un bajo nivel de BS (0.2%) es suficiente para que las aves mantengan un adecuado rendimiento. Estas diferencias pueden ser atribuidas a la composición (forma libre, como triglicérido o asociado a una sal) y concentración de BS dentro del producto.

- **Índice de Eficiencia Europeo**

Por medio del IEE es posible evaluar fácilmente la rentabilidad del lote, para lo cual, se debe obtener un valor mayor a 200, según lo menciona **(Cuellar et al., 2007).** En el presente estudio se analizó cada tratamiento sin presentar diferencias estadísticamente significativas; T1 muestra un IEE de 379.25, seguidamente está T3 (375.5), T0 (356.50), por último, T2 y T4, con 341 y 340, respectivamente (Figura 6).

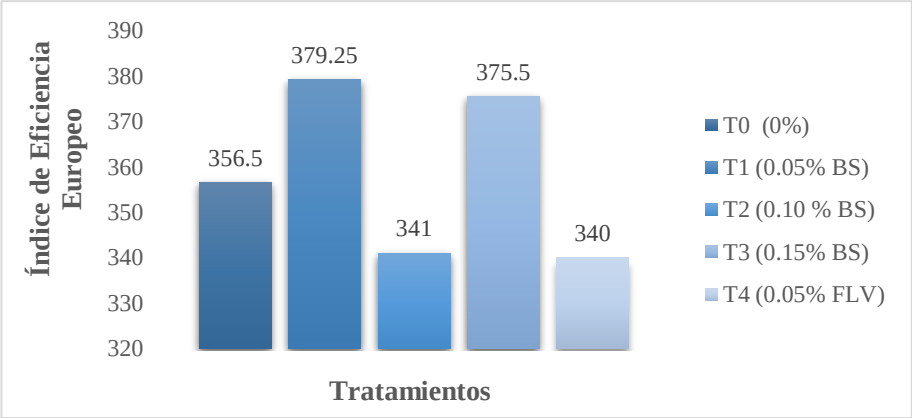


Figura 6.

Esquema gráfico del IEE de los tratamientos (1-42 días).

3.1.2. Relación Costo/Beneficio, $

Tabla 8.

Estimación económica de los índices productivos con diferentes niveles de butirato de sodio y flavomicina.

RUBROS	TRATAMIENTOS				
	T0	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**
Costos, $					
Pollos	50.4	50.4	50.4	50.4	50.4
Tamo	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Detergente clorado	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
Glutaraldehído	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Detergente ácido	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
Mosquicida	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Vacuna/Ma5+clone	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Vacuna/Gumboro	0.30	0.30	0.29	0.30	0.29
Vacuna/Newcastle	0.15	0.16	0.16	0.16	0.15
Balanceado Preinicial	4.46	4.52	4.54	4.52	4.51
Balanceado Inicial	33.90	33.83	34.24	34.21	33.52
Balanceado Engorde	76.17	76.09	75.08	75.10	75.09
Balanceado Finalizador	54.99	54.71	53.60	53.51	54.23
Agua	1.12	1.12	1.10	1.09	1.11
Gas	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50
Mano de obra	92.00	92.00	92.00	92.00	92.00
Arrendamiento del galpón	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Total costos	344.83	344.47	342.75	342.63	342.64
Ingresos					
Peso, kg	2.64	2.69	2.56	2.63	2.55
Número de aves	77	78	76	79	77
Precio/kg, $	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
Total ingresos, $	365.90	377.68	350.21	373.99	353.43
C/B, $	1.06	1.09	1.02	1.09	1.03

Al finalizar el proyecto de investigación se evaluó la relación C/B de cada tratamiento donde se verificó que T2 obtuvo el valor más bajo (1.02), continuado por T4 con 1.03, T0 con 1.06, y T1 junto con T3 alcanzaron 1.09; esto quiere decir, que por cada dólar

invertido se logra una ganancia de 9 centavos; por ende, T1 y T3 mostraron un beneficio superior frente a T2, a pesar de que todas las aves no mostraron diferencias estadísticas en su rendimiento productivo. Este análisis económico es compatible con el estudio de **Melo (2021)** al demostrar que la inclusión de BS disminuye el costo del alimento de las aves; aunque, recomienda al nutricionista tomar en cuenta los precios locales de los ingredientes utilizados; tal es el caso de **Castro Verduguez (2020)** quien obtuvo un beneficio menor en el tratamiento con BS en comparación al control. Para finalizar, es importante mencionar que el precio de la lb o kg de pollo tiende a variar constantemente, debido a la oferta – demanda del mercado.

3.1.3. Morfometría de las vellosidades intestinales (duodenales)

Tabla 9.

Morfometría de vellosidades duodenales de aves Cobb 500 alimentados con butirato de sodio y flavomicina (21 y 35 días de edad).

EDAD (Días)	TRATAMIENTOS							
	T0	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**CV**	**p-valor**	**Sig.**
	Largo (µM)							
21	1294.25	1301.25	1298.50	1306.00	1294.42	0.89	0.057	N.S.
35	1604.08	1612.75	1606.50	1615.33	1587.08	1.63	0.086	N.S.
	Ancho (µM)							
21	133.67	145.75	138.58	149.92	137.42	12.01	0.137	N.S.
35	158.17	160.25	159.08	167.00	153.17	10.02	0.338	N.S.
	Profundidad de cripta (µM)							
21	265.08	275.08	272.83	281.75	258.83	8.49	0.140	N.S.
35	494.08	495.92	493.42	504.33	487.83	4.37	0.462	N.S.

Nota: T0: control. T1: 0.05% BS. T2: 0.10 % BS. T3: 0.15% BS. T4: 0.05% Flavomicina. p – valor: probabilidad. Sig.: Significancia. N.S.: No significativo. g: gramos.

Tal como se observa en la Tabla 9, la morfometría de las vellosidades duodenales (largo, ancho y profundidad de cripta) entre los 21 y 35 días de edad, no mostraron diferencias estadísticamente significativas. No obstante, según la Figura 7 y 8, se

observa un mejor desarrollo intestinal en T3 y T1 en ambos períodos de evaluación; datos que son contrastados con lo observado por **Panda et al., (2009)** quienes evidenciaron un incremento en el largo y profundidad de cripta a nivel duodenal en todos los grupos suplementados con BS; asimismo, **Vieira et al. (2008)** señalan no encontrar diferencias significativas sobre dichas variables en los días 7, 14, 21 y 42. Por otro lado, **Sikandar et al. (2017)** reseñan una mayor altura de vellosidades a los 21 días con BS al 0.05%, y a los 35 con 0.1%; por lo tanto, se infiere que existe una mejora lineal acorde a la cantidad de BS suministrado. De este modo, un aumento en el largo y ancho de las vellosidades conjuntamente con una adecuada profundidad de criptas, mejoran la capacidad de absorción de los diferentes nutrientes proporcionando una óptima salud intestinal y por ende, una mayor ganancia de peso; así, el tono arquitectónico del intestino delgado está estrechamente relacionado con el rendimiento productivo del ave **(Marchewka et al., 2021).** Para finalizar, el BS además de brindar energía a los enterocitos y promover el crecimiento adecuado de las vellosidades también posee una propiedad bactericida, principalmente en las aves jóvenes que no han sido protegidas con un APC; en este aspecto, **Leeson et al. (2005)** demostraron una mejor morfometría duodenal en las aves alimentadas con BS al 0.2% en comparación con aquellas que consumieron bacitracina.

