



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**  
**MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**TESIS**

Análisis histopatológico de intestinos delgados de pavos comerciales (*Meleagris gallopavo*) bajo diferentes tratamientos de pico

PARA OBTENER EL TÍTULO DE MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

**PRESENTA:**  
Morales Mejía Carmen Themis

**Asesora:**  
Dra. en C. Hernández Trujillo Elein

**Co asesor:**  
Dr. en C. German Isauro Garrido Fariña

CD. MX. 2024



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN**  
**SECRETARIA GENERAL**  
**DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN**



**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y  
HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL**

De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado:  
Análisis histopatológico de intestinos delgados de pavos comerciales  
(Meleagris gallopavo) bajo diferentes tratamientos de pico.

\_\_\_\_\_, que presenté para obtener el título/grado de: Médica Veterinaria Zootecnista, es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación/graduación.

**Atentamente**

Carmen Themis Morales Mejia 314705758

Nombre y número de cuenta del egresado(a)



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

DR. DAVID QUINTANAR GUERRERO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
PRESENTE

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO



ATN: DRA. MARÍA DEL CARMEN VALDERRAMA  
Jefa del Departamento de Titulación  
de la FES Cuautitlán

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de tesis.**

**Análisis histopatológico de intestinos delgados de pavos comerciales (Meleagris gallopavo) bajo diferentes tratamientos de pico.**

Que presenta la pasante: **Carmen Themis Morales Mejía**  
Con número de cuenta: **314705758** para obtener el título de: **Médica Veterinaria Zootecnista**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO.**

**ATENTAMENTE**  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 01 de diciembre de 2023.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	<u>Dr. Juan Carlos Del Río García</u>	
<b>VOCAL</b>	<u>M.V.Z. Esp. Hugo César López Farías</u>	
<b>SECRETARIO</b>	<u>Dra. Elein Hernández Trujillo</u>	
<b>1er. SUPLENTE</b>	<u>M. en M.V.Z. Dulce María Badillo Leal</u>	
<b>2do. SUPLENTE</b>	<u>M. en C. María de Jesús Nava Ramírez</u>	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional.

## Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico de manera muy especial a mi padre que, aunque no estes físicamente conmigo siempre te encuentras en mi mente y mi corazón todos los días, sin ti no podría estar donde ahora me encuentro y nunca tendré las palabras suficientes para expresarte mi agradecimiento papá.

También, a mi madre que sin ella no podríamos haber avanzado en la etapa más difícil de mi vida, eres mi mayor motor en la vida y definitivamente yo no habría podido culminar este ciclo que es muy importante si no hubieras estado a mi lado.

A mi hermano le agradezco su amor infinito y su apoyo incondicional que siempre me demuestra, eres una pieza fundamental tanto en este proyecto como en mi vida profesional y personal. Agradezco al resto de mi familia por su apoyo incondicional.

Le agradezco a todos mi amigos de la carrera, ya que siempre han estado a lo largo de este camino con risas, llantos y enojos, pero especialmente a Karlita que siempre ha estado dándome su apoyo incondicional y a la que le estoy muy agradecida por estar en mi vida y siempre sostenerme. De igual manera le agradezco a Ángel por estar en mi vida y por su apoyo siempre.

Por último, le agradezco a mis dos perritas Lula y Luna que ya no están aquí pero que fueron parte de mi crecimiento profesional. A todos y cada una de las personas que estuvieron conmigo de manera directa o indirectamente les agradezco por todo.

## **Agradecimientos**

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán así como a cada uno de mis profesores por compartirme todos sus conocimientos y así haberme permitido formarme y de una manera muy especial mi agradecimiento infinito a la doctora Elein Hernández Trujillo por todo su apoyo y brindarme la oportunidad de participar en el proyecto del cual se obtuvo la siguiente tesis, al doctor German Isauro Garrido por el apoyo en el área del procesamiento de las laminillas y su valiosa aportación a la siguiente tesis, al laboratorio 14 de la UIM, a todo su equipo y especialmente al Dr. Juan Carlos del Rio por su apoyo y orientación en este trabajo, así como su apoyo para la toma de fotografías. Agradezco a mi compañero Roberto Hernández por su apoyo para la parte estadística, a todos y cada uno les agradezco por permitirme darme la confianza de realizar este trabajo, por permitirme tomar cada uno de su tiempo en orientaciones y revisiones.

Agradezco al proyecto PAPIIT con nombre “Evaluación del uso de enriquecimiento ambiental y microbiota intestinal y su efecto en diferentes densidades animales en pavos de engorda” con clave IA207421. Agradezco a los animales con los que se llevó a cabo este proyecto, sin ellos no hubiera sido posible el termino de este proyecto.



## Índice de Contenido

<b>1 Introducción</b> .....	10
1.1 Antecedentes de la Avicultura .....	10
1.2 Características Anatomofológicas del Intestino Delgado de Aves .....	10
1.2.1 Descripción Macroscópica del Intestino Delgado (ID) .....	11
1.2.2 Descripción Microscópica del Duodeno y Yeyuno .....	12
1.3 Integridad Intestinal .....	16
1.3.1 Microbiota Intestinal .....	17
1.3.2 Digestión y Absorción .....	18
1.4 Uso de Aditivos en la Alimentación Avícola .....	19
1.4.1 Mecanismo de acción de los ácidos orgánicos .....	20
1.4.2 Ventajas de Usos de los Ácidos Orgánicos .....	21
1.4.3 Vitamina C .....	21
1.4.4 Ácido Acetoxibenzoico .....	22
1.5 Tratamiento de Pico .....	22
1.5.1 Métodos de Tratamiento de Pico .....	22
1.5.2 Efectos Secundarios de Tratamiento de Pico .....	23
1.6 Tinción Hematoxilina y Eosina (H-E) .....	24
<b>2 Hipótesis</b> .....	24
<b>3 Justificación</b> .....	24
<b>4 Objetivo General</b> .....	25
<b>4.1 Objetivos Particulares</b> .....	25
<b>5 Metodología</b> .....	25
5.1 Animales y Localización .....	25
5.2 Grupos experimentales .....	25
5.3 Suministro de aditivo en agua .....	26
5.4 Tratamiento de Pico .....	26
5.5 Toma de Muestras .....	27
5.6 Procesamiento Histopatológico .....	27
<b>6 Estadístico</b> .....	29
<b>7 Resultados</b> .....	29
<b>9 Discusión</b> .....	38
9.1 Efectos de Distintos Tratamientos de Pico Sobre la Histología de Intestino Delgado .....	38

