



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

**Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y
Ambiental**

Escuela Profesional de Ingeniería Zootecnica

Efecto de aditivos fitogenéticos sobre la micromorfometría intestinal de
pollos de engorde

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Zootecnista

Autoras

Nilsa Karina Rojas Bravo

Lourdes Eloisa Santos Morales

Asesor

Dr. Félix Esteban Airahuacho Bautista

Huacho – Perú

2025



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no

distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020

“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental

Escuela Profesional de Ingeniería Zootecnica

INFORMACION

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Nilsa karina Rojas Bravo	48010784	17/06/2024
Lourdes Eloisa Santos Morales	42897274	17/06/2024
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Félix Esteban Airahuacho Bautista	40769786	0000-0001-7484-0449
DATOS DE LOS MIEMROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CODIGO ORCID
Hilario Noberto Pujada Abad	15603577	0000-0003-4939-6774
Gladys Vega Ventocilla	23014434	0000-0002-5009-2607
Ángel Gerardo Vásquez Requena	46579737	0000-0001-7034-5133

Fitogénicos sobre la morfometría intestinal de pollos

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	18%	13%	12%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	pesquisa.bvsalud.org Fuente de Internet	1%
2	www.martin-haeusling.eu Fuente de Internet	<1%
3	Submitted to Infile Trabajo del estudiante	<1%
4	brazilianjournalofscience.com.br Fuente de Internet	<1%
5	repositorioinstitucional.uabc.mx Fuente de Internet	<1%
6	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	jad.hcmuaf.edu.vn Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Rutgers University, New Brunswick Trabajo del estudiante	<1%
9	www.old-aj.cz Fuente de Internet	

TITULO

**Efecto de Aditivos fitogenéticos sobre la micromorfometria
intestinal de pollos de engorde.**

DEDICATORIA

- A mi abuelo BERNARDINO MORALES BERNAL gracias por tu apoyo desde un inicio de mi preparación académica y universitaria.

- A mis padres Cesar y Carmen y también a mi hermano Cristhian por su apoyo cuando escogí esta carrera, también a mis hijos Danna y Caleb por ser los principales motivos de mis logros.

- A mis ángeles hoy en el cielo mis abuelos Rodolfo y Benigna y mis primos Magda y Héctor mil gracias por su apoyo se que donde se encuentren hoy están muy felices por mi logro.

AGRADECIMIENTO

- Primero agradecer a Dios, que nos brindó la oportunidad y la vida de haber culminado satisfactoriamente este proyecto de investigación.
- Agradecer a nuestro asesor por apoyarnos y poder culminar exitosamente este proyecto de investigación. Dr. Félix Esteban Airahuacho Bautista, agradecerle por su tiempo, paciencia, guía y enseñanza.
- Agradecer al Ing. Hilario Pujada por su apoyo, tiempo y motivación para poder culminar esta tesis.
- Agradecer al jurado por la comprensión, dedicación y paciencia en la revisión de la tesis.

INDICE GENERAL

Título	Pág.
DEDICATORIA	A
AGRADECIMIENTO.....	B
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCION	3
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	4
1.2 Formulación del problema.....	4
1.2.1 Problema general.....	5
1.2.2 Problemas específicos.....	5
1.3 Objetivos de la Investigación.....	5
1.3.1 Objetivo general.....	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.4 Justificación de la Investigación.....	6
1.5 Delimitación del estudio.....	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	7
2.2 Bases teóricas.....	9
2.2.1 Anatomía y fisiología del intestino delgado.....	10
2.2.2 Antibióticos promotores de crecimiento.....	11
2.2.3 Posibles mecanismos de acción de los agentes antimicrobianos como... promotores del crecimiento	13
2.2.4 Uso de antibióticos en la producción de pollos de engorde.....	15
2.2.5 Impacto de los antibióticos en el rendimiento animal y productos..... cárnicos	15
2.2.6 Aditivos fotogénicos para el alimento en reemplazo a los antibióticos.	18
2.3 Definición de términos básicos.....	22
2.4 Hipótesis de investigación.....	23
2.4.1 Hipótesis General.....	23
2.4.2 Hipótesis Específicas.....	23
2.5 Operacionalización de las variables.....	24

CAPÍTULO III.	25
METODOLOGÍA.....	
3.1 Gestión del experimento.....	25
3.1.1 Ubicación.....	25
3.1.2 Características del área experimental.....	25
3.1.3 Tratamientos.....	25
3.1.4 Diseño experimental.....	26
3.1.5 Variables a evaluar.....	27
3.2 Técnicas de recolección de datos.....	27
3.2.1 Conducción del experimento de crecimiento.....	28
3.3 Técnicas de recolección de datos.....	28
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	29
4.1 Morfometría del duodeno.....	29
4.2 Morfometría del yeyuno.....	30
4.3 Morfometría del íleon.....	31
CAPÍTULO V.	32
DISCUSIONES.....	
5.1 Altura de vellosidad.....	32
5.2 Profundidad de cripta.....	33
5.3 Ancho de vellosidad.....	34
5.4 Relación V/C.....	34
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y	36
RECOMENDACIONES.....	
6.1 Conclusiones.....	36
6.2 Recomendaciones.....	36
CAPÍTULO V. REFERENCIAS	37
BIBLIOGRÁFICAS.....	
ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Nº	Título	Pág.
1	Plantas utilizadas como aditivos fotogénicos en la alimentación animal	21
2	Operacionalización de las variables	24
3	Ingredientes y contenido nutricional de la dieta basal	26
4	Efecto de los promotores de crecimiento sobre la morfometría del duodeno en pollos de engorde a los 42 días de edad	29
5	Efecto de los promotores de crecimiento sobre la morfometría del yeyuno en pollos de engorde a los 42 días de edad.	30
6	Efecto de los promotores de crecimiento sobre la morfometría del íleon en pollos de engorde a los 42 días de edad	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	Título	Pág.
1	Tracto digestivo del ave	9
2	Corte transversal del intestino	10
3	Fotografías de la morfología de los segmentos del intestino delgado del pollo	11
4	Mucosa intestinal: nexo inmuno-metabolismo	14

RESUMEN

Los aditivos fotogénicos vienen planteándose como alternativa viable de promotor de crecimiento para la alimentación animal en reemplazo de los antibióticos. **Objetivo:** Evaluar el efecto de la inclusión de orégano y mezcla de ajo más cebolla como aditivo promotor de crecimiento sobre la morfometría intestinal de pollos de engorde. **Metodología:** Los pollos fueron alimentados en un experimento de crecimiento de 21 a 42 días con los siguientes tratamientos: dieta basal (control), dieta basal más 0.05% de Zinc bacitracina 10%, 0.2% de extracto de orégano en el agua y 1.5% de mezcla de ajo y cebolla (proporción 1.1). Muestras de un cm cuadrado del duodeno, yeyuno e íleon fueron muestreados a los 42 días de edad. Los tejidos fueron fijados por inmersión en formol tamponado y diluido al 10%. Se utilizó un microscopio Leica DM 750 con cámara digital y la medición fue en micras con objetivo x4. Se midió la altura y ancho de vellosidad, y la profundidad de cripta. **Resultados:** Comparados con el control, en el duodeno, se encontró mayor relación de la altura de vellosidad / profundidad de cripta (A/P) ($p = 0.005$), mayor altura de la vellosidad ($p = 0.021$) y tendencias de menor profundidad de cripta ($p = 0.096$). En el yeyuno, se encontró menor ancho de vellosidad ($p = 0.029$) y tendencias de menor profundidad de cripta ($p = 0.071$). En el íleon, se encontró menor profundidad de cripta ($p < 0.001$), menor ancho de la vellosidad ($p < 0.001$) y tendencias de menor altura de vellosidad ($p = 0.089$). **Conclusiones:** En el duodeno, los promotores de crecimiento, basados en la mayor altura de vellosidad y relación V/C, mejoraron la capacidad de digestión y absorción de nutrientes, siendo el mejor la mezcla de ajo más cebolla. Asimismo, los promotores de crecimiento disminuyeron la profundidad de cripta en todo el intestino delgado lo que sugiere una mayor presencia de células maduras que mejorarían la absorción de nutrientes, siendo el mejor el tratamiento orégano.

Palabras claves: ajos, cebolla, orégano, aditivos fotogénicos, profundidad de cripta, vellosidad intestinal.

ABSTRACT

Phytogenic additives have been proposed as a viable alternative growth promoter for animal feed to replace antibiotics. **Objective:** To evaluate the effect of the inclusion of oregano and a mixture of garlic and onion as a growth promoter additive on the intestinal morphometry of broilers. **Methodology:** Broilers were fed in a growth experiment from 21 to 42 days with the following treatments: basal diet (control), basal diet plus 0.05% Zinc bacitracin 10%, 0.2% oregano extract in water and 1.5% garlic and onion mixture (proportion 1.1). One cm square samples of duodenum, jejunum and ileum were sampled at 42 days of age. Tissues were fixed by immersion in 10% buffered and diluted formalin. A Leica DM 750 microscope with digital camera was used and measurement was in microns with x4 objective. Villus height and width, and crypt depth were measured. **Results:** Compared to the control, in the duodenum, a higher villus height/crypt depth (A/P) ratio ($p = 0.005$), higher villus height ($p = 0.021$) and lower crypt depth trends ($p = 0.096$) were found. In jejunum, lower villus width ($p = 0.029$) and lower crypt depth trends ($p = 0.071$) were found. In the ileum, lower crypt depth ($p < 0.001$), lower villus width ($p < 0.001$) and lower villus height trends ($p = 0.089$) were found. **Conclusions:** In the duodenum, growth promoters, based on increased villus height and V/C ratio, improved digestion capacity and nutrient absorption, the best being the garlic plus onion mixture. Likewise, growth promoters decreased crypt depth throughout the small intestine suggesting a greater presence of mature cells that would improve nutrient absorption, with oregano treatment being the best.

Key words: garlic, onion, oregano, phytogenic additives, crypt depth, intestinal villa.

INTRODUCCION

Para mejorar la eficiencia alimenticia y reducir la mortalidad en pollos de engorde, los antibióticos promotores de crecimiento (APC) han sido utilizados con éxito durante las últimas décadas (Alhidary et al., 2017). El uso de APC ha sido muy útil como estrategia de control de enfermedades; sin embargo, la resistencia adquirida y los residuos de estos agentes antimicrobianos en los productos cárnicos ha conllevado a que exista una tendencia a disminuir o prohibir su utilización (Bajpai et al., 2012). Enfermedades como la enteritis necrótica se han propagado luego de la prohibición del uso de antibióticos (Ao et al., 2012), por lo que actualmente se viene buscando alternativas para mejorar el rendimiento de los pollos de engorde y optimizar la salud intestinal (Chand et al., 2014).

Los aditivos fitogénicos para el alimento (AF) han ganado un interés considerable últimamente debido a su capacidad para mejorar el rendimiento al mantener un entorno intestinal saludable. Los AF, constituidos principalmente de extractos de plantas y sus principios activos (Mountzouris et al., 2011), aumentarían el rendimiento del crecimiento (Giannenas et al., 2003), la digestibilidad de los nutrientes (Jamroz et al., 2005) y la salud intestinal (McReynolds et al., 2009) en las especies de aves de corral. Las numerosas cualidades beneficiosas de los AF, derivados predominantemente de sus moléculas bioactivas que incluyen carvacrol, timol, capsaicina, cineol, etc., (Mountzouris et al., 2011) las proyectan como alternativas adecuadas a los APC.

El orégano, el ajo y la cebolla, son productos disponibles en nuestra región. La presente investigación incluirá dichos agentes fitogénicos en la dieta de pollos de engorde y evaluará su efecto sobre la morfometría intestinal comparando con una dieta convencional que incluye un antibiótico promotor de crecimiento y un coccidiostato.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Para mejorar la eficiencia alimenticia y reducir la mortalidad en pollos de engorde, los antibióticos promotores de crecimiento (APC) han sido utilizados con éxito durante las últimas décadas (Alhidary et al., 2017). El uso de APC ha sido muy útil como estrategia de control de enfermedades; sin embargo, la resistencia adquirida y los residuos de estos agentes antimicrobianos en los productos cárnicos ha conllevado a que exista una tendencia a disminuir o prohibir su utilización (Bajpai et al. 2012). Enfermedades como la enteritis necrótica se han propagado luego de la prohibición del uso de antibióticos (Ao et al. 2012), por lo que actualmente se viene buscando alternativas para mejorar el rendimiento de los pollos de engorde y optimizar la salud intestinal (Chand et al. 2014).

Los aditivos fitogénicos para el alimento (AF) han ganado un interés considerable últimamente debido a su capacidad para mejorar el rendimiento al mantener un entorno intestinal saludable. Los AF, constituidos principalmente de extractos de plantas y sus principios activos (Mountzouris et al., 2011), aumentarían el rendimiento del crecimiento (Giannenas et al., 2003), la digestibilidad de los nutrientes (Jamroz et al., 2005) y la salud intestinal (McReynolds et al., 2009) en las especies de aves de corral. Las numerosas cualidades beneficiosas de los AF, derivados predominantemente de sus moléculas bioactivas que incluyen carvacrol, timol, capsaicina, cineol, etc., (Mountzouris et al., 2011) las proyectan como alternativas adecuadas a los APC.

1.2. Formulación del problema

El orégano, el ajo y la cebolla, son productos disponibles en nuestra región. La presente investigación incluirá dichos agentes fotogénicos en la dieta de pollos de engorde y evaluará su efecto sobre la morfometría intestinal comparando con una dieta convencional que incluye un antibiótico promotor de crecimiento y un coccidiostato.