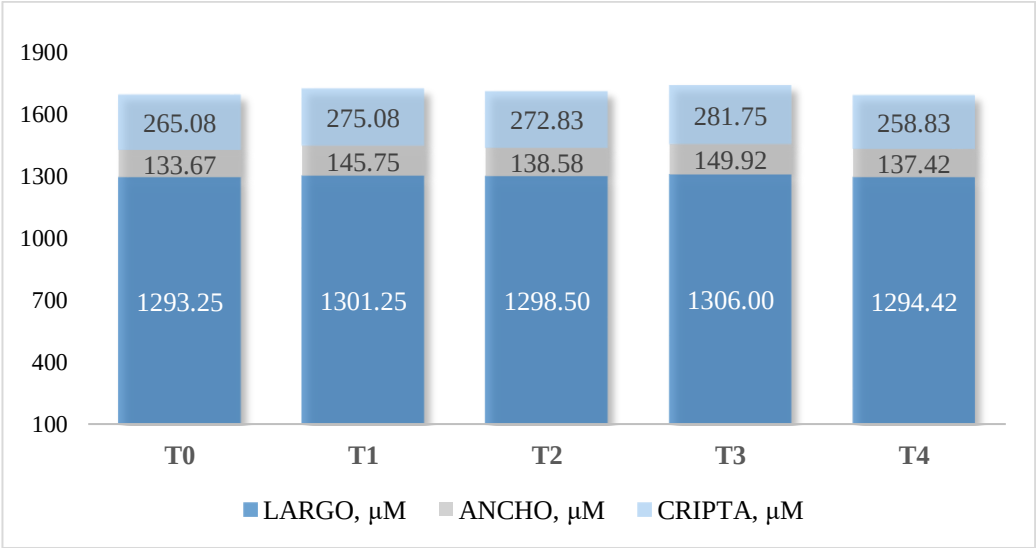


Figura 7.

Largo, ancho y profundidad de cripta de vellosidades duodenales con 21 días.

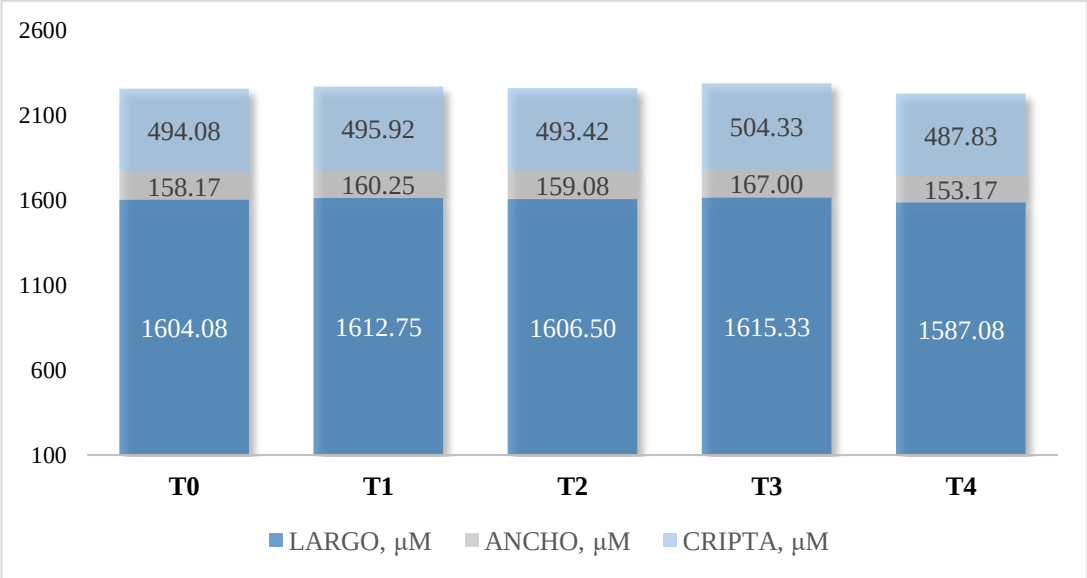


Figura 8.

Largo, ancho y profundidad de cripta de vellosidades duodenales con 35 días.

3.2. Comprobación de la hipótesis

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio, se acepta la hipótesis nula (Ho), puesto que, el butirato de sodio no influye sobre los índices productivos y morfometría de las vellosidades intestinales en pollos de engorde.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Al evaluar la inclusión de butirato de sodio (0, 0.05, 0.10 y 0.15%) frente a un tratamiento con un APC (flavomicina 0.05%) en pollos de engorde durante 42 días, se obtuvieron los mejores resultados en los grupos suministrados con BS al 0.05% y 0.10%.

- De acuerdo con los tratamientos: T0 (control), T1 (0.05% BS), T2 (0.10% BS), T3 (0.05% BS) y T4 (0.05% flavomicina), se calcularon los índices productivos entre ellos: peso final (g), ganancia de peso (g), consumo de alimento (g), índice de conversión alimenticia (g/g), mortalidad (%) e índice de eficiencia europeo; donde T1 y T3 alcanzaron los mejores promedios, sin mostrar diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

- La inclusión de BS y flavomicina no mostraron diferencias estadísticas significativas sobre la morfometría de las vellosidades intestinales duodenales a los 21 y 35 días de edad (ancho y largo de vellosidad, y profundidad de cripta), sin embargo, T1 y T3 destacan por obtener las medias más altas en ambos períodos.

- Se determinó el costo/beneficio (C/B) de los tratamientos, donde T1 y T3 ofrecieron un mayor beneficio, con una ganancia de 9 ctvs por $1 de inversión, frente a T2 con 2 ctvs, seguido de T4 con 4 ctvs y T0 con 6 ctvs.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda la utilización de BS como una alternativa biotecnológica al uso de APC, debido a que se obtuvieron similares resultados entre el BS y la flavomicina.

- Se sugiere evaluar el BS en aves con problemas bacterianos entéricos, ya que, dicho aditivo regula el microbiota intestinal pudiendo mejorar su comportamiento productivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abd El-Ghany, W. A., Awaad, M., Nasef, S., & Gaber, A. (2016). Effect of Sodium Butyrate on Salmonella Enteritidis Infection in Broiler Chickens. *Asian Journal of Poultry Science*, *10*, 104–110. https://doi.org/10.3923/ajpsaj.2016.104.110

Acosta, A. (2022). *Tránsito intestinal en aves*. Veterinaria Digital - Avicultura, Porcicultura, Rumiantes y Acuicultura. http://https%253A%252F%252Fwww.veterinariadigital.com%252Farticulos%252Ftransito-intestinal-en-aves%252F

Aguilera Díaz, A. (2017). El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas. *Cofin Habana*, *11*(2), 322–343.