9.2 Efecto de Uso de Aditivo Comercial y Diferentes Tratamientos de Pico Sobre la Histología del Intestino Delgado .....	40
<b>10 Conclusiones</b> .....	44
<b>11 Referencias</b> .....	45

## Índice de figuras

- Fig. 1 Tracto digestivo de un pavo de 12 semanas. 1, esófago; 2, cultivo; 3. Esófago postcosecha; 4, proventrículo; 5, istmo; 6, músculo craneodorsal delgado; 7, músculo craneoventral grueso; 8, músculo caudodorsal grueso; 9, músculo caudoventral delgado; 10, duodeno proximal; 11, páncreas; 12, duodeno distal; 13, hígado; 14, vesícula biliar; 15, íleon; 16, divertículo de Meckel; 17, unión ileocecal; 18, ciego; 19, recto; 20, bolsa de Fabricio; 21, cloaca; 22, ventilación (Tomado de Denbow, 2015)..... 11
- Fig. 2 Histología yeyuno. Tinción H-E 4x. Cortesía Dr. En C. Germán I. Garrido Fariña. Profesor de Tiempo Completo de FESC-UNAM. Túnica mucosa (A): Epitelio (E), Lámina propia (F), Lámina muscular de la mucosa (G), Cripta de Lieberkühn (GL); Túnica submucosa..... 15
- Fig. 3 Histología yeyuno. Tinción H-E 4x. Fotografía tomada por pMVZ Carmen Morales. Túnica mucosa (A): Epitelio (E), Lámina propia (F), Lámina muscular de la mucosa (G), Cripta de Lieberkühn (GL); Túnica submucosa ..... 16
- Fig. 4 Cortes histológicos de pavos de 6 semanas de edad. Tinción H-E 4x. Fotografías tomadas por pMVZ Carmen Morales A) Altura de la Vellosoidad Total de Duodeno. B) Altura de la Vellosoidad de Duodeno. C) Altura de la Cripta de Duodeno. D) Ancho de la Vellosoidad de Duodeno ..... 36
- Fig. 5 Cortes histológicos de pavos de 6 semanas de edad. Tinción H-E 4x. Fotografías tomadas por pMVZ Carmen Morales A) Altura de la Vellosoidad Total de Yeyuno. B) Altura de la Vellosoidad de Yeyuno. C) Altura de la Cripta de Yeyuno. D) Ancho de la Vellosoidad de Yeyuno..... 37



## Índice de tablas

- Tabla 1 Ácidos orgánicos más comunes utilizados en nutrición animal (Roa, 2015).  
..... 21
- Tabla 2 Resultados estadísticos de altura total de vellosidades, altura de criptas, ancho de vellosidades y área de absorción de duodeno en pavos de 6 semanas bajo diferentes tratamientos. .... 34
- Tabla 3 Resultados estadísticos de altura total de vellosidades, altura de criptas, ancho de vellosidades y área de absorción de yeyuno en pavos de 6 semanas bajo diferentes tratamientos. .... 35

## Resumen

El pavo doméstico (*Meleagris gallopavo*) tiene su origen en Norteamérica, donde conquistadores ingleses y españoles los encontraron en México, Estados Unidos y Canadá; y existen evidencias de que los primeros que fueron introducidos en España provenían de México (Concepción, 2021). Actualmente, las producciones de pavos han mejorado sus resultados y mundialmente se tiene una tendencia de producción de alto peso corporal. Actualmente en México la estirpe Nicholas es la más común, representando un 42.2% de la población, teniendo una buena conversión alimenticia y precocidad en el crecimiento (Valarezo, *et al* 2016).

El picoteo de plumas, las lesiones y la mortalidad en la aves de corral ocasionan altos índices de lesiones y muertes entre las parvadas, por lo tanto, existen métodos como el corte de pico, que es la eliminación de 1/4 a 1/3 aproximadamente del pico superior o inferior; esto para reducir las lesiones de las aves (AVMA, 2010).

Los aditivos (antibióticos promotores del crecimiento, probióticos, prebióticos, ácidos orgánicos) usados en nutrición veterinaria han sido factores claves para mejorar las tasas de crecimientos y la eficiencia alimentaria y de producción, manteniendo una buena salud y bienestar aceptable en las aves (Khodambashi *et al* 2017).

En la siguiente investigación se utilizaron 56 pavos de 6 semanas de edad de la línea Nicholas 700, divididos en 8 grupos de 7 pavos. Las aves se colocaron de manera aleatoria en grupos de acuerdo con los tratamientos de cuando se hizo el corte de pico a la semana 1 y 4, así como con el método de corte de pico ya fuera con cuchilla mecánica o cuchilla fría y el uso de un aditivo comercial Contraestrés VsEs3C ® Laboratorio Atisa.

En general, se observaron algunas diferencias significativas en algunos tratamientos, pero no se pudieron asociar a alguna relevancia biológica que pudiera afectar o comprometer la salud intestinal de los pavos, ya que existen diversos factores como: tiempo de muestreo, edad de los pavos, dosis y vía de administración del aditivo ingerido que pudieron intervenir en los resultados y este mostrará diferencias con relevancia biológica.