1.2.1. Problema general

¿La inclusión de aditivos fitogénicos (orégano, y mezcla de ajo y cebolla) influyen sobre la morfometría intestinal de pollos de engorde?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿La inclusión de aditivos fitogénicos (orégano, y mezcla de ajo y cebolla) influyen sobre el tamaño de la vellosidad en el intestino delgado de pollos de engorde?
- ¿La inclusión de aditivos fitogénicos (orégano, y mezcla de ajo y cebolla) influyen sobre la profundidad de cripta en el intestino delgado de pollos de engorde?
- ¿La inclusión de aditivos fitogénicos (orégano, y mezcla de ajo y cebolla) influyen sobre el ancho de vellosidad en el intestino delgado de pollos de engorde?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la inclusión de aditivos fitogénicos (orégano, y mezcla de ajo y cebolla) sobre la morfometría intestinal de pollos de engorde.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la inclusión de aditivos fitogénicos (orégano, y mezcla de ajo y cebolla) sobre el tamaño de la vellosidad en el intestino delgado de pollos de engorde.
- Evaluar el efecto de la inclusión de aditivos fitogénicos (orégano, y mezcla de ajo y cebolla) sobre la profundidad de cripta en el intestino delgado de pollos de engorde.
- Evaluar el efecto de la inclusión de aditivos fitogénicos (orégano, y mezcla de ajo y cebolla) sobre el ancho de vellosidad en el intestino delgado de pollos de engorde.

1.4. Justificación de la Investigación

Teóricamente, los APC inhibirían el crecimiento bacteriano al aumentar la capacidad de absorción del intestino delgado a través de una disminución del grosor de la pared intestinal (McDonald et al., 2010), mientras que los AF mejorarían la superficie de las vellosidades, así como la altura y profundidad de las criptas, mejorando así la capacidad de absorción intestinal (Mourão et al., 2006). Para ser eficaces, los promotores de crecimiento a base de hierbas como aditivo alternativo deberían tener beneficios similares a los antibióticos promotores del crecimiento (Doyle, 2001).

El empleo de los AF en reemplazo de los APC aún es resistido debido a los resultados contradictorios y parámetros productivos inferiores comparado con resultados provenientes de aves alimentados con dietas que incluyen APC. Por ello, desde el punto de vista práctico, los resultados morfométricos que se podrían obtener en el presente estudio, podrían ser un respaldo más para el sector avícola en la decisión de incluir o no AF en la ración.

1.5. Delimitación del estudio

El experimento fue realizado en las instalaciones del taller de aves de la Facultad de Ingeniería Zootécnica – Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. La investigación tuvo una duración de 42 días, entre los meses de enero y febrero del 2022.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

Sunu et al. (2021) examinaron el potencial simbiótico del ajo combinado con *Lactobacillus acidophilus* para pollos de engorde. Se preparó un compuesto simbiótico conformado por la combinación de extracto de ajo (2 y 4 ml) y *Lactobacillus acidophilus* (1 ml con la concentración de 108 UFC). Los tratamientos fueron tratamiento control, tratamiento control más 2 ml de simbiótico y tratamiento control más 4 ml de simbiótico. Los resultados mostraron que el tratamiento simbiótico mejoró significativamente el rendimiento productivo, la digestibilidad de los nutrientes, el perfil sanguíneo, los antioxidantes y la salud intestinal.

Zhang et al. (2021) evaluaron los efectos comparativos de los antibióticos dietéticos y la adición de aceite esencial de orégano (OEO) en el rendimiento del crecimiento, el estado antioxidante y la salud intestinal de los pollos de engorde. Los tratamientos fueron: dieta control sin antibióticos (control), control + 20 mg/kg de sulfato de colistina y 20 mg/kg de virginiamicina (antibióticos), control + 200 mg/kg de aceite esencial de orégano natural (NOEO), y control + 200 mg/kg de aceite esencial de orégano sintético (SOEO). El experimento duró 42 días. Las aves alimentadas con SOEO tuvieron mayor ganancia y menor índice de conversión alimenticia que las alimentadas con la dieta control. Además, las aves alimentadas con NOEO tuvieron la mayor ganancia en los cuatro grupos durante los días 22 a 42. La suplementación con NOEO aumentó los anaerobios totales de los pollos de engorde en el día 42 y la relación entre la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas (VH/CD) del íleon. La suplementación dietética con OEO puede ser una alternativa prometedora a los antibióticos promotores del crecimiento para mejorar la producción avícola.

Bauer et al., (2019) evaluaron al orégano (*Origanum vulgare*) como una alternativa potencial para el control de patógenos en la industria avícola. Se suplementaron dietas de pollos de engorde con orégano en polvo (0%, 0,5%, 1% y 2%) durante seis semanas. No hubo diferencias entre los tratamientos en cuanto al aumento de peso, la ingesta de alimento o la concentración de ácidos grasos de cadena corta. La altura, anchura y superficie de las vellosidades del íleon no se vieron influenciadas por la adición de orégano. Sin embargo, el 1% y el 2% de orégano produjeron un aumento significativo de la relación entre la altura de las

vellosidades y la profundidad de las criptas. No se observaron cambios histopatológicos visibles en el hígado de los grupos de control y tratados. Aunque el orégano no tuvo efectos significativos sobre la diversidad microbiana general y la composición bruta, algunos géneros específicos, como *Proteus*, *Klebsiella* y *Staphylococcus*, que incluyen patógenos conocidos, vieron reducida su abundancia relativa por el tratamiento con orégano. *Bifidobacterium*, reconocido como un género beneficioso y probiótico, también fue suprimido por el tratamiento con orégano.

Fonseca-García et al., (2017) determinaron el efecto del aceite de orégano en la dieta respecto de las variables productivas, altura de las vellosidades intestinales y acumulación de sus compuestos antioxidantes en la pechuga de pollo. En total, 480 pollos fueron engordados de 1 a 42 días de edad, siendo distribuidos en cuatro tratamientos, cada uno con cuatro réplicas de 30 pollos. La dieta se formuló a base de maíz y pasta de soya, adicionada con 0, 100, 200 o 400 mg de aceite de orégano por kg de alimento. A los 21 y 42 días de edad se midieron la altura de las vellosidades intestinales y la acumulación de compuestos antioxidantes en la pechuga de las aves. El aceite de orégano contenía 43,17% y 29,16% de timol y carvacrol, respectivamente. La ingesta de alimento, ganancia de peso, índice de conversión alimenticia y mortalidad no fueron afectados por la adición del aceite de orégano a la dieta. La altura de las vellosidades intestinales incrementó con el nivel de aceite de orégano suplementado en la dieta, pero el tamaño de las vellosidades intestinales en duodeno fue mayor, mientras el yeyuno e ileón presentaron el mismo tamaño. Los componentes antioxidantes en la pechuga de pollo incrementaron con 400 mg de aceite de orégano por kg de alimento.

Shams Shargh et al. (2012) investigaron los efectos de extractos de ajo (*Allium sativum*) y tomillo (*Thymus vulgaris*) y de un probiótico en el rendimiento del crecimiento, la morfología del tejido intestinal y la flora microbiana de pollos de engorde. Los tratamientos fueron 2 extractos de plantas (1.000 ppm) y el probiótico (1.000 ppm de 0 a 7 d, 500 ppm de 8 a 21 d, y 250 ppm de 22 a 42 d) añadidos al agua de bebida, y un grupo de control sin aditivos. Las aves de los distintos tratamientos recibieron las mismas dietas durante el periodo experimental. Los tratamientos no influyeron en el consumo de pienso, la ganancia de peso ni la tasa de conversión. La anchura de las vellosidades del duodeno de las aves que recibieron ajo fue inferior a la de las aves del grupo de control ($P < 0,05$). Se observó una menor anchura de las vellosidades en el íleon en las aves alimentadas con ajo y

el probiótico en comparación con las aves alimentadas con la dieta de control. Sin embargo, la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas no se vieron afectadas por los tratamientos.

Adibmoradi et al. (2006) evaluaron el efecto de la harina de ajo (*Allium sativum*) sobre la morfología de la mucosa intestinal de pollos de engorde de 21 a 42 días de edad. Se pesaron 1.800 pollos de engorde Ross 308 de 21 días de edad y se distribuyeron aleatoriamente en grupos de 0, 0,125, 0,25, 0,5, 1 y 2% de harina de ajo en la dieta de cada 100 aves. Las dietas experimentales se formularon añadiendo cada nivel de harina de ajo a una dieta comercial (CP: 20,45%, ME: 3.130kcal/kg), y se administraron ad libitum durante 21 días. En el día 42, se sacrificaron aleatoriamente 15 pollos de cada tratamiento para obtener muestras intestinales. La harina de ajo como aditivo alimentario aumentó significativamente la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas y disminuyó el grosor epitelial y el número de células caliciformes en el duodeno, el yeyuno y el íleon de las aves. Fundamentalmente, el yeyuno y el íleon revelaron una alteración morfológica casi similar a la del duodeno, salvo que el suplemento dietético de harina de ajo produjo un aumento de la relación entre la profundidad de las criptas y la altura de las vellosidades en el duodeno, pero una disminución en el yeyuno y el íleon.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Anatomía y fisiología del intestino delgado

El intestino delgado aviar está formado por el asa duodenal y el íleon; más allá del duodeno no hay zonas histológicamente delimitadas (Turk et al., 1982). Algunos autores se refieren al íleon superior e inferior como correspondientes al yeyuno e íleon en mamíferos, utilizando el remanente de la unión del pedúnculo vitelino (divertículo de Meckel) como punto límite (Figura1).

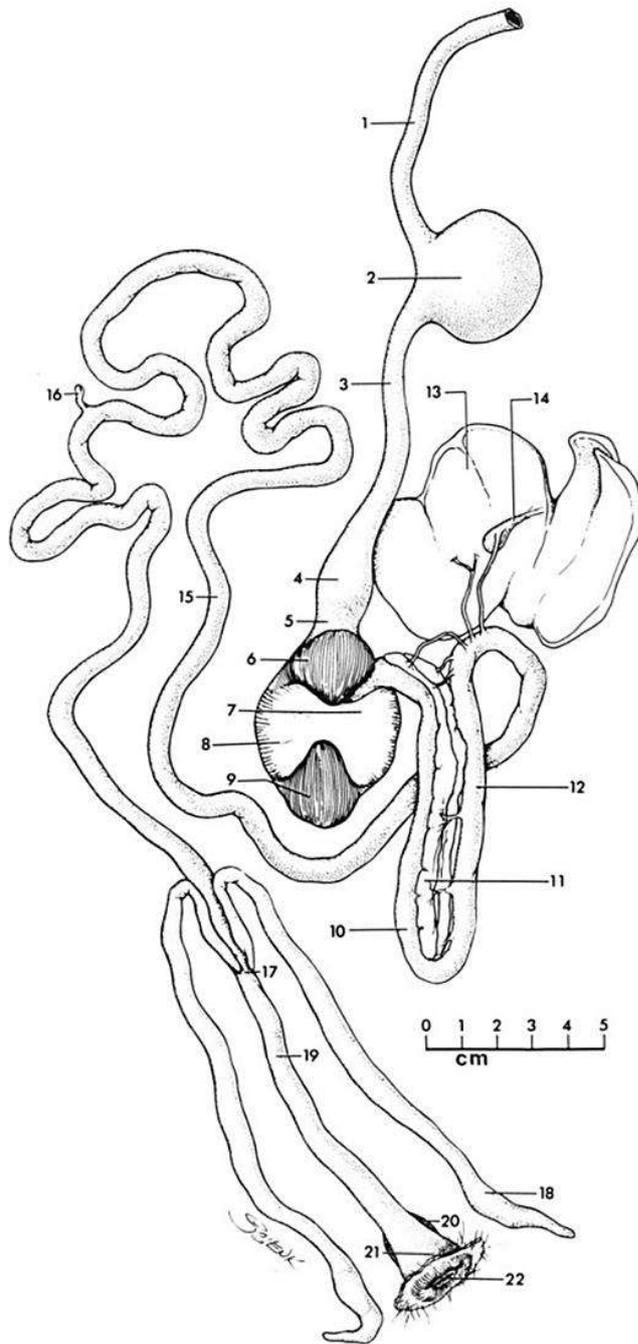


Figura 1. Tracto digestivo del ave (tomado a un pavo de 12 semanas de edad como modelo). 1, esófago anterior al buche; 2, buche; 3, esófago posterior al buche; 4, proventrículo; 5, istmo; 6, músculo craniodorsal delgado; 7, músculo craneoventral grueso; 8, músculo caudodorsal grueso; 9, músculo caudoventral delgado (6-9, molleja); 10, duodeno proximal; 11, páncreas; 12, duodeno distal; 13, hígado; 14, vesícula biliar; 15, ileon; 16, divertículo de Meckel; 17, unión ileocecólica; 18, ciegos; 19, recto; 20, bolsa de Fabricio; 21, cloaca; 22, respiradero. Escala en centímetros. (Tomado de Duke, 1986).

El intestino es un tubo multicapa que contiene una capa serosa, una capa muscular longitudinal, una capa muscular circular, una capa submucosa y una capa mucosa (Turk et al., 1982; Figura 2).