Ahsan, U., Cengiz, Ö., Raza, I., Kuter, E., Chacher, M. F. A., Iqbal, Z., Umar, S., & Çakir, S. (2016). Sodium butyrate in chicken nutrition: The dynamics of performance, gut microbiota, gut morphology, and immunity. *World's Poultry Science Journal*, *72*(2), 265–275. https://doi.org/10.1017/S0043933916000210

Ali, N., Alkassar, S., & Alkassar, A. (2018). The Effect of Using Organic Acid as an Alternative to Antibiotics Drugs on Productive and Physiological Performance of Broilers Ross 308. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, *6*(9). https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2018/6.9.359.365

Anacona, O. J., & Tintinago, D. Y. (2018). *Evaluación de parámetros productivos y económicos en pollos de engorde en etapa de finalización, alimentados con harina de chachafruto Erythrina Edulis, en la granja de la fundación universitaria de Popayán* [Fundación Universitaria de Popayán].

https://univida fup.edu.co/repositorio/files/original/b54af4e2242acff064ca1241fa62d072.pdf

Ángel-Isaza, J., Mesa-Salgado, N., & Narvaez-Solarte, W. (2019). Ácidos orgánicos, una alternativa en la nutrición avícola: Una revisión. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, *14*(2), Article 2. https://doi.org/10.21615/cesmvz.14.2.4

Awad, W. A., Böhm, J., Razzazi-Fazeli, E., Ghareeb, K., & Zentek, J. (2006). Effect of addition of a probiotic microorganism to broiler diets contaminated with deoxynivalenol on performance and histological alterations of intestinal villi of broiler chickens. *Poultry Science*, *85*(6), 974–979. https://doi.org/10.1093/ps/85.6.974

Becchetti, P. A. (2022, December 28). *Qué son los costos de producción, cómo calcularlos y ejemplos*. Blog del E-commerce. https://www.tiendanube.com/blog/costos-de-produccion/

Betancourt López, L. (2013). *Alternativas naturales como para aves*. Universidad de La Salle. Ediciones Unisalle. https://doi.org/10.19052/9789585136489

Bolder, N., Wagenaar, J., Putirulan, F., Veldman, K., & Sommer, M. (1999). The effect of flavophospholipol (Flavomycin) and salinomycin sodium (Sacox) on the excretion of Clostridium perfringens, Salmonella enteritidis, and Campylobacter jejuni in broilers after experimental infection. *Poultry Science*, *78*(12), 1681–1689. https://doi.org/10.1093/ps/78.12.1681

Calagua Yaya, M. A. (2023). *Salud intestinal en pollos de engorde*. https://www.linkedin.com/pulse/salud-intestinal-en-pollos-de-engorde-mayra-alexandra-calagua-yaya/?originalSubdomain=es

Carro, M. D., & Ranilla, M. J. (2002). *Los Aditivos Antibióticos Promotores del crecimiento de los animales: Situación actual y posibles Alternativas*.

https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/01-aditivos_antibioticos_promotores.pdf

Castro Verduguez, V. (2020, December 6). *Efecto de la inclusión de butirato de sodio encapsulado sobre los parámetros productivos y económicos de pollos de engorde*. http://ddigital.umss.edu.bo:8080/jspui/handle/123456789/20797

Cervantes, H. (2011, November 24). Integridad intestinal en aves. *Watt Industria Avicola*. https://www.industriaavicola.net/enfermedades-y-sanidad/integridad-intestinal-en-aves/

Cervantes, H. (2013). *El uso de antibióticos en la producción avícola: Pasado, presente y futuro*. Elsitio Avicola. https://www.elsitioavicola.com/articles/2301/el-uso-de-antibiaticos-en-la-produccian-avacola-pasado-presente-y-futuro/

Chamba, F., Puyalto, M., Ortiz, A., Torrealba, H., Mallo, J. J., & Riboty, R. (2014). Effect of Partially Protected Sodium Butyrate on Performance, Digestive Organs, Intestinal Villi and E. coli Development in Broilers Chickens. *International Journal of Poultry Science*, *13*, 390–396. https://doi.org/10.3923/ijps.2014.390.396

Chávez, L., López, A., & Parra, J. (2016). Crecimiento y desarrollo intestinal de aves de engorde alimentadas con cepas probióticas. *Archivos de Zootecnia*, *65*(249), 51–58. https://doi.org/10.21071/az.v65i249.441

Close, B., Banister, K., Bernoth, E., Bromage, N., Bunyan, P., Erhardt, W., Flecknell, P., & Gregory, N. (2011). *Recomendaciones para la Eutanasia de los Animales de Experimentación: Parte 2*.

Cobb - Vantress.com. (2018). *Suplemento informativo sobre rendimiento y nutrición de pollos de engorde*. https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/c8850fbe02/6998d7c0-12d1-11e9-9c88-c51e407c53ab.pdf

Cobb - Vantress.com. (2019). *Guía de manejo del pollo de engorde Cobb*. https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/ec35b0ab1e/Broiler-Guide-2019-ESP-WEB_2.22.2019.pdf

CONAVE. (2023, February 23). *Cifras actualizadas del sector avícola*. https://conave.org/cifras-actualizadas-del-sector-avicola/

Cuellar, D. R. D., Rivero, D., & Collante, J. (2007). *Evaluación productiva (ior) en una granja de pollos de engorde del estado Trujillo de Venezuela con dos sistemas de producción (estudio de casos).*

Gallardo Yarleque, J. C. (2023). *Efecto del Butirato de Sodio en los Parámetros Productivos en Pollos Cobb 500, Chiclayo*. http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/11344

GetaMap. (2023). *Patate / Provincia del Tungurahua*. https://es.getamap.net/mapas/ecuador/tungurahua/_patate/

Habtamu, A. (2022). *Uso de Aditivos como alternativas a los APC en Broilers*. nutriNews, la revista de nutrición animal. https://nutrinews.com/uso-de-aditivos-como-alternativas-a-los-apc-en-produccion-de-broilers/

Hanim, C., Dono, N. D., Ariyadi, B., Habibi, M. F., Al Anas, M., & Hanif, M. F. (2023). Effect of protected sodium butyrate on growth performance,carcass traits, relative weight of digestive organsand intestinal histomorphology of broilers. *Journal of Animal and Feed Sciences*, *32*(4), 413–419. https://doi.org/10.22358/jafs/166080/2023

Hongyu, X. (2020, October 26). La salud intestinal hace posible la cría de pollos de engorde sin antibióticos. *Actualidad Avipecuaria*. https://actualidadavipecuaria.com/la-salud-intestinal-hace-posible-la-cria-de-pollos-de-engorde-sin-antibioticos/

Hu, Z., & Guo, Y. (2007). Effects of dietary sodium butyrate supplementation on the intestinal morphological structure, absorptive function and gut flora in chickens. *Animal Feed Science and Technology - anim feed sci tech*, *132*, 240–249. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.03.017

Itza, M., & Ciro, J. (2020, July 24). *Parámetros productivos importancia en producción avícola—BM Editores*. https://bmeditores.mx/avicultura/parametros-productivos-importancia-en-produccion-avicola/

Itzá Ortiz, M., & Corona, J. (2020). *Paramétros productivos en la avicultura*.

Lan, R., Li, S., Chang, Q., An, L., & Zhao, Z. (2020). Sodium butyrate enhances growth performance and intestinal development in broilers. *Czech Journal of Animal Science*, *65*(1), 1–12. https://doi.org/10.17221/190/2019-CJAS

Lan, R. X., Li, S. Q., Zhao, Z., & An, L. L. (2020). Sodium butyrate as an effective feed additive to improve growth performance and gastrointestinal development in broilers. *Veterinary Medicine and Science*, *6*(3), 491–499. https://doi.org/10.1002/vms3.250

Layter, J. R., Buzim, R., Fonseca, G., Schuroff, J. S., de Souza Glaeser, L. P., & Müller Fernandes, J. I. (2021). Association of sodium butyrate and phytase on the performance, bone quality and intestinal development in broilers. *Czech Journal of Animal Science*, *66*(9), 368–380. https://doi.org/10.17221/184/2020-CJAS

Leeson, S., Namkung, H., Antongiovanni, M., & Lee, E. H. (2005). Effect of butyric acid on the performance and carcass yield of broiler chickens. *Poultry Science*, *84*(9), 1418–1422. https://doi.org/10.1093/ps/84.9.1418