# 1 Introducción

## 1.1 Antecedentes de la Avicultura

La meleagricultura es la actividad zootécnica, que se encarga de la crianza y producción de pavos domésticos *Meleagris gallopavo*, se estima que la domesticación de esta ave americana se realizó en México entre los años 200 y 700 a.C. y fue practicada por los pueblos prehispánicos de México. Actualmente, solo el 10% del consumo nacional es producido en el país, teniendo como principal importador a EUA con el 84%, Brasil 4.5% y Chile 1.5%. Esta producción pecuaria constituye una parte fundamental de la producción nacional de alimentos y es un importante elemento en la ingesta, donde 6 de cada 10 mexicanos incluyen pavo, pollo y huevo a la dieta (CEDRSSA, 2019).

La producción de pavo registra una tasa de crecimiento media anual de 1.4%, entre 1994 a 2017, lo que representa 38% de crecimiento en dicho periodo (CEDRSSA, 2019). El consumo nacional de pavo es de 1.31 kilos per cápita, teniendo la mayor producción en Yucatán 23.5%, Puebla 15.2%, Estado de México 14.5%, Veracruz 8.3%, Tabasco 7%.

En la actualidad los pavos que son criados en producciones industriales no pertenecen a una raza determinada ya que son cruzamientos para obtener mejores características productivas y estas se pueden llamar híbridos comerciales (González, 2009).

## 1.2 Características Anatomofológicas del Intestino Delgado de Aves

El aparato digestivo tiene como función el almacenaje, la conducción y la degradación de los alimentos para poder tener una absorción y así ser utilizados por las aves (Roa, 2015).

El tracto digestivo además de tener importancia para la digestión y absorción de nutrientes es el órgano inmunológico más grande. La longitud del tracto intestinal de las aves es más corta que en mamíferos, además de que carecen de dientes y los músculos pesados de la mandíbula son reemplazados por un pico.

La anatomía y el desarrollo del tubo digestivo determinan en gran parte el tipo de alimento que es útil en la nutrición de una especie en particular (Denbow, 2015).

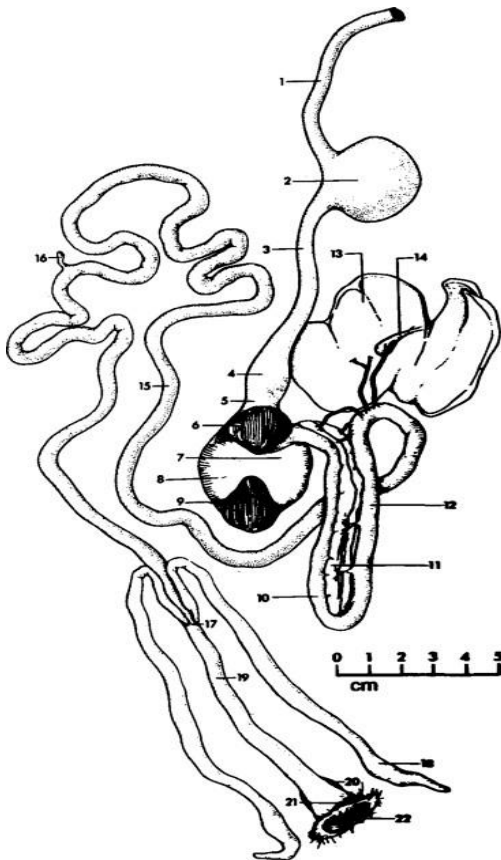


Fig. 1 Tracto digestivo de un pavo de 12 semanas. 1, esófago; 2, cultivo; 3. Esófago postcosecha; 4, proventrículo; 5, istmo; 6, músculo craneodorsal delgado; 7, músculo craneoventral grueso; 8, músculo caudodorsal grueso; 9, músculo caudoventral delgado; 10, duodeno proximal; 11, páncreas; 12, duodeno distal; 13, hígado; 14, vesícula biliar; 15, íleon; 16, divertículo de Meckel; 17, unión ileocecal; 18, ciego; 19, recto; 20, bolsa de Fabricio; 21, cloaca; 22, ventilación (Tomado de Denbow, 2015).

Los pollos y pavos tienen un aparato digestivo simple, en donde hay escaso lugar para una flora intestinal que ayude a la digestión del alimento, por tanto, estas aves, dependen de las enzimas secretadas en cantidades apropiadas por el aparato digestivo para degradar moléculas alimenticias complejas a sustancias más simples capaces de ser absorbidas. Cuando el alimento consumido no puede ser digerido por las enzimas presentes en el tubo digestivo, el alimento no es útil como fuente de nutrientes para el ave (Pazmiño, 2015).

### 1.2.1 Descripción Macroscópica del Intestino Delgado (ID)

El intestino delgado (ID) se considera constituido por tres partes: en duodeno, yeyuno e íleon; hay un asa duodenal distinta que es el tallo vitelino (divertículo de Meckel), punto de referencia para separar el yeyuno y el íleon. La pared intestinal presenta pliegues o vellosidades, donde el número de vellosidades tiene una disminución entre el día 1 al 10 de edad, después permanece constante; estas pueden aumentar el área de absorción de los

alimentos, junto a la circulación sanguínea que permite digerir y absorber en menos de tres horas el alimento consumido. Los intestinos contienen una extensa inervación del sistema nervioso simpático y parasimpático. El nervio intestinal (nervio de Remak), corre a lo largo del intestino delgado y grueso, siendo exclusivo de las aves. Se considera este nervio como mixto que contiene fibras autonómicas tanto simpáticas como parasimpáticas. Las enzimas presentes en el jugo pancreático actúan sobre almidones, lípidos y proteínas. Las enzimas producidas en la pared intestinal completan el proceso digestivo por degradación de pequeños fragmentos proteínicos (péptidos) en aminoácidos, y por desdoblamiento de disacáridos como sacarosa y maltosa en azúcares simples que pueden ser absorbidos. La digestión y absorción de nutrientes ocurre de manera primaria en el intestino delgado. (Denbow, 2015).