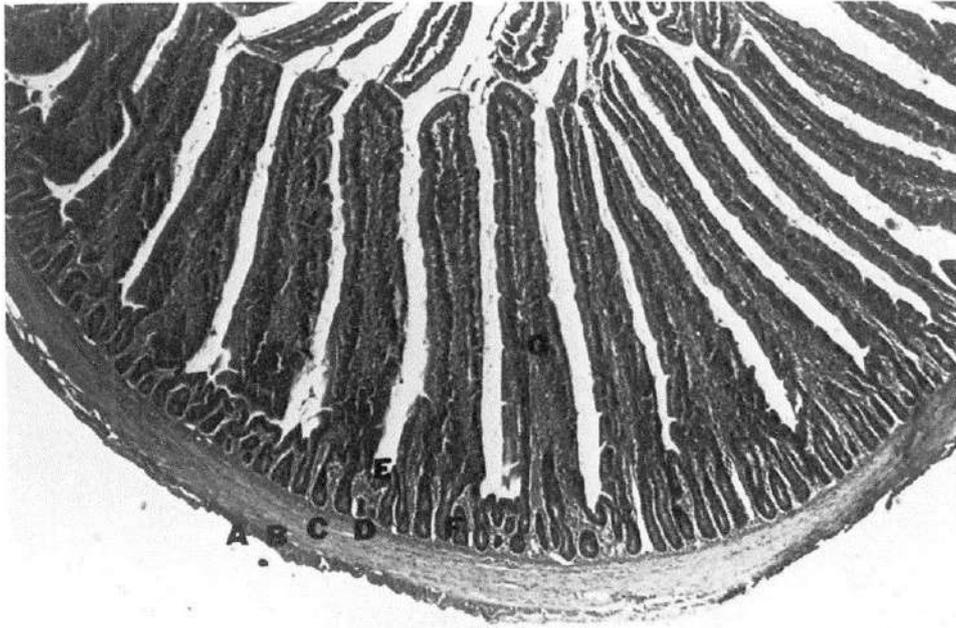


Figura 2: Corte transversal del intestino. Capa serosa (A), capa del musculo longitudinal (B), capa de musculo circular (C), submucosa (D), criptas de Lieberkuhn (E), glándulas (F) y vellos (G) (Tomado de Turk, 1982)

La superficie interior del intestino está complejamente plegada para aumentar enormemente su superficie. Turk (1982) describe al intestino delgado de la siguiente manera (Figura 3):

Las vellosidades contienen células epiteliales especializadas en su superficie, cada una de las cuales tiene extensas proyecciones desde su superficie luminal llamadas microvellosidades. En el interior de las vellosidades, bajo las células epiteliales, se encuentra la lámina propia, que contiene tejido conjuntivo, capilares, músculo liso y fibras nerviosas. Los capilares llevan el torrente sanguíneo a la base de las células epiteliales, de modo que sólo una capa celular separa el lumen del intestino de la sangre. Las vellosidades tienen forma elipsoidal en lugar de cilíndrica. Sus superficies son lisas con ocasionales hendiduras o pliegues. Las fosetas dispersas son los orificios de las células caliciformes secretoras. Las vellosidades del duodeno son más redondeadas en el ápice, más altas y más estrechas que las del yeyuno. Las vellosidades del íleon son más cortas y anchas que las del yeyuno. (p. 1234).

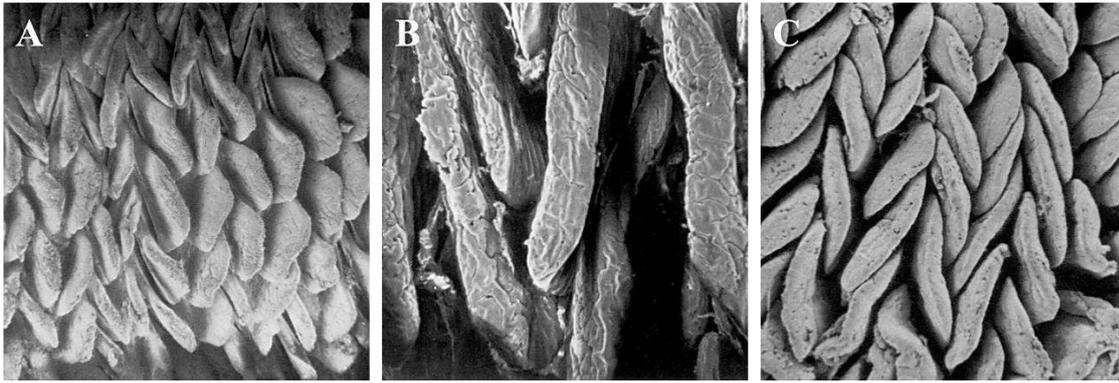


Figura 3: Fotografías de la morfología de los segmentos del intestino delgado del pollo (tomado de Turk, 1982). A) Vellosidades duodenales (obsérvese la estructura foliar de las vellosidades, X25); B) Vellosidades yeyunales de pollo (obsérvese el aumento de tamaño en comparación con las vellosidades duodenales, X168); C) Vellosidades ileales (obsérvese la mayor anchura y el menor número en comparación con el duodeno y el yeyuno, X77).

2.2.2. Antibióticos promotores de crecimiento

Los antibióticos son compuestos químicos que, cuando se administran en pequeñas cantidades, detienen el crecimiento de bacterias al interferir con su metabolismo celular (McDonald et al., 2010). Son producidos por otros microorganismos como los hongos o sintetizados en el laboratorio. Los antibióticos se utilizan a niveles terapéuticos, por inyección o en alimentos o agua, para tratar enfermedades causadas por bacterias, o también en niveles subterapéuticos, agregándose al alimento con la finalidad de mejorar la tasa de crecimiento (McDonald et al., 2010).

Los antibióticos detienen el crecimiento de bacterias al interferir con su metabolismo celular. Según McDonald et al. (2010), existen cuatro grupos de antibióticos:

- Antibióticos que interfieren con la síntesis del material que forma la pared celular bacteriana y haciendo que la célula explote. Estos son compuestos de alto peso molecular que actúan sobre bacterias Gram-positivas, son mal absorbidos por el huésped y, por lo tanto, no son tóxicos, no dejando residuos detectables y sin un período de espera para su retiro de la ración (es decir, un período de tiempo durante el cual el compuesto debe eliminarse de los alimentos antes de sacrificar al animal). Por ejemplo, la avoparcina y la flavomicina.

- Antibióticos inhibidores de la síntesis de proteínas bacterianas, principalmente activos contra bacterias Gram-positivas. Aunque se absorben en mayor medida que los compuestos de mayor peso molecular, no necesitan un periodo de retiro de la ración. Por ejemplo, tilosina y virginiamicina.
- Antibióticos inhibidores de la síntesis de ADN bacteriano, de bajo peso molecular, podrían tener un amplio espectro de actividad, y requieren de un periodo de retiro de la ración. Ejemplo: los nitrofuranos y el oxido-N- quinoxalina.
- Antibióticos ionóforos: interfieren con el equilibrio electrolítico (Na / K) de la célula bacteriana al transportar potasio al interior de la célula, que luego requiere energía para bombearlo. Finalmente, la bomba de iones no funciona de manera eficiente y el potasio se acumula dentro de la célula. El agua entra por ósmosis y la célula se rompe. La monensina sódica es un ejemplo de este tipo de antibiótico.

El crecimiento bacteriano por efecto de los APC sería inhibido por (McDonald et al., 2013):

- Reducción o eliminación de la actividad de las bacterias patógenas que pueden causar una infección subclínica, permitiendo así que el hospedante alcance niveles de producción más cercanos a su potencial;
- Eliminación de bacterias que producen toxinas que reducen el crecimiento del animal hospedante;
- Estimulación del crecimiento de microorganismos que sintetizan nutrientes no identificados; reduciendo el crecimiento de microorganismos que compiten con el animal hospedante (la fermentación de nutrientes por bacterias es un proceso derrochador en comparación con la absorción directa);
- Aumento de la capacidad de absorción del intestino delgado a través de una disminución del grosor de la pared intestinal.

Niewold (2007) sostiene que los efectos beneficiosos de los antibióticos se deben a su interacción con las células inmunitarias del huésped más que a los efectos inhibidores del crecimiento en la microbiota. La hipótesis es que los antibióticos reducen la respuesta inflamatoria y, por lo tanto, la producción de citocinas proinflamatorias, que reducen el apetito y promueven el catabolismo muscular. El papel antiinflamatorio de APC reduce la energía desperdiciada y la dirige hacia la producción (Niewold, 2007). El uso de antibióticos en la dieta produce cambios en la composición de la microbiota (estructura y diversidad)

(Lin et al., 2013), generando una microbiota óptima y equilibrada que es menos capaz de provocar una respuesta inflamatoria, aumenta la utilización de energía de los nutrientes y ayuda a los animales a desarrollar su potencial genético (Huyghebaert et al., 2011).

2.2.3. Posibles mecanismos de acción de los agentes antimicrobianos como promotores del crecimiento

La salud animal óptima depende de los atributos microbianos y del huésped (Brown et al., 2017). Los antimicrobianos tienen efectos indirectos a través de la microbiota y efectos directos sobre el huésped. Sin embargo, los efectos funcionales e interactivos de los promotores de crecimiento antimicrobianos (APC) en el huésped y la microbiota son menos claros. Se sabe que una variedad de factores ambientales, incluidos la dieta, el estrés y la actividad, influyen en la composición de la microbiota y el huésped, y existe la posibilidad de que estos factores influyan en la eficacia de los APC.

La mucosa intestinal es una superficie dinámica que es fundamental tanto para la absorción de nutrientes como para el mantenimiento de la homeostasis inmunológica, y la compleja comunidad bacteriana que reside en el tracto gastrointestinal (TGI) está involucrada en una multitud de procesos inmunológicos y metabólicos del huésped (Sommer & Bäckhed, 2013) (Fig. 4A). La observación de que los ratones libres de gérmenes no exhiben un crecimiento mejorado como resultado de la administración de APC (Coates et al., 1963) sugiere que la modulación de la microbiota intestinal es el modo de acción principal de los APC (Dibner & Richards, 2005). Las hipótesis centradas en las bacterias proponen que los cambios inducidos por APC en las comunidades bacterianas conducen a un mayor crecimiento al modular la microbiota para crear un sistema más eficiente (Brown et al., 2017). Esto puede incluir alterar la competencia por los nutrientes, prevenir la colonización de patógenos y / o seleccionar bacterias que sean capaces de extraer más energía de la dieta (Dibner & Richards, 2005) (Fig. 4B-C).

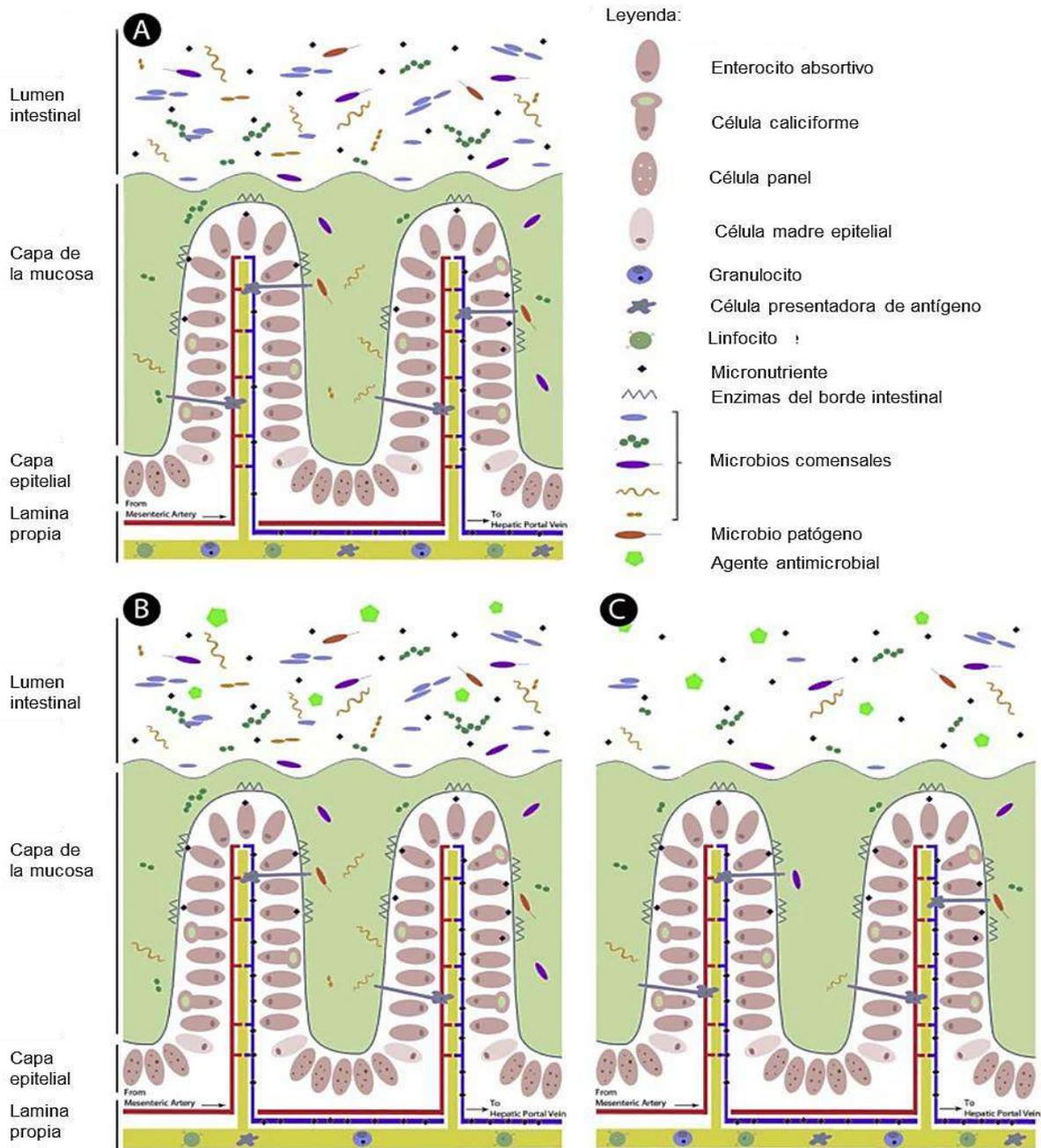


Figura 4: Mucosa intestinal: nexo inmuno-metabolismo. (A), agentes antimicrobianos alteran la composición de la microbiota para reducir la competencia por los nutrientes y / o al reducir la carga de patógenos (hipótesis centrada en bacterias) (B) o actúan como agentes inmunomoduladores directos (hipótesis centradas en el hospedante) (C) (traducida de Brown et al. (2017).

2.2.4. Uso de antibióticos en la producción de pollos de engorde

Los antibióticos se utilizan para combatir las infecciones bacterianas, sin embargo, una presión selectiva dio lugar a bacterias resistentes a los antibióticos (Mehdi et al., 2018). A lo largo de los años, se han utilizado antibióticos en la producción de alimentos para animales para el tratamiento y la prevención de enfermedades (Brown et al., 2017).