Lopez Hernandez, N., Afanador Téllez, G., & Ariza Nieto, C. (2008). *Evaluación del efecto de la suplementación de levaduras sobre la morfometría de vellosidades intestinales y productos de la microflora en pollos*. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/24698

Marchewka, J., Sztandarski, P., Zdanowska-Sąsiadek, Ż., Adamek-Urbańska, D., Damaziak, K., Wojciechowski, F., Riber, A. B., & Gunnarsson, S. (2021). Gastrointestinal Tract Morphometrics and Content of Commercial and Indigenous Chicken Breeds with Differing Ranging Profiles. *Animals : An Open Access Journal from MDPI*, *11*(7), 1881. https://doi.org/10.3390/ani11071881

Martinez Rocha, A. K. (2012). *Uso de antimicrobianos en la avicultura: Sus implicaciones en la salud pública*. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/20773

Melo, J. (2021). *Reducción de costos en dietas de pollos formulando butirato de sodio doblemente tamponado para la mejora de la salud intestinal*. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23022.33605

Mendoza, O. V., Zarate, J., & Vázquez, P. (2019). *Eficacia del butirato sódico parcialmente protegido como mejorador de los parámetros productivos de pollos de engorda bajo condiciones comerciales en México*.

Migone, N. (2013). *Salud intestinal en las aves: El mundo interior*. Elsitio Avicola. https://www.elsitioavicola.com/articles/2464/salud-intestinal-en-las-aves-el-mundo-interior-2/

Nassiri Moghaddam, H., Salari, S., Arshami, J., Golian, A., & Maleki, M. (2012). Evaluation of the nutritional value of sunflower meal and its effect on performance, digestive enzyme activity, organ weight, and histological alterations of the intestinal villi of broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, *21*(2), 293–304. https://doi.org/10.3382/japr.2011-00396

Nataraja, D., Malathi, V., Sreedhara, J. N., Jayanaik, & Rani, B. K. (2020). Effect of Butyric Acid Supplementation on Gut Health in Broiler Chicken. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *9*(2), 2521–2532. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.902.287

Oller, A. F. (2020, January 23). *Alternativa innovadora a los Antibióticos Promotores del Crecimiento*. nutriNews, la revista de nutrición animal. https://nutrinews.com/alternativa-innovadora-a-los-antibioticos-promotores-del-crecimiento/

Ortiz, A. (2014, June 11). *Butirato sódico en dietas para aves*. aviNews, la revista global de avicultura. https://avinews.com/salud-intestinal-y-absorcion-de-nutrientes-butirato-sodico-en-dietas-para-aves-de-carne/

Orús, A. (2023). *Carne de pollo: Máximos productores del mundo 2022-2023*. Statista. https://es.statista.com/estadisticas/1330308/paises-lideres-en-produccion-de-carne-de-pollo-a-nivel-mundial/

Paap, P. (2016). *Enteritis necrótica y coccidiosis, papel multifactorial del butirato en la salud intestinal*. https://nutrinews.com/download/0116-articulo-enteritis-necrotica%20(1).pdf

Panda, A. K., Rao, S. V. R., Raju, M. V. L. N., & Sunder, G. S. (2009). Effect of Butyric Acid on Performance, Gastrointestinal Tract Health and Carcass

Characteristics in Broiler Chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *22*(7), 1026–1031.

Pascual, A., Trocino, A., Birolo, M., Cardazzo, B., Bordignon, F., Ballarin, C., Carraro, L., & Xiccato, G. (2020). Dietary supplementation with sodium butyrate: Growth, gut response at different ages, and meat quality of female and male broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, *19*(1), 1134–1145. https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1824590

Pinto, D. S. (2019). *El valor de la Histología y la Histomorfometría en la Salud Intestinal*. https://avinews.com/download/Histologia-y-la-Histomorfometria-en-la-Salud-Intestinal-Nuproxa.pdf

Rodríguez, C. (2014). *Determinación de los parámetros morfométricos del duodeno de pollos de engorde después de la administración de una mezcla de probióticos* [Universidad de la Salle]. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1248&context=medicina_veterinaria

Sampias, C., & Rolls, G. (2020). Protocolo de tinción con hematoxilina eosina. *Leica Biosystems*. https://www.leicabiosystems.com/es/knowledge-pathway/he-staining-overview-a-guide-to-best-practices/

Sánchez Herrera, I., Posadas Hernández, E., Sánchez Ramírez, E., Fuente Martínez, B., Hernández Espinoza, J., Laparra Vega, J. L., & Ávila González, E. (2009). Efecto del butirato de sodio en dietas para gallinas sobre el comportamiento productivo, calidad del huevo y vellosidades intestinales. *Veterinaria México*, *40*(4), 397–403.

Sarmiento Tupacyupanqui, M. del C. (2021). Morfometría de la mucosa del intestino delgado de cuyes (Cavia porcellus) suplementados con vitamina C y sometidos

a la reducción del espacio vital. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/17218

Sikandar, A., Zaneb, H., Younus, M., Masood, S., Aslam, A., Khattak, F., Ashraf, S., Yousaf, M. S., & Rehman, H. (2017). Effect of sodium butyrate on performance, immune status, microarchitecture of small intestinal mucosa and lymphoid organs in broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *30*(5), 690. https://doi.org/10.5713/ajas.16.0824

Song, B., Li, H., Wu, Y., Zhen, W., Wang, Z., Xia, Z., & Guo, Y. (2017). Effect of microencapsulated sodium butyrate dietary supplementation on growth performance and intestinal barrier function of broiler chickens infected with necrotic enteritis. *Animal Feed Science and Technology*, *232*. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.07.009

Uitgeverij, M. (2021, August 6). *Sodium butyrate supplementation for poultry—Coated or uncoated?* All About Feed. https://www.allaboutfeed.net/animal-feed/feed-additives/sodium-butyrate-supplementation-for-poultry-coated-or-uncoated/

Vázquez, M., & Zárate, D. (2019, July 4). *Butirato sódico en aves: Un paso adelante en la protección y liberación adecuada - BM Editores*. https://bmeditores.mx/avicultura/butirato-sodico-aves-proteccion-liberacion-adecuada/

Vieira, S. L., Oyarzabal, O. A., Freitas, D. M., Berres, J., Peña, J. E. M., Torres, C. A., & Coneglian, J. L. B. (2008). Performance of Broilers Fed Diets Supplemented with Sanguinarine-Like Alkaloids and Organic Acids1. *Journal of Applied Poultry Research*, *17*(1), 128–133. https://doi.org/10.3382/japr.2007-00054

Villón, S. (2023). *Patate*. https://sites.google.com/unemi.edu.ec/provincia-de-tungurahua/patate

Wu, W., Xiao, Z., An, W., Dong, Y., & Zhang, B. (2018). Dietary sodium butyrate improves intestinal development and function by modulating the microbial community in broilers. *PLoS ONE*, *13*(5), e0197762. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197762

Zambrano, Á. (2021). *Morfometría del epitelio intestinal de pollos cobb 500 por efecto de adición alimentaria con extracto acuoso de orégano (origanum vulgare, l)* [Escuela superior politécnica agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1398/1/TTMV20D.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Ficha de recolección de datos.