### 1.2.2 Descripción Microscópica del Duodeno y Yeyuno

El duodeno de las aves presenta una estructura histológica similar a la de los mamíferos, es un tubo multicapa con: túnica mucosa, tela submucosa, túnica muscular y túnica serosa (Fig. 2). La superficie del duodeno de los animales presenta una estructura definida para aumentar la superficie de absorción, presentando tres grados de complejidad: microvellosidades, vellosidades y pliegues de la mucosa y submucosa. En aves, no se observan pliegues macroscópicos.

#### Túnica mucosa (Fig. 2)

##### Epitelio

El epitelio se conforma de diversas estructuras que se describen a continuación. Las vellosidades son evaginaciones de la túnica mucosa y están presentes en el intestino delgado y grueso, incluyendo ciegos. Tiene forma elipsoidal, a diferencia de los mamíferos que son digitiformes, con una disposición en zigzag. La capacidad digestiva y de absorción está determinada por la densidad de vellosidades y tamaño. La morfología y densidad de las vellosidades varían de acuerdo con la dieta y líneas genéticas. Las vellosidades presentan superficie lisa, con pliegues o grietas, en el duodeno son más altas y anchas, con un ápice más redondeado, donde aquí se produce la exfoliación de células muertas. El epitelio de revestimiento simple columnar con microvellosidades y exocinocitos

caliciformes intercalados de tipo simple columnar, siendo una barrera permeable para nutrientes y primera línea de defensa. Estas células epiteliales, se denomina enterocitos, son células cilíndricas altas, tienen un núcleo alargado. Estas células se encargan de la digestión final de los alimentos, y el transporte transepitelial de los nutrientes desde y hacia el lumen, en el borde apical cuentan con miles de microvellosidades, esto para aumentar la superficie de contacto, digestión, absorción y secreción. Estas presentan disacaridasas en la superficie luminal, importantes en la digestión. Dispersas entre los enterocitos y a lo largo de la vellosidad, se encuentran los exocrinocitos caliciformes, se encuentran en menor número hacia el ápice de las vellosidades, se distribuyen a lo largo del intestino y cumplen la función de secreción de glicoproteínas protectoras del epitelio intestinal. Tienen una morfología similar a un cáliz, esto por la acumulación de vesículas de mucinógenos en la región apical, el núcleo y el citoplasma se encuentran en la base angosta. Su secreción forma una capa que cubre las vellosidades, formando una protección a la mucosa de las enzimas digestivas. Entre las bases de las vellosidades, se encuentran las glándulas intestinales o criptas de Lieberkühn, son glándulas simples tubulares, cortas que penetran la mucosa hasta la lámina muscular. Presenta células columnares indiferenciadas, hacia la base; estas son células de división rápida y se diferencian a enterocitos o exocrinocitos caliciformes, para migrar hacia el ápice de la vellosidad. También se encuentran las Células enteroendocrinas (cromafines o argentafines), estas son células piramidales, que se encuentran intercaladas entre los enterocitos, con gránulos eosinofílicos. Son productoras de hormonas peptídicas: gastrina, colecistoquinina, secretina, polipéptido inhibidor gástrico y monoaminas biógenas que participan en la regulación de la digestión, absorción y utilización de nutrientes. Las células de Paneth se ubican en la base de las vellosidades intestinales hacia la base de las criptas (Megías, 2019. Khalel *et al*; 2021).

#### Lámina propia

La lámina propia se encuentra por debajo del epitelio, conformada por tejido conectivo de colágeno con fibras reticulares, donde hay vasos sanguíneos, nervios, leucocitos, fibrocitos, células musculares lisas, células plasmáticas y células cebadas o mastocitos, extendiéndose por el espacio interglandular y el eje de las vellosidades. Hay tejido linfático difuso y nodular a lo largo de todo el intestino. La irrigación sanguínea está dada por la arteriola proveniente del plexo en la submucosa, atraviesa la muscular de la mucosa y se dirige hacia el ápice de la vellosidad, formando una red capilar por debajo de los enterocitos,

a diferencia de los mamíferos, en las aves no hay vaso quilífero o lacteal en el centro de las vellosidades (Megías, 2019. Khalel *et al*; 2021).

#### Lámina muscular de la mucosa

La lámina muscular de la mucosa en las aves solo está compuesta por una capa de fibras musculares lisas longitudinales, a diferencia de los mamíferos que cuentan con una segunda capa circular (Megías, 2019. Khalel *et al*; 2021.)

#### Tela Submucosa (Fig. 2)

La tela submucosa es una estructura delgada formada por tejido conectivo colágeno laxo. Se encuentran vasos sanguíneos que son ramificaciones de la arteria celíaca, tanto en su rama derecha como izquierda y el plexo nervioso submucoso. En las aves, a diferencia de los mamíferos, no tienen glándulas submucosas o de Brünner (Khalel *et al*; 2021. Herrera, 2018).

#### Túnica Muscular (Fig. 2)

La túnica muscular, así como en mamíferos, está compuesta por una capa interna de músculo liso circular y una capa externa de músculo liso longitudinalmente, siendo esta más delgada. Entre las dos capas, se encuentra tejido conectivo, donde hay vasos sanguíneos y el plexo nervioso mioentérico o de Auerbach (Khalel *et al*; 2021. Herrera, 2018).