Los antibióticos no son eficaces contra los patógenos fúngicos y virales; y solo controlan enfermedades infecciosas cuyos agentes causantes son bacterias (Mehdi et al., 2018). En general, los antibióticos se utilizan en tratamientos fitosanitarios, piscicultura, alimentación animal y medicina humana o veterinaria donde pueden utilizarse como tratamiento preventivo o curativo (Mehdi et al., 2018). Los antibióticos se clasifican según su familia química, modo de acción y las especies de bacterias sobre las que actúan. Los antibióticos bactericidas matan las bacterias y los bacteriostáticos las debilitan inhibiendo su proliferación y facilitando su fagocitosis por parte del sistema inmunológico, por lo tanto, la tasa de mortalidad disminuye porque los animales se vuelven más resistentes (Mehdi et al., 2018).

En la avicultura intensiva se utilizan con frecuencia antibióticos como tetraciclina, bacitracina, tilosina, salinomicina, virginiamicina y bambemicina (Diarra y Malouin, 2014). En Estados Unidos, las tetraciclinas representan más de dos tercios de los antimicrobianos administrados a animales (González-Ronquillo & Hernández, 2017), mientras que en la Unión Europea representan solo el 37% (Carvalho y Santos, 2016). El uso de antibióticos como factores de crecimiento no está permitido en los países participantes de la Vigilancia Europea del Consumo de Antimicrobianos Veterinarios (ESVAC) (ESVAC, 2017). Por ejemplo, en el 2014, en Canadá, el 81% de los antimicrobianos utilizados en granjas de pollos de engorde se utilizaron con fines preventivos, siendo incluido en el alimento el 84%. Su objetivo principal era prevenir la enteritis necrótica causada por *Clostridium perfringens* y la coccidiosis (CSCRA, 2016).

2.2.5. Impacto de los antibióticos en el rendimiento animal y productos cárnicos

El uso de antibióticos en la alimentación animal influye sobre el rendimiento animal, y puede tener impactos sobre el consumidor: A continuación, mencionamos los principales impactos de los antibióticos sobre el rendimiento animal y posibles efectos sobre la salud pública:

- La industria avícola utiliza antibióticos para mejorar la producción de carne mediante una mayor conversión alimenticia, promoción de la tasa de crecimiento y prevención de enfermedades. Los antibióticos se pueden utilizar con éxito en dosis subterapéuticas en la producción avícola para promover el crecimiento (Emami et al., 2012) y proteger la salud de las aves modificando el estado inmunológico de los pollos de engorde (Lee et al., 2012). Esto se debe principalmente al control de las infecciones gastrointestinales y la modificación de la microbiota en el intestino (Dibner y Richards, 2005, Torok et al., 2011). El mecanismo sigue sin estar claro, pero es probable que los antibióticos actúen remodelando la diversidad microbiana y la abundancia relativa en el intestino para proporcionar una microbiota óptima para el crecimiento (Dibner y Richards, 2005).
- Según Mehdi et al., (2018), *Campylobacter*, causante de una de las principales enfermedades diarreicas transmitidas por los alimentos en los seres humanos, la bacteria *Escherichia coli*, muy común y frecuente en causar enfermedades, y la salmonelosis, una de las enfermedades transmitidas por alimentos más comunes y extendidas en el mundo, son las tres bacterias de mayor monitoreo por agencias de salud de todo el mundo (Mehdi et al., 2018). Estas bacterias son las que se muestran con las mayores tasas de contaminación en el pollo y muestran resistencia multifarmacológica en aislados de Enterobacteriaceae de huevos y carne de pollos de engorde (Diarra et al., 2010; Singh et al., 2010). Esta contaminación se debería principalmente a la proliferación de patógenos en los intestinos, aunque existen contaminaciones secundarias a lo largo de la línea de producción por bacterias resistentes en alimentos de origen animal (Mehdi et al., 2018).

- Además de la biorresistencia, el abuso de antibióticos ha dado lugar a residuos de medicamentos en productos animales (González Ronquillo & Hernández, 2017). Se han detectado en alimentos varios antibióticos como penicilina, tetraciclina, macrólido, aminoglucósido y anfenicol (Diarra & Malouin, 2014). Los residuos en la producción ganadera pueden tener un impacto adverso en la salud humana. Las tetraciclinas interfieren con el desarrollo de los dientes en los niños pequeños, mientras que los beta-agonistas, como el clenbuterol, a veces provocan intoxicación alimentaria, temblores musculares, palpitaciones y taquicardia (Kummerer, 2009; Chan, 1999). El clenbuterol, prohibido en la UE, es incluido para producir carne que contenga menos grasa y más proteínas (Mehdi et al., 2018). Gassner y Wuethrich (1994) demostraron la presencia de metabolitos de cloranfenicol en productos cárnicos, y sugieren que su presencia tendría vínculo con la aparición de anemia aplásica en humanos.

- El consumo global de antibióticos en la producción humana y animal se estima entre 1×10^5 y 2×10^5 t (Manzetti & Ghisi, 2014). La liberación de grandes cantidades de antibióticos en el medio ambiente mantiene el ciclo de biotransformación y bioacumulación de antibióticos en el medio ambiente (Mehdi et al., 2018), siendo los ecosistemas acuáticos los más vulnerables a la contaminación por antibióticos, tales como estanques y lagos, y suelos cercanos a sitios urbanos (Manzetti & Ghisi, 2014). Por tanto, los compartimentos acuáticos, como el agua y los sedimentos, pueden desempeñar un papel importante en la transferencia, evolución y ecología de los genes de resistencia a los antibióticos (Marti et al., 2014). Grandes cantidades de antibióticos administrados a los animales se excretan al medio ambiente a través de la orina y las heces, sea como producto activo o su metabolito (Carvalho & Santos, 2016). Esto hace que los sistemas de eliminación de aguas residuales sean una de las rutas más importantes por las que los antibióticos pueden ingresar al medio ambiente (González Ronquillo & Hernández, 2017) y contaminar incluso las aguas costeras (Chen et al., 2015).

- La resistencia a los antibióticos se define como la capacidad de los microorganismos para proliferar en presencia de un antibiótico que generalmente inhibe o mata a los microorganismos de la misma especie (RUMA, 2016). La resistencia se produce por mutación o adquisición de genes transportados por elementos genéticos móviles como transposones, integrones, plásmidos o fagos (Kempf & Zeitouni, 2012). En un estudio

sobre aislados de *Salmonella enterica* recolectados de granjas avícolas en Columbia Británica (Canadá), Diarra et al. (2014) mostraron que más del 43% de los aislamientos eran simultáneamente resistentes a ampicilina, amoxicilina-ácido clavulánico, ceftiofur, cefoxitim y ceftriaxona. En Italia (Bacci et al., 2012) informó que el 86% de *S. enterica* aislada de canales de pollo era resistente a la tetraciclina, mientras que el 30% de los aislados mostró resistencia fenotípica multifarmacológica a ampicilina, sulfametoxazol y tetraciclina. En Ecuador, Braykov et al. (2016) mostraron que se detectó resistencia a la tetraciclina en el 78% de las aves de producción (pollos de engorde y gallinas ponedoras). Más de la mitad de los aislamientos fueron resistentes al sulfisoxazol y al trimetoprim-sulfametoxazol (69% y 63%, respectivamente)

- La resistencia bacteriana a los antibióticos animales es un problema de salud pública (Mehdi et al., 2018). Esta situación se debe principalmente al mal uso de determinados antibióticos como penicilinas, tetraciclinas, macrólidos y aminoglucósidos (Diarra y Malouin, 2014). El uso abusivo de antibióticos y la presión de selección asociada han conducido a una disminución de la eficacia terapéutica y han creado poblaciones de microorganismos resistentes a los antibióticos. La resistencia a los antibióticos puede extenderse con el tiempo a pesar de la suspensión del uso de antibióticos (Mehdi et al., 2018). De hecho, se ha demostrado que las cepas de *E. coli* resistentes a trimetoprim y estreptomycin persisten durante varias semanas en una granja de pollos sin usar los antibióticos mencionados anteriormente (Chaslus-Dancla et al., 1987). Por otro lado, la resistencia a los antibióticos es menor en las granjas orgánicas (Hegde et al., 2016).

2.2.6. Aditivos fitogénicos para el alimento en reemplazo a los antibióticos

Las plantas se utilizan para funciones médicas y de salud desde hace miles de años, representando la principal fuente de fármaco o estrategia de tratamiento en diferentes sistemas medicinales tradicionales (Kuralkar & Kuralkar, 2021). Desde el surgimiento de la vida, la naturaleza ha dado su propia medicina para los animales, así como las aves y las hierbas actuaron como medicina y alimento (Kuralkar & Kuralkar, 2021). Los animales y las aves son instintivamente capaces de automedicarse con hierbas, lo que se conoce como la farmacognosia del zoológico y lo mismo con el humano capaz, de este antiguo arte que todavía se ve hoy (Dhama et al., 2015).

En la última década, el uso de plantas en la prevención y recuperación de la salud animal, así como para la conservación de granos, ha aumentado drásticamente debido al desarrollo de sistemas de producción ganadera orgánicos combinados con la resistencia a los medicamentos, los altos costos de los insumos y la preocupación por residuos tóxicos en los alimentos, además de los efectos secundarios de los fármacos modernos, el fracaso de las terapias avanzadas contra las enfermedades crónicas y la resistencia microbiana (Kuralkar & Kuralkar, 2021). Los bovinos, equinos, ovinos, caprinos y porcinos representan alrededor del 70% de los animales tratados con remedios herbales, seguidos de las aves de corral (9.1%), perros (5.3%) y conejos (4.3%) (Viegi et al., 2003).

En los animales monogástricos, los aditivos alimentarios se utilizan para mejorar la inmunidad, reducir la carga de patógenos en el intestino, estimular el establecimiento de microbios intestinales beneficiosos y estimular la función digestiva (Lange et al., 2010). Algunos de los autores han informado efectos beneficiosos de los aditivos provenientes de plantas sobre la digestibilidad de los nutrientes al aumentar la digestibilidad de la proteína cruda en animales monogástricos (Emami et al., 2012) debido a la estimulación en las secreciones de saliva, bilis y actividad enzimática mejorada (Platel y Srinivasan, 2004) que, en consecuencia, mejora el estado de salud de los animales y reduce el costo de la alimentación. Los AF mejorarían la superficie de las vellosidades, así como la altura y profundidad de las criptas, mejorando así la capacidad de absorción intestinal (Mourão et al., 2006).

Los tres efectos principales de los antibióticos promotores del crecimiento son un mayor crecimiento, una mayor eficiencia alimenticia y una menor incidencia de ciertas enfermedades (Kuralkar & Kuralkar, 2021). Para ser eficaces, los promotores de crecimiento a base de hierbas como aditivo alternativo deberían tener beneficios similares a los antibióticos promotores del crecimiento (Doyle, 2001). Muchos productos vegetales a base de hierbas y sus aceites esenciales que tienen propiedades medicinales como antibacteriano, antiviral, antifúngico, antiprotozoario, hepatoprotector sin efectos adversos que promueven el crecimiento y la eficiencia alimenticia se utilizan como promotores del crecimiento en la industria animal (Molla et al., 2012). Estas hierbas que promueven el crecimiento se denominan fitogénicos o fitobióticos y fitoquímicos (Kuralkar & Kuralkar, 2021). Estos fitobióticos o agentes fitogénicos (AF) se clasifican en cuatro subclases como (Kuralkar & Kuralkar, 2021):

- a. Hierbas (Productos de plantas con flores, no leñosas y no persistentes).
- b. Botánicos (parte entera o procesada de la planta), en polvo y extracto.
- c. Aceites esenciales (extractos hidrodestilados de compuestos vegetales volátiles): los aceites esenciales son líquidos aromáticos, volátiles y aceitosos extraídos de materiales vegetales como semillas, flores, hojas, brotes, ramitas, hierbas, corteza, madera, frutos y raíces.
- d. Oleorresinas (extractos a base de solución no acuosa): Las oleorresinas son una combinación natural de aceite y resina que se puede extraer de las plantas. Son una sustancia altamente concentrada que existe en forma líquida.

La tabla 2 muestra algunas plantas conocidas con efecto promotor de crecimiento

de nuestro medio de los que se tiene estudios científicos:

Tabla 1*Plantas utilizadas como aditivos fitogénicos en la alimentación animal.*

Nombre científico	Nombre común	Partes usadas	Compuestos bioactivos	Propiedades	Referencias
<i>Allium cepa</i> L.	Cebolla	Bulbo	Methly-n-propyl disulfide, Allin, alicina, sulfuro de alilo	Antibacteriano	Kumar & Kumar (2013)
<i>Allium sativum</i> L.	Ajo	Bulbo	Alicina, disulfuro de dialilo	Antibacteriano, desordenes reproductivos	Bunglavan et al. (2010)
<i>Aloe vera</i> (L.) Burm. f.	Sábila	Hojas	Flavonoides, terpenoides, lectinas, taninos	Desordenes reproductivos	Perumal et al. (2013)
<i>Brassica napus</i> L.	colza	Aceite de semilla	Ácidos fenólicos, flavonoides	Trastornos reproductivos	Kumar y Kumar (2013)
<i>Capsicum annum</i> L.	Capsicum	Fruto	Capsaicin	Antioxidante, antiinflamatorio, anticarcinogénico	Alloui et al., (2014)
<i>Origanum vulgare</i> L.	Orégano	Hojas	Timol, carvacrol	Antibacteriano, antifúngico, antiparasitario, antimicrobiano y antioxidante	Zeng et al., (2015)
<i>Zingiber officinale</i> Roscoe	Jengibre	Rizoma	Fenólico y Terpeno	Analgésico, Antiinflamatorio, Antipirético, Antimicrobiano, reducción de metano	Soroor y Moeini (2015)
<i>Vitis vinifera</i> L.	uva	Semilla	Ácidos fenólicos flavonoles, taninos, proantocianidina	Antimicrobiano, antioxidante	Abo-EL-Sooud., (2018)
<i>Psidium guajava</i> L.	Guayaba	Hojas, corteza de raíz y frutas	Tanino, saponina	Reducción de metano en el rumen	Bunglavan et al. (2010)
<i>Pimpinella anisum</i> L.	Anis	Fruto	Anethol	Antioxidante, antimicrobiano, antiinflamatorio y analgésico	Kumar et al., (2014)
<i>Chichorium intybus</i> L.	Achicoria	Planta entera	Terpenoides o compuestos fenólicos cumarinas	Antimicrobiano, antihemínico, hepatoprotector, analgésico, anti inflamatorio, inmunomodulador propiedades	Laudato y Capasso (2013); Abo-EL-Sooud (2018)

2.3. Definición de términos básicos

Aditivo fitogénicos: se extraen de plantas de diferentes orígenes e incluyen aceites esenciales de hierbas y especias, compuestos de aceites esenciales procedentes de una sola hierba, extractos de plantas y/o mezclas de estos

Morfometría: se refiere al análisis cuantitativo de la forma, un concepto que abarca el tamaño y la forma.