T0 R1

4 TOBOFO 1

GRANJA:
GALPON:
CANTIDAD: 20
SEXO: Macho

LOTE DE PRODUCCION:
INCUBADORA:
PESO INICIAL GRANJA: 42.7 g
MORTA. LLEGADA: 0

UNIFORMIDAD%: 70
LOTE REPRODUCTOR:
LINEA GENETICA: Cobb 500
GALPONERO:

FECHA INGRESO: 29 de marzo
HORA INGRESO: 12:00 am
IEE:

EDAD				ALIMENTO							MORTALIDAD				SALDO POLLOS	PARAMETROS		TRATAMIENTOS, VACUNAS, OBSERVACIONES
					CONSUMO						DIARIA		ACUM					
SEM	DIA	DIAS	FECHA	INGRESO GR	CONSUMO TABLA GR	CONSUMO ACUM TABLA	SOBRANTE	CONSUMO GR	GR/DIA/AVE	GR/ ACUM/AVE	GR ACUM	#	%	#	%		TABLA	GRANJA	
	VIERNES	1	29-mar	280			176	104	5.2	5.2	104	0	0	0	0	20	PESO		
	SÁBADO	2	30-mar	200			46	154	7.7	12.9	258	0	0	0	0	20	205	170.6	
	DOMINGO	3	31-mar	220			11	209	10.45	23.35	467	0	0	0	0	20	CONSUMO		
1	LUNES	4	01-abr	290			2	288	14.4	37.75	755	0	0	0	0	20	182	103	
	MARTES	5	02-abr	400			8	392	19.6	57.35	1147	0	0	0	0	20	CONVERSION		
	MIÉRCOLES	6	03-abr	440			7	433	21.65	79	1580	0	0	0	0	20	0.89	0.64	
	JUEVES	7	04-abr	600		182	0	600	30	109	2180	0	0	0	0	20	G/D	127.9	
	VIERNES	8	05-abr	725	40	222	0	725	36.25	145.25	2905	0	0	0	0	20	PESO		
	SÁBADO	9	06-abr	800	45	267	0	800	40	185.25	3705	0	0	0	0	20	603		
	DOMINGO	10	07-abr	800	52	319	0	800	40	225.25	4505	0	0	0	0	20	CONSUMO		
2	LUNES	11	08-abr	800	60	379	0	800	40	265.25	5305	0	0	0	0	20	615		vacuna
	MARTES	12	09-abr	700	68	447	0	700	35	300.25	6005	0	0	0	0	20	CONVERSION		
	MIÉRCOLES	13	10-abr	1100	78	525	0	1100	55	355.25	7105	0	0	0	0	20	1.02		
	JUEVES	14	11-abr	1200	90	615	0	1200	60	415.25	8305	1	5	1	5	19	G/P		
	VIERNES	15	12-abr	1200	89	704	0	1200	63.16	478.41	9505	0	0	0	0	19	PESO		
	SÁBADO	16	13-abr	1300	96	800	0	1300	68.42	546.83	10805	0	0	0	0	19	1188	797.53	
	DOMINGO	17	14-abr	1500	103	903	0	1500	78.95	625.78	12305	0	0	0	0	19	CONSUMO		
3	LUNES	18	15-abr	1500	110	1013	0	1500	78.95	704.72	13805	0	0	0	0	19	1385	967.88	
	MARTES	19	16-abr	1600	117	1130	0	1600	84.21	788.93	15405	0	0	0	0	19	CONVERSION		
	MIÉRCOLES	20	17-abr	1700	124	1254	0	1700	89.47	878.41	17105	0	0	0	0	19	1.17	1.21	
	JUEVES	21	18-abr	1700	131	1385	0	1700	89.47	967.88	18805	3	15.00	4	20.00	16	G/P	626.33	
	VIERNES	22	19-abr	1900	138	1523	0	1900	118.75	1086.63	20705	0	0.00	0	0.00	16	PESO		vacuna
	SÁBADO	23	20-abr	2000	144	1667	0	2000	125.00	1211.63	22705	0	0.00	0	0.00	16	1904		
	DOMINGO	24	21-abr	2450	151	1818	0	2450	153.13	1364.76	25155	0	0.00	0	0.00	16	CONSUMO		
4	LUNES	25	22-abr	900	157	1975	0	900	56.25	1421.01	26055	0	0.00	0	0.00	16	2478		
	MARTES	26	23-abr	1200	162	2137	0	1200	75.00	1496.01	27255	0	0.00	0	0.00	16	CONVERSION		
	MIÉRCOLES	27	24-abr	1900	168	2305	0	1900	118.75	1614.76	29155	0	0.00	0	0.00	16	1.30		
	JUEVES	28	25-abr	2100	173	2478	0	2100	131.25	1746.01	31255	0	0.00	0	0.00	16	G/P		
	VIERNES	29	26-abr	2400	178	2656	0	2400	150.00	1896.01	33655	0	0.00	0	0.00	16	PESO		
	SÁBADO	30	27-abr		183	2839											2694		
	DOMINGO	31	28-abr		188	3027											CONSUMO		
5	LUNES	32	29-abr		192	3219											3819		

Anexo 2. Preparación del galpón.



Anexo 3. Preparación del balanceado.



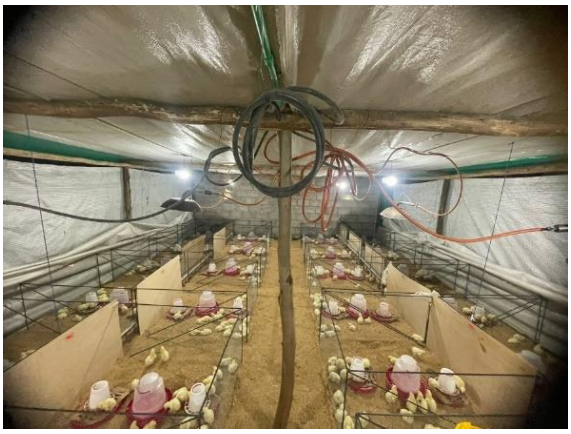
Anexo 4. Medición de la eficacia del agua con ORP.



Anexo 5. Llegada pollitos BB.



Anexo 6. Pollos de engorde con 11 días de edad.



Anexo 7. Obtención de muestras.



Anexo 8. Preparación de muestras (21 días de edad).



Anexo 9. Aves de 21 días de edad.



Anexo 10. Preparación de muestras (35 de edad).



Anexo 11. Aves de 42 días de edad.



Anexo 12. Pesaje de las aves



Anexo 13. Índices productivos (1-7 días).

1 - 7 DIAS						
	PI	**PF**	**GP**	**CA**	**ICA**	**Morta**
T0	42.7	170.6	127.9	109	0.85	0
T0	44.75	173.3	128.55	106.9	0.83	0
T0	44.4	165.65	121.25	106.45	0.88	0
T0	43.4	169.45	126.05	104	0.83	0
T1	42.85	172.3	129.45	108	0.83	0
T1	42.95	169.5	126.55	108.25	0.86	0
T1	43.8	175.2	131.4	107.5	0.82	0
T1	42.5	179.15	136.65	108.45	0.79	0
T2	41.95	173	131.05	106.65	0.81	0
T2	41.8	167.05	125.25	107.8	0.86	0
T2	42.2	177.05	134.85	109.31	0.81	1
T2	43	173.05	130.05	106.45	0.82	0
T3	43.5	171.45	127.95	107.55	0.84	0
T3	43.2	184.5	141.3	109	0.77	0
T3	44.35	174.55	130.2	102.9	0.79	0
T3	43.2	168.1	124.9	106.65	0.85	0
T4	43.15	175.25	132.1	108.8	0.82	0
T4	44	158.7	114.7	109.85	0.96	0
T4	42.65	164.47	121.82	107.57	0.88	1
T4	43.25	171.3	128.05	104.7	0.82	0

Anexo 14. Índices productivos (8 - 21 días).