#### Túnica Serosa (Fig. 2)

La túnica serosa se compone por una capa de tejido conectivo laxo de mayor espesor en la zona de origen del mesenterio y un mesotelio hacia el exterior, rico en fibras de colágena, vasos sanguíneos y delimitados por una capa de células escamosas (Células mesoteliales) (Khalel *et al* 2021. Herrera, 2018).





Fig. 2 Histología yeyuno. Tinción H-E 4x. Cortesía Dr. En C. Germán I. Garrido Fariña. Profesor de Tiempo Completo de FESC-UNAM. Túnica mucosa (A): Epitelio (E), Lámina propia (F), Lámina muscular de la mucosa (G), Cripta de Lieberkühn (GL); Túnica submucosa (B); Túnica muscular (C); Túnica serosa (D).

### Histología de Yeyuno

El yeyuno (Fig. 3) es la porción medial del ID, histológicamente es similar en las 4 capas principales: mucosa, submucosa, muscular y serosa y las diferencias son en la mucosa con una disminución de la altura de la mucosa, vellosidades más anchas y cortas. El epitelio de la mucosa que recubre las vellosidades y las criptas yeyunales es de células cilíndricas simples, aumentando la densidad de células caliciformes. La lámina propia formada por contiene numerosas glándulas intestinales, situadas entre las bases de las vellosidades. La túnica submucosa es similar al duodeno, solo en este segmento es más delgada. La túnica muscular y la túnica serosa son similares a la de duodeno (Khalel *et al*; 2021., González 2014).

## Histología de Íleon

Es similar a los segmentos anteriores, contando con las cuatro capas principales: mucosa, submucosa, muscular y serosa. La mucosa tiene modificaciones en la forma y tamaño de vellosidades, donde la vellosidad es más ancha y corta, mostrando proyecciones en forma de hoja, recubiertas de epitelio cilíndrico simple (similar al de duodeno y yeyuno), las células caliciformes aumentan distalmente (Khalel *et al* 2021).

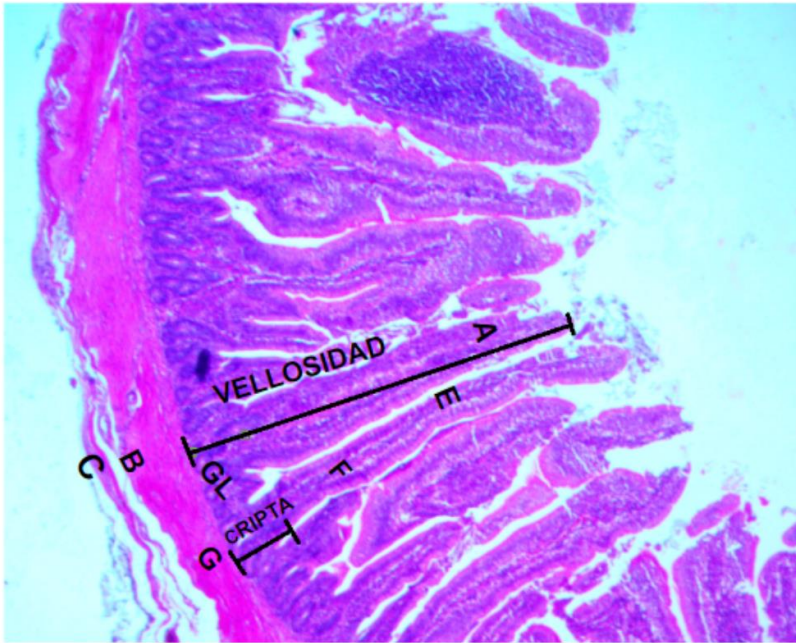


Fig. 3 Histología yeyuno. Tinción H-E 4x. Fotografía tomada por pMVZ Carmen Morales. Túnica mucosa (A): Epitelio (E), Lámina propia (F), Lámina muscular de la mucosa (G), Cripta de Lieberkühn (GL); Túnica submucosa (B); Túnica muscular (C); Túnica serosa (D).

### 1.3 Integridad Intestinal

Contreras (2021), menciona que la integridad intestinal es el funcionamiento óptimo del tracto gastrointestinal (TGI) y que esta es capaz de maximizar los parámetros productivos de los animales, por lo tanto, es fundamental tener una buena integridad intestinal para así tener una producción rentable. La microbiota intestinal se encuentra en equilibrio (eubiosis) constante, sin embargo, puede ser alterada por distintos factores como: el estrés calórico, intoxicaciones, micotoxinas, desequilibrios nutricionales, corte de pico, aplicación de vacunas, entre otros. Por ello, el tracto gastrointestinal se considera la primera barrera fisiológica, y cualquier sustancia nociva que se encuentre en el alimento está directamente en contacto con el epitelio intestinal. Cualquier daño al epitelio de la mucosa puede afectar

la función de barrera. La barrera intestinal está constituida por una capa de células epiteliales cilíndricas que están unidas por uniones estrechas, y su función es ser la primera línea de defensa contra microorganismos y antígenos que pueden ser potencialmente dañinos. La ruptura de la barrera intestinal ocasiona un aumento a la permeabilidad intestinal, permitiendo que agentes antígenos lumbinales se “filtren” a través del epitelio y tengan acceso a tejidos subepiteliales ocasionando inflamación, malabsorción y enfermedad sistémica (Song *et al.*, 2014; Moeser *et al.*, 2007). Se ha demostrado y reconocido que una ruptura de la continuidad intestinal inducida por el estrés es fundamental para trastornos gastrointestinales asociados al estrés en humanos, incluyendo enfermedades como síndrome del intestino irritable, así como también en lechones posteriores al destete, como la enfermedad del edema por *Escherichia coli* o infecciones por *Clostridium difficile* (Moeser *et al.*, 2007). Las poblaciones de bacterias intestinales comensales tienen un importante efecto fisiológico y patológico, ya que una microflora intestinal estable tiene la capacidad de proteger al huésped de la colonización de patógenos al competir por los sitios de unión epiteliales y los nutrientes, esto lleva a un fortalecimiento de la respuesta inmune intestinal y la producción de bacteriocinas antimicrobianas (Song *et al.*; 2014).