Promotor de crecimiento: son sustancias que se añaden a los alimentos como suplemento o son administrados por medio de inyecciones con el objetivo de mejorar los índices productivos.

Enteritis necrótica: es una enfermedad del intestino de las aves de corral, caracterizada por lesiones necróticas en el epitelio intestinal. puede causar alta mortalidad principalmente en aves jóvenes.

Capsaicina: es una sustancia activa que está presente en el ají picante. En aves ha sido investigado con el fin de prevenir problemas asociados a salmonella.

Saponina: sustancia que se encuentra en la soya y en otras plantas. Ayudan a bajar el colesterol y podrían tener efectos contra el cáncer.

Inulina: es un carbohidrato no digerido que está presente en muchos vegetales, frutas y cereales. Se extrae de la raíz de la achicoria (*Cichorium intybus*) y se utiliza como ingrediente de alimentos funcionales.

Simbiótico: es un organismo que está asociado con otro de diferente especie y que participan en una relación simbiótica.

Avoparcina: es una molécula similar a la vancomicina y además posee los mismos mecanismos de acción y resistencia.

Flavomicina: la flavomicina es un antibiótico utilizado frecuentemente en la cría de las aves de corral.

Nitrofuranos: son un tipo de antibiótico de amplio espectro que inhiben la síntesis de ácidos nucleicos de diversas formas.

Integrones: son plataformas genéticas que permiten a las bacterias captar y coleccionar genes de resistencia a los antibióticos para esquivar los efectos de estos fármacos.

2.4. Hipótesis de investigación

2.4.1. Hipótesis General

Hipótesis general nula: La inclusión de aditivos fitogénicos (orégano, y mezcla de ajo y cebolla) no influye sobre la morfometría intestinal de pollos de engorde.

Hipótesis general alternativa: La inclusión de aditivos fitogénicos (orégano, y mezcla de ajo y cebolla) si influye sobre la morfometría intestinal de pollos de engorde.

2.4.2. Hipótesis Específicas

Hipótesis nula específica 1: La inclusión de aditivos fitogénicos (orégano, y mezcla de ajo y cebolla) no influye sobre la morfometría del duodeno de pollos de engorde.

Hipótesis alternativa específica 1: La inclusión de aditivos fitogénicos (orégano, y mezcla de ajo y cebolla) si influye sobre la morfometría del duodeno de pollos de engorde.

Hipótesis nula específica 2: La inclusión de aditivos fitogénicos (orégano, y mezcla de ajo y cebolla) no influye sobre la morfometría del yeyuno de pollos de engorde.

Hipótesis alternativa específica 2: La inclusión de aditivos fitogénicos (orégano, y mezcla de ajo y cebolla) si influye sobre la morfometría del yeyuno de pollos de engorde.

Hipótesis nula específica 3: La inclusión de aditivos fitogénicos (orégano, y mezcla de ajo y cebolla) no influye sobre la morfometría del íleon de pollos de engorde.

Hipótesis alternativa específica 3: La inclusión de aditivos fitogénicos (orégano, y mezcla de ajo y cebolla) si influye sobre la morfometría del íleon de pollos de engorde.

2.5. Operacionalización de las variables

Tabla 2

Operacionalización de las variables

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES
Variable Independiente (X):	X ₁ : Dieta control (DC).	
	X ₂ : APC	- 0,1% APC en la dieta.
	X ₃ : extracto orégano	- 0,2% extracto de orégano en la dieta.
Aditivos fitogénicos	X ₄ : harina ajo más harina de cebolla	- 1,5% harina de ajo más harina de cebolla.
Variables Dependientes (Y):	Y ₁ : altura de vellosidad del duodeno, yeyuno e íleon	- Altura de vellosidad a los 42 días de edad.
	Y ₂ : cripta del duodeno, yeyuno e íleon	- Profundidad de cripta a los 42 días de edad.
Morfometría intestinal	Y ₃ : ancho de vellosidad del duodeno, yeyuno e íleon	- Ancho de vellosidad a los 42 días de edad.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Gestión del experimento

3.1.1. Ubicación

La investigación fue ejecutada en las instalaciones del taller de la Escuela profesional de Ingeniería Zootecnia, Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias alimentarias, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. La Universidad se ubica en la ciudad de Huacho, distrito del mismo nombre, Provincia de Huaura, Región Lima-Provincias.

3.1.2. Características del área experimental

La investigación se ejecutó en un galpón experimental con piso de cemento, enmallado a su alrededor, y en divisiones o corrales de un metro cuadrado.

Los corrales (16) fueron construidos utilizando malla de nylon. Se utilizaron 16 bebederos tongos para la etapa de inicio, 16 bebederos de goteo para la etapa de crecimiento y acabado.

Se utilizaron comederos de tongo para la etapa de inicio, y comederos de tongo para crecimiento.

Las condiciones de manejo de las aves (como temperatura y ventilación) fue de acuerdo a las normas de las guías de la línea genética COBB-VANTRESS (2022).

3.1.3. Tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

- I. Tratamiento control negativo: Dieta basal sin incluir promotor de crecimiento ni coccidiostato.
- II. Tratamiento control positivo: Dieta basal incluyendo 0,05% Zinc bacitracina en la ración.
- III. Tratamiento control negativo más orégano: Dieta basal y 0,2 % de extracto de orégano (*Origanum vulgare* L.) en el agua.
- IV. Tratamiento control negativo más mezcla de ajo y cebolla: Dieta basal más 1,5% de mezcla (proporción 1:1) de harina de ajo (*Allium sativum* L.) y cebolla (*Allium cepa* L.) en el agua.

Los ingredientes y el contenido nutricional de la dieta basal se muestran en la tabla 3.

Tabla 3***Ingredientes y contenido nutricional de la dieta basal***

Ingredientes, %	Etapas	
	11 - 28 días	29-42 días
Maíz	62,99	69,82
Torta de soya	18,71	15,89
Soya integral	11,60	9,89
Harina de pescado	3,544	-
Grasa hidrogenada	-	0,756
Fosfato dicálcico	1,476	1,862
Carbonato cálcico	0,949	0,989
Sal	0,264	0,337
DL metionina	0,227	0,169
HCl lisina	0,069	0,105
Cloruro de colina	0,044	0,045
Premix	0,100	0,100
Nutrientes		
Materia seca, %	89,28	89,44
Energía metabolizable, Mcal/kg	3,10	3,15
Proteína cruda, %	21,1	17,4
Grasa cruda, %	5,18	5,5
Fibra cruda, %	3	3
Lisina, %	1,21	0,95
Metionina más cistina, %	0,94	0,76
Calcio, %	0,90	0,85
Fósforo disponible, %	0,45	0,42
Sodio, %	0,16	0,15

3.1.4. Diseño experimental

El experimento de crecimiento aplicó un diseño completamente al azar, distribuyendo a las aves en 16 unidades experimentales (4 tratamientos con 4 réplicas cada una). Cada unidad experimental o replica estuvo formada por 10 animales. Para el estudio histológico, un ave de cada replica fue seleccionada al azar y sacrificada a los 42 días de edad por dislocamiento cervical, después de 12 horas de ayuno.

3.1.5. Variables a evaluar

Las variables evaluadas fueron los siguientes:

- Altura de vellosidad del duodeno, yeyuno e íleon.
- Profundidad de cripta del duodeno, yeyuno e íleon.
- Ancho de vellosidad del duodeno, yeyuno e íleon.
- Relación altura de vellosidad / profundidad de cripta (A/P) del duodeno, yeyuno e íleon.
- Superficie de las vellosidades del duodeno, yeyuno e íleon. Se utilizará la siguiente formula según Sakamoto et al. (2000): $(2\pi) \times (\text{ancho de la vellosidad}/2) \times (\text{altura de la vellosidad})$

3.2. Técnicas de recolección de datos

La obtención de la muestra para los estudios de histología fue realizada de la siguiente manera:

- La muestra tomada fue de las tres porciones del intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon)
- Se obtuvieron porciones más o menos cuadrados de 1cm de lado.
- El tejido tomado fue colocado en un pedazo de cartón y fijado con grapas, para evitar que haya sesgo al momento de realizar la medición de las vellosidades.
- Los tejidos fueron fijados por inmersión en formol tamponado y diluido al 10%.

La relación del volumen del tejido respecto al del formol fue de aproximadamente 1:10, adecuado para una correcta fijación de muestra.

- El frasco fue rotulado con los órganos que fueron muestreados y la fecha de la toma de muestra

La medición del tejido en las láminas se realizó en el laboratorio siguiendo el protocolo convencional. Se utilizó un microscopio Leica DM 750 con cámara digital incorporado ICC50 W y software de medición Las 4.12 Leica Macrosystems. La medición de los tejidos fue en micras utilizando objetivo de x4. Las secciones medidas fueron:

- Altura de vellosidad: desde el ápice hasta el ingreso de la glándula de cripta.
- Ancho de vellosidad: línea perpendicular a la sección media de la vellosidad.
- Profundidad de cripta: desde su ápice hasta la zona basal de la misma.

3.2.1. Conducción del experimento de crecimiento

El experimento de crecimiento tuvo una duración de 42 días, desde el primer día de edad hasta la comercialización.

Los primeros 21 días de edad, se proporcionó calefacción, según las normas COBB-VANTRESS, (2018).

Se preparará 4 dietas experimentales, tanto para el inicio, crecimiento, y engorde. Las dietas cumplirán los requerimientos nutricionales del ave para cada etapa de crecimiento, según las normas de alimentación de Rostagno et al., (2017). El agua y alimento fueron suministrados ad libitum.

Los pollos fueron vacunados al día de nacido contra Newcastle, bursitis infecciosa aviar o enfermedad de Gumboro y bronquitis infecciosa a los 12 días de edad

La altura de los comederos, así como el de los bebederos fueron regulados a la altura del pecho del ave, según su crecimiento.

3.3. Técnicas para el procesamiento de la información

Los datos recolectados fueron procesados en el software estadístico R y JAMOVI. Los datos cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de variancias, por lo que fueron analizados utilizando el análisis de variancia y prueba de medias de Tukey.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. Morfometría del duodeno

La tabla 4 muestra la morfometría del duodeno de pollos alimentados con diferentes promotores de crecimiento. El análisis de variancia encontró diferencias estadísticas altamente significativas para la relación A/P ($p = 0.005$), diferencias estadísticas para la altura de la vellosidad ($p = 0.021$), tendencias de diferencias para la profundidad de la cripta ($p = 0.096$), y ningún efecto estadístico para el ancho de la vellosidad. Comparado con el tratamiento control, mayor altura de vellosidad y mayor relación A/P fue observado en el tratamiento ajo más cebolla, mientras que tendencias de menor profundidad de cripta fue observado en el tratamiento orégano. La altura de vellosidad y la relación A/P fueron similares entre los tres promotores de crecimiento, aunque APC y orégano también fueron similares comparados con el tratamiento control. Asimismo, la profundidad de cripta fue similar entre los tres promotores de crecimiento, aunque APC y ajo más cebolla fueron similares comparados con el tratamiento control.

Tabla 4

Efecto de los promotores de crecimiento sobre la morfometría del duodeno en pollos de engorde a los 42 días de edad.

Tratamiento	Replicas, n	Morfometría, μM			Relación A/P
		Altura vellosidad	Profundidad cripta	Ancho vellosidad	
Control	4	1606 \pm 234 ^b	293 \pm 42 ^a	132 \pm 27	5,54 ^b
APC	5	1687 \pm 178 ^{ab}	239 \pm 25 ^{ab}	134 \pm 12	7,12 ^{ab}
Orégano	4	1750 \pm 67 ^{ab}	254 \pm 39 ^b	134 \pm 12	7,01 ^{ab}
Ajo más cebolla	5	1967 \pm 39 ^a	232 \pm 35 ^{ab}	148 \pm 15	8,64 ^a
<i>p -valor</i>		<i>0,021</i>	<i>0,096</i>	<i>0,481</i>	<i>0,011</i>

* Relación altura de vellosidad y profundidad de cripta

4.2. Morfometría del yeyuno

La tabla 5 muestra la morfometría del yeyuno de pollos alimentados con diferentes promotores de crecimiento. El análisis de variancia encontró diferencias estadísticas significativas para el ancho de la vellosidad ($p = 0.029$), tendencias de diferencias para la profundidad de la cripta ($p = 0.071$), y ningún efecto estadístico para la altura de la vellosidad y relación A/P. Comparado con el tratamiento control, menor ancho de vellosidad fueron observados en el tratamiento APC y ajo más cebolla, mientras que tendencias de menor profundidad de cripta fue observado en el tratamiento orégano. El ancho de vellosidad fue similar entre los tres promotores de crecimiento, aunque el tratamiento orégano fue similar comparado con el tratamiento control. Asimismo, la profundidad de cripta fue similar entre los tres promotores de crecimiento, aunque APC y ajo más cebolla fueron similares comparados con el tratamiento control.