8-21 DIAS						
	PI	**PF**	**GP**	**CA**	**ICA**	**Mort**
T0	170.6	797.53	626.93	858.88	1.37	1
T0	173.3	817.6	644.3	875	1.36	0
T0	165.65	814.05	648.4	870.39	1.34	1
T0	169.45	816.58	647.13	865.13	1.34	1
T1	172.3	838.6	666.3	883.75	1.33	0
T1	169.5	784.3	614.8	845	1.37	0
T1	175.2	834.5	659.3	873.75	1.33	0
T1	179.15	822.32	643.17	841.25	1.31	1
T2	173	796.63	623.63	873.16	1.40	1
T2	167.05	807.9	640.85	852.5	1.33	0
T2	177.05	841.74	664.69	898.94	1.35	0
T2	173.05	789.6	616.55	842.5	1.37	0
T3	171.45	809.9	638.45	881.25	1.38	0
T3	184.5	844.25	659.75	857.5	1.30	0
T3	174.55	804.95	630.4	855	1.36	0
T3	168.1	853.68	685.58	855	1.25	0
T4	175.25	818.21	642.96	876.25	1.36	1
T4	158.7	742.37	583.67	816.25	1.40	1
T4	164.47	789.21	624.74	867.63	1.39	0
T4	171.3	785.5	614.2	858.75	1.40	0

Anexo 15. Índices productivos (22 - 35 días).

22-35 DIAS						
	PI	**PF**	**GP**	**CA**	**ICA**	**Mort**
T0	797.53	2000.63	1203.1	1946.88	1.62	0
T0	817.6	2057.65	1240.05	1944.12	1.57	0
T0	814.05	2014.38	1200.33	2034.38	1.69	0
T0	816.58	2070.63	1254.05	1984.38	1.58	0
T1	838.6	2089.12	1250.52	1993.7	1.59	0
T1	784.3	1952.06	1167.76	1961.76	1.68	0
T1	834.5	1951.76	1117.26	1973.53	1.77	0
T1	822.32	2010	1187.68	1934.38	1.63	0
T2	796.63	2036.88	1240.25	2027.14	1.63	0
T2	807.9	1888.13	1080.23	1891.18	1.75	0
T2	841.74	2079.69	1237.95	1928.13	1.56	0
T2	789.6	1892.71	1103.11	1873.53	1.70	0
T3	809.9	2043.75	1233.85	1955.88	1.59	1
T3	844.25	2054.12	1209.87	1944.12	1.61	0
T3	804.95	1965.29	1160.34	1932.35	1.67	0
T3	853.68	2111.76	1258.08	1850	1.47	0
T4	818.21	2052.5	1234.29	2021.88	1.64	0
T4	742.37	1915.94	1173.57	1865.63	1.59	0
T4	789.21	2033.75	1244.54	2028.12	1.63	0
T4	785.5	1903.53	1118.03	1861.76	1.67	0

Anexo 16. Índices productivos (35 - 42 días).

36-42 DIAS						
	PI	**PF**	**GP**	**CA**	**ICA**	**mort**
T0	2000.63	2639.62	638.99	1451	2.27	0
T0	2057.65	2560	502.35	1378.57	2.74	0
T0	2014.38	2694.62	680.24	1464.23	2.15	0
T0	2070.63	2648.46	577.83	1459.84	2.53	0
T1	2089.12	2666.79	577.67	1421.43	2.46	0
T1	1952.06	2615.36	663.3	1435.72	2.16	0
T1	1951.76	2781.43	829.67	1389.29	1.67	0
T1	2010	2697.5	687.5	1451.41	2.11	1
T2	2036.88	2644.62	607.74	1391.82	2.29	0
T2	1888.13	2481.54	593.41	1367.63	2.30	1
T2	2079.69	2644.23	564.54	1438.46	2.55	0
T2	1892.71	2486.92	594.21	1357.78	2.29	1
T3	2043.75	2676.15	632.4	1425.62	2.25	0
T3	2054.12	2607.86	553.74	1357.14	2.45	0
T3	1965.29	2506.79	541.5	1378.57	2.55	0
T3	2111.76	2733.93	622.17	1357.14	2.18	0
T4	2052.5	2723.85	671.35	1461.53	2.18	0
T4	1915.94	2437.69	521.75	1422.38	2.73	0
T4	2033.75	2642.69	608.94	1429.16	2.35	0
T4	1903.53	2413.21	509.68	1350	2.65	0

Anexo 17. Índices productivos (1 - 42 días).

1 - 42 DIAS						
	PI	**PF**	**GP**	**CA**	**ICA**	**mort**
T0	42.7	2639.62	2596.92	4365.76	1.68	1
T0	44.75	2560	2515.25	4304.59	1.71	0
T0	44.4	2694.62	2650.22	4475.45	1.69	1
T0	43.4	2648.46	2605.06	4413.35	1.69	1
T1	42.85	2666.79	2623.94	4406.88	1.68	0
T1	42.95	2615.36	2572.41	4350.73	1.69	0
T1	43.8	2781.43	2737.63	4344.07	1.59	0
T1	42.5	2697.5	2655	4335.49	1.63	2
T2	41.95	2644.62	2602.67	4398.77	1.69	1
T2	41.8	2481.54	2439.74	4219.11	1.73	1
T2	42.2	2644.23	2602.03	4374.84	1.68	1
T2	43	2486.92	2443.92	4180.26	1.71	1
T3	43.5	2676.15	2632.65	4370.3	1.66	1
T3	43.2	2607.86	2564.66	4267.76	1.66	0
T3	44.35	2506.79	2462.44	4268.82	1.73	0
T3	43.2	2733.93	2690.73	4168.79	1.55	0
T4	43.15	2723.85	2680.7	4468.46	1.67	1
T4	44	2437.69	2393.69	4214.11	1.76	1
T4	42.65	2642.69	2600.04	4432.48	1.70	1
T4	43.25	2413.21	2369.96	4175.21	1.76	0

Anexo 18. Análisis de varianza de índices productivos entre los días 1 – 42 días.

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Peso final, g	20	0.25	0.05	3.80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	50398.72	4	12599.68	1.27	0.3233
Tratamientos	50398.72	4	12599.68	1.27	0.3233
Error	148243.28	15	9882.89		
Total	198642.00	19			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=217.06687

Error: 9882.8853 gl: 15

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T4	2554.36	4	49.71	A
T2	2564.33	4	49.71	A
T3	2631.18	4	49.71	A
T0	2635.68	4	49.71	A
T1	2690.27	4	49.71	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Consumo alimento, g	20	0.21	1.0E-03	2.25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	38069.75	4	9517.44	1.00	0.4357
Tratamientos	38069.75	4	9517.44	1.00	0.4357
Error	142068.16	15	9471.21		
Total	180137.91	19			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=212.49779

Error: 9471.2104 gl: 15

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T3	4268.92	4	48.66	A
T2	4293.25	4	48.66	A
T4	4322.57	4	48.66	A
T1	4359.29	4	48.66	A
T0	4389.79	4	48.66	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Índice de conversión alime..	20	0.36	0.19	2.71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.02	4	4.4E-03	2.11	0.1297
Tratamientos	0.02	4	4.4E-03	2.11	0.1297
Error	0.03	15	2.1E-03		
Total	0.05	19			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.09942

Error: 0.0021 gl: 15

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T1	1.65	4	0.02	A
T3	1.65	4	0.02	A
T0	1.69	4	0.02	A
T2	1.70	4	0.02	A
T4	1.72	4	0.02	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Ganancia de peso, g	20	0.25	0.05	3.87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	50001.74	4	12500.43	1.26	0.3288
Tratamientos	50001.74	4	12500.43	1.26	0.3288
Error	148860.08	15	9924.01		
Total	198861.82	19			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=217.51799

Error: 9924.0056 gl: 15

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T4	2511.10	4	49.81	A
T2	2522.09	4	49.81	A
T3	2587.62	4	49.81	A
T0	2591.86	4	49.81	A
T1	2647.25	4	49.81	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 19. Tabla de datos de Índices de eficiencia europeo entre los días 1 – 42 con su análisis de varianza.