### 1.3.1 Microbiota Intestinal

La microbiota intestinal es fundamental para el sistema digestivo de los animales. Es una mezcla de bacterias, hongos y protozoarios; tiene su primera aparición en el intestino delgado a las 24 horas posteriores al nacimiento de las aves. Las bacterias que se alojan en el aparato gastrointestinal obtienen su energía a partir de los componentes de la dieta, los cuales resisten a los fluidos digestivos o tienen una absorción lenta. Uno de los beneficios de la microbiota intestinal es la resistencia a la colonización de microorganismos patógenos, a esto se le conoce como exclusión competitiva (Gonzales, 2009).

La exclusión competitiva tiene como fundamento favorecer la colonización intestinal por bacterias beneficiosas que imposibiliten la adhesión de bacterias patógenas y/o sobrepasen numéricamente a la microbiota (Contreras, 2021). Otro de los beneficios de la microbiota intestinal es estimular el desarrollo de defensas en el intestino y mejorar la producción de aminoácidos, vitamina B, vitamina K, ácidos grasos de cadena corta también llamados ácidos grasos volátiles (Butírico, Propiónico, Fórmico, Acético y Láctico). También puede mejorar la arquitectura de las vellosidades y criptas de Lieberkühn (Gonzalez, 2009; Roa, 2015).

Existen factores que pueden influir en la microbiota, los cuales son la dieta (relacionada con las proteínas, grasas y carbohidratos), uso de aditivos y edad de las aves (Gonzales, 2009). La disbiosis o disbacteriosis es la alteración o desequilibrio de la biomasa intestinal, ya sea por el número de bacterias en el tracto gastrointestinal o el tipo de familia y especies bacterianas (Roa, 2015).

### 1.3.2 Digestión y Absorción

Se ha demostrado, que en los pollos al nacer sufren una transición de una dieta endógena rica en lípidos que provienen de la yema, a una dieta exógena rica en carbohidratos y proteínas. La digestión intestinal abarca desde la digestión luminal hasta la del borde de cepillo; y la capacidad de absorción de los intestinos tiene un aumento proporcional al peso corporal, mientras que la tasa de absorción de glucosa es mayor durante la primer semana y posterior sufre una disminución, al igual que la densidad del borde de la vellosidad.

Las enzimas intestinales son las que proporcionan el último paso de la digestión, y estas son las responsables de la digestión del almidón, la sacarosa, las grasas y las proteínas; y esta actividad enzimática alcanza el máximo en el yeyuno y disminuye tanto proximal como distalmente. Existe poca evidencia del control de secreciones, sin embargo, se sabe que la secreción intestinal tiene un aumento por la distensión duodenal, la estimulación vagal y la secretina. También existe una absorción importante de calcio y fosfato, que tiene su absorción en el yeyuno superior. El agua tiene una absorción en todo el intestino delgado, grueso y ciego y esto es por una respuesta secundaria a la absorción activa de compuestos como la glucosa, Na y aminoácidos (Denbow, 2015).

El intestino delgado tiene un crecimiento rápido durante los últimos días de incubación, así como también un aumento de dos a cuatro veces de longitud del intestino hasta los 12 días post eclosión y las vellosidades tienen un crecimiento casi completo entre los días 5 y 7, mientras que en el yeyuno e íleon continúa más de los 14 días de edad. A diferencia de los mamíferos, las aves de corral la proliferación se produce a lo largo de las vellosidades y la migración de enterocitos a la punta de las vellosidades puede tomar en pollitos, 3 días y 4 días en aves mayores. Se ha demostrado que una alimentación después de la eclosión puede estimular el desarrollo intestinal y retrasar la alimentación durante 24 a 48 horas puede tener una disminución a la longitud de las vellosidades, tasa de migración de enterocitos y número de enterocitos (Denbow, 2015; Geira *et al.*, 2001).

#### 1.4 Uso de Aditivos en la Alimentación Avícola

En la industria avícola, los antibióticos se han utilizado en todo el mundo como medida preventiva contra patógenos y enfermedades, a fin de mejorar la producción de carne y huevo. El uso de antibióticos ha ocasionado el desarrollo de bacterias resistentes a los medicamentos, residuos de medicamentos en el cuerpo de las aves y el desequilibrio de la microflora normal. El dejar de utilizar antibióticos implica una importante merma productiva (Gonzales, 2009), y esto lleva a desarrollar alternativas que utilicen microorganismos beneficiosos o ingredientes no digeribles que mejoren el crecimiento microbiano (Premio, 2009). Se ha estudiado a los nutraceuticos como: prebióticos, probióticos, simbióticos, extractos de plantas, aceites esenciales y ácidos orgánicos para poder mejorar la salud de las aves y así obtener una reducción de bacterias patógenas y lograr una modulación de la respuesta inmunitaria (Contreras, 2021).

Recientemente se han centrado investigaciones en los efectos de los probióticos como aditivos alimentarios (Song *et al.*, 2014). Awad *et al.*, (2009), definen probiótico como un suplemento alimenticio microbiano vivo que afecta benéficamente al animal mejorando su equilibrio microbiano intestinal. La eficacia de un probiótico puede ser potenciada por: selección de cepas más eficientes, manipulación de genes, combinación de cepas y combinación de probióticos y componentes que actúan de manera sinérgica.

Los prebióticos son ingredientes no digeribles que tienen la capacidad de promover selectivamente el crecimiento y actividad de ciertos microorganismos; esto es desempeñado por los carbohidratos fermentables, los cuales no son digeridos en el intestino delgado y estimulan el crecimiento de bifidobacterias y algunas bacterias Gram positivas (González, 2009).