Tabla 5

Efecto de los promotores de crecimiento sobre la morfometría del yeyuno en pollos de engorde a los 42 días de edad.

Tratamiento	Replicas, n	Morfometría, μM			Relación A/P
		Altura vellosidad	Profundidad cripta	Ancho vellosidad	
Control	4	1508 \pm 291	350 \pm 99 ^a	171 \pm 35 ^a	4,45
APC	5	1356 \pm 65	293 \pm 72 ^{ab}	130 \pm 13 ^b	4,91
Orégano	4	1391 \pm 85	216 \pm 38 ^b	138 \pm 13 ^{ab}	6,61
Ajo más cebolla	5	1323 \pm 129	232 \pm 72 ^{ab}	128 \pm 16 ^b	6,01
<i>p -valor</i>		<i>0,387</i>	<i>0,071</i>	<i>0,029</i>	<i>0,107</i>

* Relación altura de vellosidad y profundidad de cripta

4.3. Morfometría del íleon

La tabla 6 muestra la morfometría del íleon de pollos alimentados con diferentes promotores de crecimiento. El análisis de variancia encontró diferencias estadísticas altamente significativas para la profundidad de cripta ($p < 0.001$), ancho de la vellosidad ($p < 0.001$), tendencias de diferencias para la altura de la vellosidad ($p = 0.089$) y ningún efecto para la relación A/P. Comparado con el tratamiento control, el ancho de vellosidad fue inferior en los tratamientos con promotores de crecimiento. El mismo efecto se observa con la profundidad de cripta, aunque la profundidad es mucho menor en el tratamiento orégano. La altura de vellosidad fue inferior en todos los tratamientos con promotores de crecimiento, comparado con el control; sin embargo, el tratamiento orégano fue el que mostro la menor altura de vellosidad.

Tabla 6

Efecto de los promotores de crecimiento sobre la morfometría del íleon en pollos de engorde a los 42 días de edad.

Tratamiento	Replicas, n	Morfometría, μM			Relación A/P
		Altura vellosidad	Profundidad cripta	Ancho vellosidad	
Control	4	980 \pm 232 ^a	264 \pm 26 ^a	149 \pm 7 ^a	3,70
APC	5	804 \pm 102 ^{ab}	211 \pm 36 ^b	115 \pm 10 ^b	3,94
Orégano	4	714 \pm 74 ^b	155 \pm 13 ^c	117 \pm 5 ^b	4,63
Ajo más cebolla	5	847 \pm 82 ^{ab}	190 \pm 18 ^{bc}	113 \pm 5 ^b	4,48
<i>p -valor</i>		<i>0,089</i>	<i>< 0,001</i>	<i>< 0,001</i>	<i>0,292</i>

* Relación altura de vellosidad y profundidad de cripta

CAPÍTULO V. DISCUSIONES

5.1. Altura de vellosidad

El buen grado de morfología intestinal está relacionado con la estabilidad y la salud del organismo (Forte et al., 2016). El alargamiento de las vellosidades puede aumentar el área total de absorción luminal de las vellosidades y, posteriormente, dar lugar a una acción satisfactoria de las enzimas digestivas y a un mayor transporte de nutrientes en la superficie de las vellosidades (Tufarelli et al., 2010).

En la presente investigación, las aves que consumieron dietas con la mezcla de harina de cebolla y ajo mostraron mayor altura de vellosidad en el duodeno y tendencias de mayor altura en íleon. Estos resultados son similares a los reportados por Adibmoradi et al. (2006) quienes reportan aumento significativo de la altura de las vellosidades en el duodeno a partir de la inclusión de 0.5% de ajos a los 42 días de edad del pollo. Estos autores, también observaron mayor desarrollo del yeyuno e íleon con la inclusión de 1 y 2% de ajo en la ración. También, Sunu et al., (2021) observaron que la altura de las vellosidades duodenales era significativamente mayor en los tratamientos que consumieron un preparado de ajo y *Lactobacillus acidophilus*.

Las aves que consumieron dietas con APC y orégano, también mostraron mayor altura de vellosidad del duodeno con respecto al control. Zhang et al. (2021) reportan aumento de la altura de la vellosidad del duodeno con la adición de APC y con la adición de aceite esencial de orégano (200 mg/kg en el alimento). Similar a los resultados de Zhang et al. (2021), en el presente estudio, la adición de APC y orégano no influyó sobre la altura de la vellosidad en el yeyuno. Sin embargo, mientras Zhang et al. (2021) no observan influencia sobre la altura de la vellosidad en el íleon, en el presente estudio, la inclusión de orégano mostró la menor altura de vellosidad en este segmento.

Fonseca-García et al., (2017) reporta aumento de la altura de vellosidad en los tres segmentos del intestino delgado conforme aumenta la cantidad de orégano en la dieta (100, 200 o 400 mg de aceite de orégano por kg de alimento). Además, determinan que la altura de las vellosidades intestinales en el duodeno es mayor en comparación con el yeyuno y e íleon, similar a los datos observados en el presente estudio.

5.2. Profundidad de cripta

Las células de la cripta intestinal se diferencian constantemente en vellosidades para formar nuevas células que sustituyan a las células epiteliales exfoliadas o dañadas (Ding et al., 2022). La poca profundidad de la cripta indica que la tasa de generación de células de la cripta disminuye y la tasa de maduración de las células epiteliales aumenta, lo que indica que la función de absorción de nutrientes intestinal está mejorada (Ding et al., 2022). La cripta puede considerarse como la fábrica de vellosidades, y una cripta grande indica una rápida renovación del tejido y una gran demanda de tejido nuevo (Yason et al., 1987).

En el presente estudio, se observa tendencia de menor profundidad de cripta en el duodeno y yeyuno en los tratamientos que incluyeron APC, orégano y ajo más cebolla, con una mayor tendencia en la disminución de profundidad de cripta en estos dos segmentos en las aves que consumieron orégano. Similares resultados fueron reportados por Zhang et al., (2021) quienes al adicionar 200 mg de orégano por kg en el alimento observaron disminución de la profundidad de cripta en el duodeno, pero no en el yeyuno e íleon.

En el íleon, la profundidad de cripta fue estadísticamente menor en las aves que consumieron dietas con promotores de crecimiento con relación al control, siendo estadísticamente menor en el orégano con relación al APC. Bauer et al. (2019) no observaron diferencias significativas para la profundidad de cripta en el íleon en los grupos tratados con 1% y 2% de orégano. Sin embargo, estos resultados son contradictorios a los de Sunu et al., (2021) quienes observaron aumento significativo de la profundidad de cripta en los tres segmentos de las aves que consumieron un preparado de ajo y *Lactobacillus acidophilus* comparado con el control. Resultado similar observó Adibmoradi et al. (2006) quienes al incluir cantidades incrementadas de harina de ajo (0; 0,125; 0,25; 0,5; 1 y 2%) en la dieta de pollos de engorde hasta los 42 días de edad, observaron un crecimiento ascendente de la profundidad de cripta conforme se incrementaba el nivel de harina de ajo.

5.3. Ancho de vellosidad

El desarrollo intestinal también puede evaluarse, además de mediciones de la cripta (una región en la que se forman nuevas células intestinales) y altura de la cripta, también por la superficie de las vellosidades (Laudadio et al., 2012).

Abudabos et al. (2019) observaron el ancho de la vellosidad significativamente más alta en el control negativo comparado con las provenientes de aves que se alimentaron con dietas que contenían diferentes aditivos alimentarios pero afectadas con salmonella. En uno de los tratamientos afectados con salmonella, pero que utilizaron montmorillonita cálcica, observaron que el ancho de las vellosidades se recuperó en gran medida en comparación con el grupo de aves infectadas.

En el presente estudio, el ancho de vellosidad fue menor en el yeyuno e íleon de aves que consumieron las dietas que contenían promotores de crecimiento comparado con el control. Esto sugiere que el mayor ancho de la vellosidad se relacionaría con una mayor integridad intestinal, haciendo una analogía con los resultados de Abudabos et al. (2019).

No se encontraron información adicional para contrastar los resultados del ancho de vellosidad del presente estudio. Los índices de superficie estimados por la fórmula de Sakamoto et al. (2000) mostraron la misma tendencia estadística encontrado para el ancho de la superficie, por lo que no se muestran en el cuadro de los resultados.

5.4. Relación A/P

El P/A es un indicador adecuado para evaluar la capacidad de digestión y absorción de nutrientes (Montagne et al., 2004). Una mayor relación entre la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas daría lugar a una menor renovación de la mucosa intestinal (Laudadio et al., 2012). Una tasa de renovación más lenta del epitelio intestinal se traduce en una menor necesidad de mantenimiento, lo que finalmente puede conducir a una mayor tasa de crecimiento o eficiencia de crecimiento del animal (Van Nevel et al., 2005).

En el presente estudio, las aves que consumieron cualquiera de los promotores de crecimiento evaluados, mostraron mayor relación A/P en el duodeno, aunque el A/P del tratamiento ajo más cebolla fue la única significativamente mayor con relación al control. Una disminución de la altura de las vellosidades o de la profundidad de la cripta puede

reducir la absorción de nutrientes (Adibmoradi et al., 2006). La relación vellosidades: criptas es un indicador de la capacidad digestiva probable del intestino delgado, y el aumento de esta relación sugiere un aumento de la digestión y la absorción (Montagne, 2003; Adibmoradi et al., 2006).

Zhang et al., (2021) observaron el aumento de la relación A/P en el duodeno, yeyuno e íleon en las aves que consumieron dietas con orégano o antibióticos como aditivos promotores de crecimiento. Asimismo, Bauer et al. (2019) observaron aumento significativo de la relación A/P en el íleon en los grupos tratados con 1% y 2% de orégano.

Sunu et al., (2021) reportan relaciones A/P menores en los tratamientos que consumieron un preparado de ajo y *Lactobacillus acidophilus* comparado con el control, debido a las mayores alturas de vellosidades, pero menores profundidades de cripta en todos los segmentos del intestino delgado. Parker y Armstrong (1987) demostraron que la inclusión de un antibiótico en la dieta de los cerdos puede dar como resultado alargamiento de las vellosidades y una menor relación cripta: vellosidad, lo que es indicativo de una menor tasa de migración de células enterocitarias de la cripta a la vellosidad.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Bajo las condiciones en las que se realizó el presente estudio, se concluye:

- En el duodeno, basados en la mayor altura de vellosidad y relación A/P, los promotores de crecimiento mejoraron la capacidad de digestión y absorción de nutrientes, siendo la mezcla ajo más cebolla las de mejor rendimiento intestinal.
- Los promotores de crecimiento disminuyeron la profundidad de cripta en todo el intestino delgado lo que sugiere una menor renovación celular y una mayor presencia de células maduras que mejorarían la absorción de nutrientes, siendo el orégano la de mejor rendimiento para este parámetro.

6.2. Recomendaciones

Bajo las condiciones en las que se realizó el presente estudio, se concluye:

- Validar la pertinencia de uso del parámetro de superficie de vellosidad.

CAPÍTULO V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abo-EL-Sooud, K. (2018). Ethnoveterinary perspectives and promising future. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 6(1), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.ijvsm.2018.04.001>.
- Abudabos, A. M., Hussein, E. O. S., Ali, M. H., & Al-Ghadi, M. Q. (2019). The effect of some natural alternative to antibiotics on growth and changes in intestinal histology in broiler exposed to Salmonella challenge. *Poultry science*, 98(3), 1441–1446. <https://doi.org/10.3382/ps/pey449>
- Adibmoradi, M., Navidshad, B., Seifdavati, M., & Royan, M. (2006). Effect of dietary garlic meal on histological structure of small intestine in broiler chickens. *Journal Poultry Science*, 43, 378-383. <https://doi.org/10.2141/jpsa.43.378>
- Alhidary, I.A., Rehman, Z.U., Khan, R.U., & Tahir, M.N. (2017). Anti-aflatoxin activities of milk thistle (*Silybum marianum*) in broiler. *World's Poultry Science Journal*, 73, 559 - 566. <https://doi.org/10.1017/S0043933917000514>
- Alloui, N., Agabou, A., & Alloui, N. (2014). Application of herbs and phytochemicals feed additives in poultry production. *Global Journal of Animal Scientific Research*, 2, 234-243.
- Ao, Z., Kocher, A., & Choct, M. (2012). Effects of Dietary Additives and Early Feeding on Performance, Gut Development and Immune Status of Broiler Chickens Challenged with *Clostridium perfringens*. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 25(4), 541–551. <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.11378>
- Applegate, T., Klose, V., Steiner, T., Ganner, A., & Schatzmayr, G. (2010). Probiotics and phytochemicals for poultry: myth or reality? *The Journal of Applied Poultry Research*, 19, 194-210. <https://doi.org/10.3382/japr.2010-00168>
- Bacci, C., Boni, E., Alpigiani, I., Lanzoni, E., Bonardi, S., & Brindani, F. (2012). Phenotypic and genotypic features of antibiotic resistance in *Salmonella enterica* isolated from chicken meat and chicken and quail carcasses. *International journal of food microbiology*, 160(1), 16–23. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.09.014>
- Bajpai, V.K., Baek, K-H., & Kang, S.C. (2012). Control of Salmonella in foods by using essential oils: A review. *Food Research International*, 45(2), 722-734. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.052>.