INDICE DE EFICIENCIA EUROPEO									
	PESO KG	VIABI.	ICA	EDAD	100	KG*VIABI	ICA*EDAD	KGVIAB/ECED	*100
T0	2.64	95	1.68	42	100	250.76	70.61	3.55	355
T0	2.56	100	1.71	42	100	256.00	71.88	3.56	356
T0	2.69	95	1.69	42	100	255.99	70.93	3.61	361
T0	2.65	95	1.69	42	100	251.60	71.15	3.54	354
T1	2.67	100	1.68	42	100	266.68	70.54	3.78	378
T1	2.62	100	1.69	42	100	261.54	71.03	3.68	368
T1	2.78	100	1.59	42	100	278.14	66.65	4.17	417
T1	2.70	90	1.63	42	100	242.78	68.58	3.54	354
T2	2.64	95	1.69	42	100	251.24	70.98	3.54	354
T2	2.48	95	1.73	42	100	235.75	72.63	3.25	325
T2	2.64	95	1.68	42	100	251.20	70.62	3.56	356
T2	2.49	95	1.71	42	100	236.26	71.84	3.29	329
T3	2.68	95	1.66	42	100	254.23	69.72	3.65	365
T3	2.61	100	1.66	42	100	260.79	69.89	3.73	373
T3	2.51	100	1.73	42	100	250.68	72.81	3.44	344
T3	2.73	100	1.55	42	100	273.39	65.07	4.20	420
T4	2.72	95	1.67	42	100	258.77	70.01	3.70	370
T4	2.44	95	1.76	42	100	231.58	73.94	3.13	313
T4	2.64	95	1.70	42	100	251.06	71.60	3.51	351
T4	2.41	100	1.76	42	100	241.32	73.99	3.26	326

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
Índice de eficiencia europ..	20	0.41	0.25	6.46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5488.20	4	1372.05	2.56	0.0818
Tratamientos	5488.20	4	1372.05	2.56	0.0818
Error	8048.75	15	536.58		
Total	13536.95	19			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=50.57900

Error: 536.5833 gl: 15

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T4	340.00	4	11.58	A
T2	341.00	4	11.58	A
T0	356.50	4	11.58	A
T3	375.50	4	11.58	A
T1	379.25	4	11.58	A

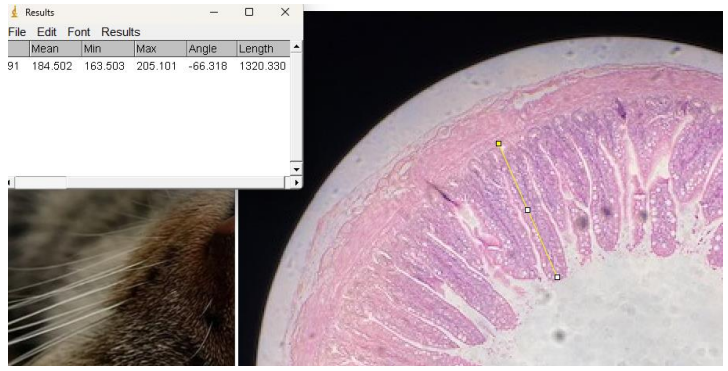
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

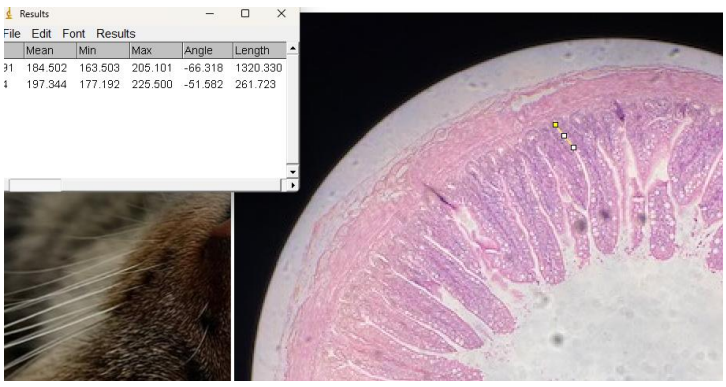
Anexo 20. Observación con microscopio de placas histológicas de vellosidades duodenales (21 días).

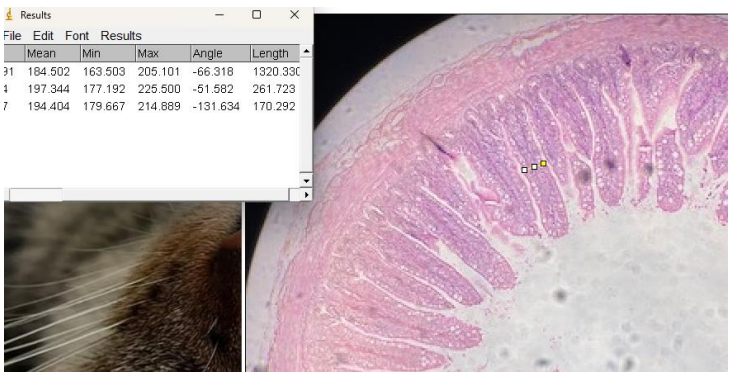




Anexo 21. Mediciones de vellosidades duodenales (21 días).







Anexo 22. Resultados de vellosidades duodenales a los 21 días de edad.

	ALTO	ANCHO	CRIPTA
T0	1280	150	241
T0	1300	122	260
T0	1280	143	236
T0	1290	135	244
T0	1305	140	235
T0	1295	118	230
T0	1293	125	295
T0	1310	123	288
T0	1294	120	291
T0	1282	165	280
T0	1300	143	290
T0	1290	120	291
T1	1320	170	262
T1	1300	120	296
T1	1286	145	298
T1	1277	132	266
T1	1302	141	291
T1	1280	140	260
T1	1300	189	293
T1	1320	165	280
T1	1310	120	298
T1	1310	160	244
T1	1322	144	261
T1	1288	123	252
T2	1285	136	241
T2	1300	147	263
T2	1290	145	236
T2	1301	143	249
T2	1302	120	230
T2	1300	160	300
T2	1297	140	290
T2	1308	143	283
T2	1295	146	298
T2	1300	142	287
T2	1296	121	299
T2	1308	120	298
T3	1311	123	286
T3	1312	146	297
T3	1282	167	265
T3	1300	143	287
T3	1320	185	291
T3	1322	143	293
T3	1330	133	284
T3	1295	120	294
T3	1300	142	293
T3	1290	167	281
T3	1300	160	264
T3	1310	170	246
T4	1302	144	245
T4	1298	163	281
T4	1300	140	245
T4	1280	140	230
T4	1310	150	231
T4	1290	144	297
T4	1288	141	284
T4	1300	120	263
T4	1297	123	245
T4	1290	140	260
T4	1298	133	235
T4	1280	111	290

Anexo 23. Análisis de varianza para las variables morfométricas (largo, ancho y profundidad de cripta) de vellosidades duodenales con 21 días.