Otra estrategia, es el uso de antibióticos promotores del crecimiento (APC), ya que estos han sido clave para lograr eficiencia de la alimentación y producción, así como mantener una salud y bienestar de las aves. Sin embargo, existe una necesidad de encontrar aditivos y/o estrategias alternativas para mejorar la salud y bienestar de las aves (Khodambashi *et al.*, 2017).

Dentro de los diferentes aditivos utilizados en el alimento de monogástricos y de las aves se encuentran los ácidos orgánicos, que son ácidos alifáticos formados por carbono, oxígeno e hidrógeno, con propiedades ácidas y que existe una gran variedad de ácidos. Han sido utilizados por más de 30 años y han logrado obtener parámetros productivos en

pollos similares a los APC ya que los ácidos orgánicos mejoran las ganancias de peso por su efecto acidificante intestinal, así como también son moduladores de la microbiota entérica y logran la inhibición de enteropatógenos, actúan como bactericidas, bacteriostáticos y antifúngicos; y mejoran el aprovechamiento de los nutrientes del alimento. El mecanismo de acción de los ácidos orgánicos es: actividad microbiana específica, estimulación de la secreción pancreática, efecto trófico sobre los enterocitos, reducción de la capacidad tamponante de la dieta y el pH del alimento (Jaramillo, 2012).

#### 1.4.1 Mecanismo de acción de los ácidos orgánicos

Tienen un efecto sobre las bacterias, y se encuentran en su forma no disociada lo que les da las características lipofílicas, esto les permite atravesar membranas biológicas para permitir el paso a través de la pared celular bacteriana y alterar adversamente la fisiología normal de ciertos tipos de bacterias, después de pasar a través de la pared celular, los ácidos orgánicos no disociados quedan expuestos al pH interno de la bacteria y se disocian liberando  $H^+$ . El pH interno disminuye, ya que las bacterias son sensibles a pH ácidos en su citoplasma y se activa el mecanismo de bomba de  $H^+$  -ATPasa para hacer que el pH dentro de la bacteria retorne a su nivel normal; esto lleva a un consumo de energía y ocasiona que se detenga el crecimiento de la bacteria o llegar a matarla. La reducción del pH interno puede involucrar otros mecanismos como la inhibición de glucólisis, impedir el transporte activo y la interferencia con la transducción. Mientras que, en bacterias menos sensibles como son los *Lactobacillus* pueden tolerar ambientes con pH por debajo de 2 y las *Bifidobacterias* tienen una mayor tolerancia entre el pH interno. En estos casos, los ácidos orgánicos reaparecen en su forma no disociada y salen de la bacteria por la misma vía que entraron teniendo como consecuencia un equilibrio y la bacteria no sufre efectos negativos. Los efectos de reducción del pH y la eficacia de la inhibición microbiana dependen del valor de pKa, que es el pH al que el ácido está disociado al 50%. Los ácidos con un pKa alto se denominan ácidos débiles y los ácidos con pKa bajo se denominan ácidos fuertes, y los ácidos orgánicos con un pKa bajo tienen una acción microbiana más efectiva, ya que permite que una mayor cantidad de ácido se encuentre en forma no disociada y penetre en el interior del microorganismo (Roa, 2015).

Tabla 1 Ácidos orgánicos más comunes utilizados en nutrición animal (Roa, 2015).

Ácido	pka	Solubilidad en agua	Condición física
Ácido fórmico	3.75	Muy buena	Líquido
Ácido acético	4.75	Muy buena	Líquido
Ácido propiónico	4.87	Muy buena	Líquido
Ácido láctico	3.08	Buena	Líquido
Ácido fumárico	3.03/4.44	Bajo	Sólido
Ácido cítrico	3.14/5.95/6.39	Buena	Sólido
Ácido ascórbico	4.04	Muy buena	Sólido

#### 1.4.2 Ventajas de Usos de los Ácidos Orgánicos

- Ocasionan una reducción del pH intestinal ayudando a las secreciones gástricas, mejorar la digestión proteica por una eficiente conversión del pepsinógeno a pepsina.
- Ocasiona una mejor digestión y abscisión del calcio y fósforo.
- Aumentan la secreción hormonal pancreática (insulina y glucagón) y ayuda a la motilidad gastrointestinal.
- Modulación de la flora patógena del intestino e inhibe la colonización y permite la supervivencia de *Lactobacillus* (Roa, 2015).

#### 1.4.3 Vitamina C

La vitamina C, se denomina ácido ascórbico o ascorbato y es una lactona de 6 carbonos que puede ser sintetizada en el hígado a partir de la glucosa, por la vía de ácido glucurónico y lactona del ácido glucónico en presencia de la enzima L-gulonolactona oxidasa, llegando a sangre y formando ácido dehidroascórbico por las aves de corral. La capacidad de síntesis de vitamina c puede verse comprometida en condiciones de estrés, alto rendimiento productivo o enfermedades (Hernández, 2023; Terrones, 2019; Paredes *et al.*, 2020).

Se ha informado que en humanos tiene una absorción por intestino delgado mediante un mecanismo activo, el cual utiliza al enterocito como un transportador. Tiene una eliminación



por vía renal y tiene una reabsorción a nivel tubular. El ácido ascórbico no absorbido en el intestino es eliminado por las heces (Barbany & Javierre 2006).

#### 1.4.4 Ácido Acetoxibenzoico

El ácido acetoxibenzoico también conocido como ácido acético es un antiinflamatorio no esteroideo (AINE) sintetizado a partir del fenol y posee propiedades antiinflamatorias, analgésicas, antipiréticas. Tiene una absorción en el estómago y en la porción superior del intestino delgado, y se excreta por vía renal (Ruiz Hernández, 2014).