- Bauer, B. W., Radovanovic, A., Willson, N. L., Bajagai, Y. S., Hao Van, T. T., Moore, R. J., & Stanley, D. (2019). Oregano: A potential prophylactic treatment for the intestinal microbiota. *Heliyon*, 5(10), e02625. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02625>
- Betancourt, L., Rodriguez, F., Phandanouvong, V., Ariza-Nieto, C., Hume, M., Nisbet, D., Afanador-Téllez, G., Van Kley, A. M., & Nalian, A. (2014). Effect of Origanum chemotypes on broiler intestinal bacteria. *Poultry science*, 93(10), 2526–2535. <https://doi.org/10.3382/ps.2014-03944>
- Braykov, N., Eisenberg, J.N.S., Grossman, M., Zhang, L., Vasco, K., Cevallos, W., Muñoz, D., Acevedo, A., Moser, K., Marrs, C.F., Foxman, B., Trostle, J., Trueba, G., & Levy, K. (2016). Antibiotic Resistance in Animal and Environmental Samples Associated with Small-Scale Poultry Farming in Northwestern Ecuador, *mSphere* 1(1), e00021-15. <https://doi.org/10.1128/mSphere.00021-15>
- Brown, K., Uwiera, R., Kalmokoff, M. L., Brooks, S., & Inglis, G. D. (2017). Antimicrobial growth promoter use in livestock: a requirement to understand their modes of action to develop effective alternatives. *International journal of antimicrobial agents*, 49(1), 12–24. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2016.08.006>
- Bunglavan, S.J., Valli, C., Ramachandran, M., & Balakrishnan, V. (2010). Effect of supplementation of herbal extracts on methanogenesis in ruminants. *Livestock research for rural development*, 22, 1-14.
- Carvalho, I. T., & Santos, L. (2016). Antibiotics in the aquatic environments: A review of the European scenario. *Environment international*, 94, 736–757. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.06.025>
- Chan T. Y. (1999). Health hazards due to clenbuterol residues in food. *Journal of toxicology. Clinical toxicology*, 37(4), 517–519. <https://doi.org/10.1081/ctt-100102525>
- Chand, N., Ihsanuddin, & Khan, R. (2014). Replacement of Soybean Meal with Yeast Single Cell Protein in Broiler Ration: The Effect on Performance Traits. *Pakistan journal of zoology*, 46, 1753-1758. [http://zsp.com.pk/pdf46/1753-1758%20\(36\)%20PJZ-1919-14%2020-9-14%20Final%20paper.pdf](http://zsp.com.pk/pdf46/1753-1758%20(36)%20PJZ-1919-14%2020-9-14%20Final%20paper.pdf)
- Chaslus-Dancla, E., Gerbaud, G., Lagorce, M., Lafont, J. P., & Courvalin, P. (1987). Persistence of an antibiotic resistance plasmid in intestinal *Escherichia coli* of

- chickens in the absence of selective pressure. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 31(5), 784–788. <https://doi.org/10.1128/AAC.31.5.784>
- Chen, H., Liu, S., Xu, X. R., Zhou, G. J., Liu, S. S., Yue, W. Z., Sun, K. F., & Ying, G. G. (2015). Antibiotics in the coastal environment of the Hailing Bay region, South China Sea: Spatial distribution, source analysis and ecological risks. *Marine pollution bulletin*, 95(1), 365–373. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.04.025>
- Coates, M.E., Fuller, R., Harrison, G. F., Lev, M., & Suffolk, S. F. (1963). A comparison of the growth of chicks in the Gustafsson germ-free apparatus and in a conventional environment, with and without dietary supplements of penicillin. *The British journal of nutrition*, 17, 141–150. <https://doi.org/10.1079/bjn19630015>
- COBB-VANTRESS (2022). Cobb 500 pollo de engorde - Suplemento Informativo Sobre Rendimiento y Nutrición. https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/232e88a842/Cobb500-Broiler-Supplement_Spanish.pdf.
- COBB-VANTRESS, (2018). Broiler Performance & Nutrition Supplement. (<https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/product-guides/bdc20a5443/70dec630-0abf-11e9-9c88-c51e407c53ab.pdf>).
- CSCRA (2016). Système canadien de surveillance de la résistance aux antimicrobiens – Rapport de 2016. Gouvernement du Canada. <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/publications/medicaments-et-produits-sante/systeme-canadien-surveillance-resistance-antimicrobiens-rapport-2016.html#a3-2-3>
- Dhama, K., Latheef, S.K., Mani, S., Samad, H.A., Karthik, K., Tiwari, R., Khan, R.U., Alagawany, M., Farag, M.R., Alam, G.M., Laudadio, V., & Tufarelli, V. (2015). Multiple Beneficial Applications and Modes of Action of Herbs in Poultry Health and Production-A Review. *International Journal of Pharmacology*, 11, 152-176. DOI: 10.3923/ijp.2015.152.176
- Diarra, M. S., & Malouin, F. (2014). Antibiotics in Canadian poultry productions and anticipated alternatives. *Frontiers in microbiology*, 5, 282. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00282>
- Diarra, M. S., Rempel, H., Champagne, J., Masson, L., Pritchard, J., & Topp, E. (2010). Distribution of antimicrobial resistance and virulence genes in *Enterococcus* spp. and

- characterization of isolates from broiler chickens. *Applied and environmental microbiology*, 76(24), 8033–8043. <https://doi.org/10.1128/AEM.01545-10>
- Dibner, J. J., & Richards, J. D. (2005). Antibiotic growth promoters in agriculture: history and mode of action. *Poultry science*, 84(4), 634–643. <https://doi.org/10.1093/ps/84.4.634>
- Ding, Y., Hu, Y., Yao, X., He, Y., Chen, J., Wu, J., Wu, S., Zhang, H., He, X., & Song, Z. (2022). Dietary essential oils improves the growth performance, antioxidant properties and intestinal permeability by inhibiting bacterial proliferation, and altering the gut microbiota of yellow-feather broilers. *Poultry science*, 101(11), 102087. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102087>
- Doyle, M.E. (2001). *Alternatives to Antibiotic Use for Growth Promotion in Animal Husbandry*. Food Research Institute, Univeristy of Winconsin, Madison, WI, USA, pp. 1-17. [https://www.iatp.org/sites/default/files/Alternatives to Antibiotic Use for Growth Prom.pdf](https://www.iatp.org/sites/default/files/Alternatives%20to%20Antibiotic%20Use%20for%20Growth%20Prom.pdf)
- Emami, N.K., Samie, A., Rahmani, H.R., & Ruiz-Feria, C.A. (2012). The effect of peppermint essential oil and fructooligosaccharides, as alternatives to virginiamycin, on growth performance, digestibility, gut morphology and immune response of male broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 175(1–2), 57-64. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.04.001>.
- ESVAC (2017). Sales of veterinary antimicrobial agents in 30 european countries in 2015. Trends from 2010 to 2015Seventh Esvac Report. Ema/184855/2017. https://www.ema.europa.eu/en/documents/report/seventh-esvac-report-sales-veterinary-antimicrobial-agents-30-european-countries-2015_en.pdf
- Fonseca-García, I., Escalera-Valente, F., Martínez-González, S., Carmona-Gasca, C.A., Gutiérrez-Arenas, D.A., & Ávila-Ramos, F. (2017). Effect of oregano oil dietary supplementation on production parameters, height of intestinal villi and the antioxidant capacity in the breast of broiler. *Austral journal of veterinary sciences*, 49(2), 83-89. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-81322017000200083>
- Forte, C., Acuti, G., Manuali, E., Casagrande Proietti, P., Pavone, S., Trabalza-Marinucci, M., Moscati, L., Onofri, A., Lorenzetti, C., & Franciosini, M. P. (2016). Effects of two different probiotics on microflora, morphology, and morphometry of gut in

- organic laying hens. *Poultry science*, 95(11), 2528–2535.
<https://doi.org/10.3382/ps/pew164>
- Gassner, B., & Wuethrich, A. (1994). Pharmacokinetic and toxicological aspects of the medication of beef-type calves with an oral formulation of chloramphenicol palmitate. *Journal of veterinary pharmacology and therapeutics*, 17(4), 279–283.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2885.1994.tb00246.x>
- Giannenas, I., Florou-Paneri, P., Papazahariadou, M., Christaki, E., Botsoglou, N. A., & Spais, A. B. (2003). Effect of dietary supplementation with oregano essential oil on performance of broilers after experimental infection with *Eimeria tenella*. *Archiv fur Tierernahrung*, 57(2), 99–106. <https://doi.org/10.1080/0003942031000107299>
- González-Ronquillo, M., & Hernandez, J.C. (2017). Antibiotic and synthetic growth promoters in animal diets: Review of impact and analytical methods. *Food Control*, 72, 255-267. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.03.001>
- Hegde, N. V., Kariyawasam, S., & DebRoy, C. (2016). Comparison of antimicrobial resistant genes in chicken gut microbiome grown on organic and conventional diet. *Veterinary and animal science*, 1-2, 9–14. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2016.07.001>
- Huyghebaert, G., Ducatelle, R., & Van Immerseel, F. (2011). An update on alternatives to antimicrobial growth promoters for broilers. *Veterinary journal* (London, England : 1997), 187(2), 182–188. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.03.003>
- Jamroz, D., Wiliczekiewicz, A., Wertelecki, T., Orda, J., & Skorupińska, J. (2005). Use of active substances of plant origin in chicken diets based on maize and locally grown cereals. *British poultry science*, 46(4), 485–493.
<https://doi.org/10.1080/00071660500191056>
- Kempf, I. & Zeitouni, S. (2012). Coût biologique de la résistance aux antibiotiques : analyse et conséquences. *Pathologie Biologie*, 60(2), e9-e14.
<https://doi.org/10.1016/j.patbio.2009.10.013>.
- Kumar, M., Kumar, V., Roy, D., Kushwaha, R., & Vaswani, S. (2014). Application of herbal feed additives in animal nutrition - a review. *International Journal of Livestock Research*, 4(9), 1-8. Doi: 10.5455/ijlr.20141205105218

- Kumar, R., & Bharati, K. A. (2013). New claims in folk veterinary medicines from Uttar Pradesh, India. *Journal of ethnopharmacology*, 146(2), 581–593. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.01.030>
- Kummerer, K. (2009). Antibiotics in the aquatic environment--a review--part I. *Chemosphere*, 75(4), 417–434. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.11.086>
- Kuralkar, P., & Kuralkar, S.V. (2021). Role of herbal products in animal production – An updated review. *Journal of Ethnopharmacology*, 278, 114246. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114246>.
- Lange, C.D., Pluske, J.R., Gong, J., Gong, J., & Nyachoti, C.M. (2010). Strategic use of feed ingredients and feed additives to stimulate gut health and development in young pigs. *Livestock Science*, 134, 124-134. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.06.117>
- Laudadio, V., Passantino, L., Perillo, A., Lopresti, G., Passantino, A., Khan, R. U., & Tufarelli, V. (2012). Productive performance and histological features of intestinal mucosa of broiler chickens fed different dietary protein levels. *Poultry science*, 91(1), 265–270. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01675>
- Laudato, M., & Capasso, R. (2013). Useful plants for animal therapy. *OA Alternative Medicine*, 1(1), 1-6. DOI: 10.13172/2052-7845-1-1-327
- Lee, K. W., Ho Hong, Y., Lee, S. H., Jang, S. I., Park, M. S., Bautista, D. A., Ritter, G. D., Jeong, W., Jeung, H. Y., An, D. J., Lillehoj, E. P., & Lillehoj, H. S. (2012). Effects of anticoccidial and antibiotic growth promoter programs on broiler performance and immune status. *Research in veterinary science*, 93(2), 721–728. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2012.01.001>
- Lin, J., Hunkapiller, A. A., Layton, A. C., Chang, Y. J., & Robbins, K. R. (2013). Response of intestinal microbiota to antibiotic growth promoters in chickens. *Foodborne pathogens and disease*, 10(4), 331–337. <https://doi.org/10.1089/fpd.2012.1348>
- Manzetti, S., & Ghisi, R. (2014). The environmental release and fate of antibiotics. *Marine pollution bulletin*, 79(1-2), 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.01.005>
- Marti, M., Variatza, E., & Balcazar, J.L. (2014). The role of aquatic ecosystems as reservoirs of antibiotic resistance. *Trends in Microbiology*, 22(1), 36-41. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2013.11.001>.

- McDonald, P., Edwards, L.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A., & Wilkinson, R.G. (2010). *Animal Nutrition* (7ma ed.). Benjamin-Cummings, New York. 714 p.: <http://gohardanehco.com/wp-content/uploads/2014/02/Animal-Nutrition.pdf>
- McReynolds, J., Waneck, C., Byrd, J., Genovese, K., Duke, S., & Nisbet, D. (2009). Efficacy of multistrain direct-fed microbial and phytogenetic products in reducing necrotic enteritis in commercial broilers. *Poultry Science*, 88(10), 2075-2080. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00106>.
- Mehdi, Y., Létourneau-Montminy, M-P., Gaucher, M-L., Chorfi, Y., Suresh, G., Rouissi, T., Brar, S.K., Côté, C., Ramirez, A.A., & Godbout, S. (2018). Use of antibiotics in broiler production: Global impacts and alternatives. *Animal Nutrition*, 4(2), 170-178. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.03.002>.
- Molla, R.M., Akter, F., & Mostofa, M. (2012). Effects of nishyinda, black pepper and cinnamon extract as growth promoter in broilers. *Bangladesh Veterinarian*, 29 (2), 69-77. <https://doi.org/10.3329/bvet.v29i2.14345>
- Montagne, L., Cavaney, F. S., Hampson, D. J., Lallès, J. P., & Pluske, J. R. (2004). Effect of diet composition on postweaning colibacillosis in piglets. *Journal of animal science*, 82(8), 2364–2374. <https://doi.org/10.2527/2004.8282364x>
- Mountzouris, K.C., Paraskevas, V., Tsirtsikos, P., Palamidi, I., Steiner, T., Schatzmayr, G., & Fegeros, K. (2011). Assessment of a phytogenic feed additive effect on broiler growth performance, nutrient digestibility and caecal microflora composition. *Animal Feed Science and Technology*, 168, 3-4, 223-231. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.03.020>.
- Mourão, J.L., Pinheiro, V., Alves, A., Guedes, C., Pinto, L.C., Saavedra, M.J., Spring, P., & Kocher, A. (2006). Effect of mannan oligosaccharides on the performance, intestinal morphology and cecal fermentation of fattening rabbits. *Animal Feed Science and Technology*, 126, 107-120. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.06.009>
- Niewold, T. A. (2007). The nonantibiotic anti-inflammatory effect of antimicrobial growth promoters, the real mode of action? A hypothesis. *Poultry science*, 86(4), 605–609. <https://doi.org/10.1093/ps/86.4.605>