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
LARGO	60	0.15	0.09	0.89

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1294.57	4	323.64	2.44	0.0574
TRATAMIENTOS	1294.57	4	323.64	2.44	0.0574
Error	7288.42	55	132.52		
Total	8582.98	59			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=13.25437

Error: 132.5167 gl: 55

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T0	1293.25	12	3.32	A
T4	1294.42	12	3.32	A
T2	1298.50	12	3.32	A
T1	1301.25	12	3.32	A
T3	1306.00	12	3.32	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
ANCHO	60	0.12	0.05	12.01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2094.07	4	523.52	1.82	0.1371
TRATAMIENTOS	2094.07	4	523.52	1.82	0.1371
Error	15777.67	55	286.87		
Total	17871.73	59			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=19.50132

Error: 286.8667 gl: 55

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T0	133.67	12	4.89	A
T4	137.42	12	4.89	A
T2	138.58	12	4.89	A
T1	145.75	12	4.89	A
T3	149.92	12	4.89	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
CRIPTA	60	0.12	0.05	8.49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3818.77	4	954.69	1.81	0.1402
TRATAMIENTOS	3818.77	4	954.69	1.81	0.1402
Error	29027.42	55	527.77		
Total	32846.18	59			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=26.45128

Error: 527.7712 gl: 55

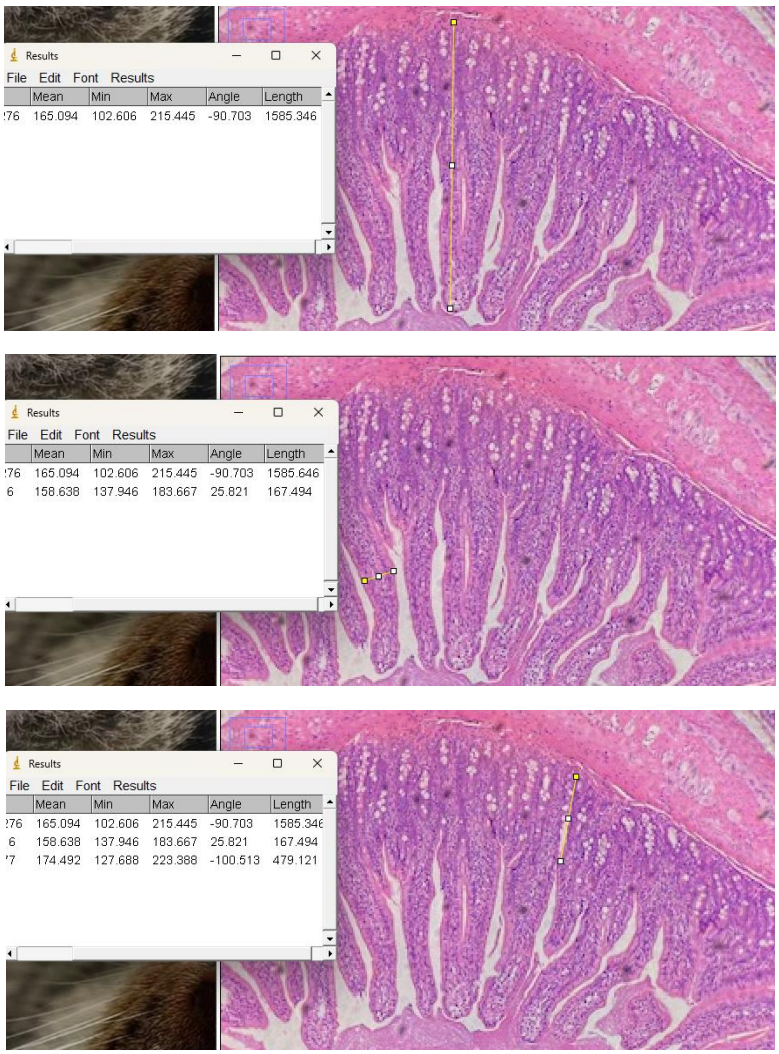
TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T4	258.83	12	6.63	A
T0	265.08	12	6.63	A
T2	272.83	12	6.63	A
T1	275.08	12	6.63	A
T3	281.75	12	6.63	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 24. Placas histológicas de vellosidades duodenales (35 días).



Anexo 25. Mediciones de vellosidades duodenales (35 días).



Anexo 26. Resultados de vellosidades duodenales a los 35 días de edad.

	ALTO	ANCHO	CRIPTA
T0	1650	129	480
T0	1600	143	510
T0	1591	165	455
T0	1633	155	489
T0	1584	167	479
T0	1590	160	510
T0	1611	174	511
T0	1605	180	487
T0	1602	145	510
T0	1590	178	479
T0	1588	162	509
T0	1605	140	510
T1	1610	179	500
T1	1610	188	510
T1	1585	167	479
T1	1626	165	510
T1	1610	180	515
T1	1589	168	510
T1	1622	161	499
T1	1631	141	510
T1	1598	125	503
T1	1640	169	505
T1	1602	150	480
T1	1630	130	430
T2	1560	155	479
T2	1502	166	510
T2	1650	168	520
T2	1566	161	479
T2	1611	140	510
T2	1587	180	479
T2	1619	163	509
T2	1628	167	501
T2	1630	168	510
T2	1655	160	460
T2	1650	139	488
T2	1620	142	476
T3	1629	180	500
T3	1614	189	480
T3	1599	145	510
T3	1619	165	499
T3	1618	143	510
T3	1580	140	501
T3	1622	164	488
T3	1635	167	519
T3	1590	189	510
T3	1644	189	500
T3	1601	167	520
T3	1633	166	515
T4	1574	130	461
T4	1600	166	480
T4	1576	143	455
T4	1540	164	430
T4	1587	144	455
T4	1599	148	520
T4	1597	159	510
T4	1600	160	500
T4	1590	141	510
T4	1589	150	500
T4	1593	167	515
T4	1600	166	518

Anexo 27. Análisis de varianza para las variables morfométricas (largo, ancho y profundidad de cripta) de vellosidades duodenales con 35 días.

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
LARGO	60	0.14	0.07	1.63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5889.90	4	1472.48	2.15	0.0865
TRATAMIENTOS	5889.90	4	1472.48	2.15	0.0865
Error	37617.75	55	683.96		
Total	43507.65	59			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=30.11196

Error: 683.9591 gl: 55

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T4	1587.08	12	7.55	A
T0	1604.08	12	7.55	A
T2	1606.50	12	7.55	A
T1	1612.75	12	7.55	A
T3	1615.33	12	7.55	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
ANCHO	60	0.08	0.01	10.02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1186.43	4	296.61	1.16	0.3385
TRATAMIENTOS	1186.43	4	296.61	1.16	0.3385
Error	14062.50	55	255.68		
Total	15248.93	59			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=18.41085

Error: 255.6818 gl: 55

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T4	153.17	12	4.62	A
T0	158.17	12	4.62	A
T2	159.08	12	4.62	A
T1	160.25	12	4.62	A
T3	167.00	12	4.62	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
CRIPTA	60	0.06	0.00	4.37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1711.10	4	427.78	0.91	0.4623
TRATAMIENTOS	1711.10	4	427.78	0.91	0.4623
Error	25735.08	55	467.91		
Total	27446.18	59			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=24.90608

Error: 467.9106 gl: 55

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
T4	487.83	12	6.24	A
T2	493.42	12	6.24	A
T0	494.08	12	6.24	A
T1	495.92	12	6.24	A
T3	504.33	12	6.24	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)