- Perumal, P., Veeraselvam, M., & Nahak, A.K. (2013). Herbal Treatment in Animal Reproduction. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 4(3):460-467.
https://www.pphouse.org/upload_article/16_IJBSM_Sept_2013_Perumal_et_al.pdf
- Platel, K., & Srinivasan, K. (2004). Digestive stimulant action of spices: a myth or reality?. *The Indian journal of medical research*, 119(5), 167–179.
- Rostagno, H., Teixeira, I., Hannas, M., Donzele, J., Sakomura, N., Guilherme, F.; Saraiva, A., Teixeira M., Rodrigues, P., Oliveira, R., Toledo, S. y Oliveira, C. (2017). Tablas brasileñas para aves y cerdos. Composición de alimento y requerimientos nutricionales. Trad por Sandra Salguero. 4 ed. Viçosa, Brasil.
- RUMA (2016). Responsible use of medicines in agriculture alliance (Ruma) information on antibiotic resistance. <https://www.ruma.org.uk/2016/09/>
- Sakamoto, K., Hirose, H., Onizuka, A., Hayashi, M., Futamura, N., Kawamura, Y., & Ezaki, T. (2000). Quantitative study of changes in intestinal morphology and mucus gel on total parenteral nutrition in rats. *The Journal of surgical research*, 94(2), 99–106.
<https://doi.org/10.1006/jsre.2000.5937>
- Shams Shargh, M., Dastar, B., Zerehdaran, S., Khomeiri, M., & Moradi, A. (2012). Effects of using plant extracts and a probiotic on performance, intestinal morphology, and microflora population in broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 21(2), 201-208. <https://doi.org/10.3382/japr.2010-00145>.
- Singh, S., Yadav, A., Singh, S.M., & Bharti, P. (2010). Prevalence of Salmonella in chicken eggs collected from poultry farms and marketing channels and their antimicrobial resistance. *Food Research International*, 43(8), 2027-2030.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.06.001>.
- Sommer, F., & Bäckhed, F. (2013). The gut microbiota — masters of host development and physiology. *Nature Reviews Microbiology*, 11(4), 227–238.
<https://doi.org/10.1038/nrmicro2974>
- Soroor, M.N.S., & Moeini, M.M. (2015). The influence of ginger (*Zingiber officinale*) on in vitro rumen fermentation patterns. *Annual Research & Review in Biology*, 5(1), 54-63. DOI: 10.9734/ARRB/2015/12495

- Sunu, P., Sunarti, D., Mahfudz, L.D., Dwi Yuniarto, V. (2021). Effect of synbiotic from *Allium sativum* and *Lactobacillus acidophilus* on hematological indices, antioxidative status and intestinal ecology of broiler chicken. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 20(2), 103-110. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2020.12.005>.
- Tufarelli, V., Desantis, S., Zizza, S., & Laudadio, V. (2010). Performance, gut morphology and carcass characteristics of fattening rabbits as affected by particle size of pelleted diets. *Archives of animal nutrition*, 64(5), 373–382. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2010.496945>
- Turk D. E. (1982). The anatomy of the avian digestive tract as related to feed utilization. *Poultry science*, 61(7), 1225–1244. <https://doi.org/10.3382/ps.0611225>
- Van Nevel, C. J., Decuyper, J. A., Dierick, N. A., & Molly, K. (2005). Incorporation of galactomannans in the diet of newly weaned piglets: effect on bacteriological and some morphological characteristics of the small intestine. *Archives of animal nutrition*, 59(2), 123–138. <https://doi.org/10.1080/17450390512331387936>
- Viegi, L., Pieroni, A., Guarrera, P. M., & Vangelisti, R. (2003). A review of plants used in folk veterinary medicine in Italy as basis for a databank. *Journal of ethnopharmacology*, 89(2-3), 221–244. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2003.08.003>
- Yason, C. V., Summers, B. A., & Schat, K. A. (1987). Pathogenesis of rotavirus infection in various age groups of chickens and turkeys: pathology. *American journal of veterinary research*, 48(6), 927–938.
- Zeng, Z., Zhang, S., Wang, H., & Piao, X. (2015). Essential oil and aromatic plants as feed additives in non-ruminant nutrition: a review. *Journal of animal science and biotechnology*, 6(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0004-5>
- Zhang, L. Y., Peng, Q. Y., Liu, Y. R., Ma, Q. G., Zhang, J. Y., Guo, Y. P., Xue, Z., & Zhao, L. H. (2021). Effects of oregano essential oil as an antibiotic growth promoter alternative on growth performance, antioxidant status, and intestinal health of broilers. *Poultry science*, 100(7), 101163. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101163>

ANEXOS

ANEXO 1: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DEL DUODENO

ANOVA – altura de vellosidad

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Tratamiento	335109	3	111703	4.49	0.021
Residuos	348331	14	24881		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
3.37	3	14	0.049

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0.963	0.653

Comparaciones Post Hoc - Tratamiento

Comparación							
Tratamiento	Tratamiento	Diferencia de Medias	EE	gl	t	p _{Tukey}	
APC + coccid	- Ajo + cebolla	-279.3	99.8	14.0	-2.800	0.061	
	- Control	81.3	105.8	14.0	0.768	0.868	
	- Orégano	-62.7	105.8	14.0	-0.592	0.933	
Ajo + cebolla	- Control	360.6	105.8	14.0	3.408	0.020	
	- Orégano	216.7	105.8	14.0	2.048	0.218	
Control	- Orégano	-143.9	111.5	14.0	-1.290	0.583	

Nota. Las comparaciones se basan en medias marginales estimadas

ANOVA – profundidad de cripta

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Tratamiento	9502	3	3167	2.57	0.096
Residuos	17248	14	1232		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
0.475	3	14	0.704

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0.958	0.568

Comparaciones Post Hoc - Tratamiento

Comparación		Diferencia de Medias	EE	gl	t	p _{Tukey}
Tratamiento	Tratamiento					
APC + coccid	- Ajo + cebolla	6.54	22.2	14.0	0.295	0.991
	- Control	-54.04	23.5	14.0	-2.295	0.146
	- Orégano	-15.13	23.5	14.0	-0.642	0.916
Ajo + cebolla	- Control	-60.57	23.5	14.0	-2.573	0.091
	- Orégano	-21.66	23.5	14.0	-0.920	0.795
Control	- Orégano	38.91	24.8	14.0	1.568	0.427

Nota. Las comparaciones se basan en medias marginales estimadas

ANOVA - Ancho vellosidad

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Tratamiento	749	3	250	0.868	0.481
Residuos	4026	14	288		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
2.11	3	14	0.144

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0.959	0.577

ANOVA – Relación V/C

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Tratamiento	21.6	3	7.19	5.40	0.011
Residuos	18.6	14	1.33		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
0.202	3	14	0.893

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0.919	0.123

Comparaciones Post Hoc - Tratamiento

Comparación						
Tratamiento	Tratamiento	Diferencia de Medias	EE	gl	t	p _{Tukey}
APC + coccid	- Ajo + cebolla	- 1.516	0.730	14.0	-2.077	0.208
	- Control	1.587	0.774	14.0	2.050	0.217
	- Orégano	0.114	0.774	14.0	0.147	0.999
Ajo + cebolla	- Control	3.103	0.774	14.0	4.008	0.006
	- Orégano	1.630	0.774	14.0	2.106	0.199
Control	- Orégano	- 1.472	0.816	14.0	-1.805	0.312

Nota. Las comparaciones se basan en medias marginales estimadas

ANEXO 2: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DEL YEYUNO

ANOVA – Altura vellosidad en el yeyuno

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Tratamiento	83601	3	27867	1.09	0.387
Residuos	358830	14	25631		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
L2.50	3	14	0.102

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0.903	0.066

Comparaciones Post Hoc - Tratamiento

Comparación							
Tratamiento	Tratamiento	Diferencia de Medias	EE	gl	t		P _{Tukey}
APC + coccid	- Ajo + cebolla	32.6	101	14.0	0.322		0.988
	- Control	-152.0	107	14.0	-1.415		0.511
	- Orégano	-35.6	107	14.0	-0.331		0.987
Ajo + cebolla	- Control	-184.6	107	14.0	-1.719		0.351
	- Orégano	-68.2	107	14.0	-0.635		0.919
Control	- Orégano	116.4	113	14.0	1.028		0.736

Nota. Las comparaciones se basan en medias marginales estimadas

ANOVA – Profundidad de la cripta en el yeyuno

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Tratamiento	47103	3	15701	2.92	0.071
Residuos	75312	14	5379		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
0.788	3	14	0.520

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0.987	0.995

Comparaciones Post Hoc - Tratamiento

Comparación							
Tratamiento	Tratamiento	Diferencia de Medias	EE	gl	t	p_{Tukey}	
APC + coccid	- Ajo + cebolla	61.4	46.4	14.0	1.324	0.564	
	- Control	-56.6	49.2	14.0	-1.151	0.666	
	- Orégano	77.2	49.2	14.0	1.570	0.426	
Ajo + cebolla	- Control	-118.0	49.2	14.0	-2.399	0.123	
	- Orégano	15.8	49.2	14.0	0.322	0.988	
Control	- Orégano	133.8	51.9	14.0	2.581	0.090	

Nota. Las comparaciones se basan en medias marginales estimadas

ANOVA - Ancho velloso

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Tratamiento	5112	3	1704	4.06	0.029
Residuos	5871	14	419		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
1.92	3	14	0.172

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0.924	0.155

Pruebas Post Hoc

Comparaciones Post Hoc - Tratamiento

Comparación						
Tratamiento	Tratamiento	Diferencia de Medias	EE	gl	t	p _{tukey}
APC + coccid	- Ajo + cebolla	1.73	13.0	14.0	0.133	0.999

Comparaciones Post Hoc - Tratamiento

Comparación						
Tratamiento	Tratamiento	Diferencia de Medias	EE	gl	t	P_{tukey}
	- Control	-41.26	13.7	14.0	-3.004	0.042
	- Orégano	-7.83	13.7	14.0	-0.570	0.939
Ajo + cebolla	- Control	-42.99	13.7	14.0	-3.129	0.033
	- Orégano	-9.56	13.7	14.0	-0.696	0.897
Control	- Orégano	33.43	14.5	14.0	2.309	0.143

Nota. Las comparaciones se basan en medias marginales estimadas

ANOVA – A/P

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Tratamiento	12.3	3	4.11	2.44	0.107
Residuos	23.6	14	1.69		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
0.390	3	14	0.762

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0.967	0.735

ANEXO 3: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DEL ÍLEON

ANOVA - Altura vellosidad del íleon

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Tratamiento	146646	3	48882	2.70	0.089
Residuos	235366	13	18105		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
2.70	3	13	0.088

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0.944	0.366

Comparaciones Post Hoc - Tratamiento

Comparación		Diferencia de Medias	EE	gl	t	p _{tukey}
Tratamiento	Tratamiento					
APC + coccid	- Ajo + cebolla	-43.5	90.3	13.0	-0.482	0.962

	-	Control	-175.7	95.1	13.0	-1.846	0.297
	-	Orégano	89.8	95.1	13.0	0.944	0.782
Ajo + cebolla	-	Control	-132.1	90.3	13.0	-1.464	0.485
	-	Orégano	133.3	90.3	13.0	1.477	0.478
Control	-	Orégano	265.5	95.1	13.0	2.790	0.065

Nota. Las comparaciones se basan en medias marginales estimadas

ANOVA – profundidad de la cripta en el ileon

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Tratamiento	24798	3	8266	14.0	<.001
Residuos	7682	13	591		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
2.36	3	13	0.119

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0.973	0.874

Comparaciones Post Hoc - Tratamiento

Comparación		Diferencia de Medias	EE	gl	t	P_{tukey}
Tratamiento	Tratamiento					
APC + coccid	- Ajo + cebolla	20.6	16.3	13.0	1.26	0.600
	- Control	-52.7	17.2	13.0	-3.06	0.040
	- Orégano	55.6	17.2	13.0	3.23	0.029
Ajo + cebolla	- Control	-73.3	16.3	13.0	-4.49	0.003
	- Orégano	35.0	16.3	13.0	2.14	0.191
Control	- Orégano	108.2	17.2	13.0	6.30	< .001

Nota. Las comparaciones se basan en medias marginales estimadas

ANOVA - Ancho vellosidad

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Tratamiento	3545	3	1181.7	25.5	<.001
Residuos	601	13	46.3		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
1.23	3	13	0.340

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0.969	0.804

Pruebas Post Hoc

Comparaciones Post Hoc - Tratamiento

Comparación							
Tratamiento	Tratamiento	Diferencia de Medias	EE	gl	t		P _{tukey}
APC + coccid	- Ajo + cebolla	2.65	4.56	13.0	0.580		0.936
	- Control	-33.32	4.81	13.0	-6.928		<.001
	- Orégano	-1.62	4.81	13.0	-0.337		0.986
Ajo + cebolla	- Control	-35.97	4.56	13.0	-7.883		<.001

Comparaciones Post Hoc - Tratamiento

Comparación						
Tratamiento	Tratamiento	Diferencia de Medias	EE	gl	t	P_{Tukey}
	- Orégano	-4.27	4.56	13.0	-0.936	0.787
Control	- Orégano	31.70	4.81	13.0	6.591	< .001

Nota. Las comparaciones se basan en medias marginales estimadas

ANOVA - A/P

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p
Tratamiento	2.43	3	0.810	1.38	0.292
Residuos	7.61	13	0.586		

Comprobaciones de Supuestos

Prueba de Levene para homogeneidad de varianzas

F	gl1	gl2	p
0.500	3	13	0.689

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Estadístico	p
0.949	0.442