### 1.5 Tratamiento de Pico

El corte de picos también conocido como despique es un procedimiento realizado en las producciones avícolas a nivel mundial, incluidos Estados Unidos y América Latina, que es utilizado para disminuir el desperdicio de alimento, prevenir el picoteo de plumas, el canibalismo, la disminución de prolapsos cloacales por picaje, y así disminuir la alta mortalidad asociada a estos comportamientos. (Hernández, 2023; Fahey *et al.*, 2007; Cunningham, 1992). El recorte de pico se puede realizar en distintas especies, incluidas gallinas ponedoras, pavos, patos y codornices (AVMA, 2010). El corte de picos ha motivado debates sobre las ventajas y desventajas en la práctica y su efecto negativo sobre el bienestar de las aves. El pico, es un órgano funcional donde hay un extenso suministro de nervios y receptores sensoriales. Implica la extracción de 1/3 a 1/2 de las mandíbulas superior, inferior o ambas utilizando una cuchilla calentada que realice el corte y cauterice el tejido del pico. El corte del pico daña muchos receptores y puede ser una fuente de dolor agudo y crónico, teniendo efectos negativos sistémicos posteriores al corte y con esto disminuir el bienestar animal de las aves (Cunningham, 1992).

#### 1.5.1 Métodos de Tratamiento de Pico

Existen distintos métodos para realizar el corte de pico, donde la técnica por láser infrarrojo es considerada el estándar de oro, sin embargo, solo se puede utilizar en aves recién nacidas y requiere de un equipo especial que se encuentra en granjas incubadoras. Esto ocasiona una limitante para productores que no cuentan con sistemas altamente tecnificados (Hernández, 2023).

- Tratamiento de pico infrarrojo: Se utiliza luz infrarroja como Nova-tech para ocasionar el daño en el pico y la punta tenga un desprendimiento. Aquí no existe una herida abierta que lleve a secuelas adversas sin evidencia de estrés o dolor.
- Tratamiento de pico mecánico: se utiliza una navaja o tijeras de poda para el corte de las valvas. Este método se basa en la precisión humana, lo que puede ocasionar resultados variables. Esta técnica limita el daño de la zona donde se realiza el corte. Los pavos despicaados con esta técnica tienen poco daño tisular y el sangrado tiende a ser poco o nulo 24 horas post despique. A los 21 días post despique se ha notado una un crecimiento óseo, sin evidencia de regeneración de fibras ni terminaciones nerviosas sensoriales.
- Tratamiento de pico cuchilla caliente: se utiliza un equipo llamado despicadora, que consta de una cuchilla calentada mecanizada. Esta técnica ocasiona daño tisular cerca del borde cortado, el daño depende de la temperatura de la cuchilla, el tiempo que se mantenga en contacto con la valva. Existe la recuperación de los tejidos, ya que se ha descrito en pollitos 21 días post despique, una irrigación normal, sin fibras nerviosas aferentes.
- Tratamiento de pico eléctrico: Puede ser una alternativa, se utiliza la corriente eléctrica para ocasionar daño en el pico y que la punta tenga un desprendimiento. El daño tisular es mayor en comparación con las otras técnicas. El dispositivo que se puede utilizar es Bio-Baker, que genera una corriente eléctrica de alto voltaje aplicada por dos electrodos uno en cada lado del pico. A los 21 días post despique se ha mostrado cicatrización extensa y nuevo crecimiento (Hernández, 2023; AVMA 2010)

### 1.5.2 Efectos Secundarios de Tratamiento de Pico

Se han reportado diversos efectos secundarios al despique como son: dolor, ya que hay evidencia de la formación de neuromas post despique, el cual puede o no tener presencia de fibras sensitivas y puede ser o no doloso. Los animales pueden realizar comportamientos pasivos como descanso, estar de pie, así como también comportamientos de defensa como el mantener la cabeza bajo las alas. Cambios en el comportamiento del consumo de alimento y agua, ya que las aves bajan el consumo y la ganancia de peso se reduce las primeras 2 a 3 semanas post despique (Hernández, 2023).

## 1.6 Tinción Hematoxilina y Eosina (H-E)

Se denomina proceso histológico a la serie de métodos y técnicas utilizadas para el estudio de características morfológicas y moleculares de los tejidos, y este proceso comienza con la obtención del tejido objeto de estudio para posteriormente ser fijados con soluciones fijadoras. Microscópicamente los tejidos son incoloros y es por ello por lo que requieren de ser teñidos para poder observar las características morfológicas. Por ello existen diferentes tinciones que se efectúan mezclando sustancias que se les llama colorantes, los que se clasifican como ácidos, básicos y neutros; y los componentes que son afines a colorantes básicos se denominan basófilos y los que son afines a colorantes ácidos se les denomina acidófilos. Una de las tinciones más utilizadas es la hematoxilina eosina mediante inclusión en parafina (Hernández, 2023; Megías. *et al.*, 2018).

## 2 Hipótesis

El método de despicado y el uso de un aditivo nutricional modificará el desarrollo de las vellosidades, criptas y área de absorción intestinal en pavos de seis semanas de edad.

## 3 Justificación

El tratamiento de pico es un procedimiento rutinario en la producción avícola. Se cuenta con un procedimiento considerado el estándar de oro que es el tratamiento de pico infra rojo, pero su costo es elevado y de difícil acceso para productores de baja a mediana escala. Es por ello por lo que se recurre a métodos tradicionales de corte de pico como la cuchilla caliente y el tratamiento mecánico. Sin embargo, estos métodos a pesar de su bajo costo y practicidad tienen consecuencias para la salud y bienestar animal. Actualmente hay una falta de información sobre el efecto sistémico de dichos métodos en las producciones de pavos. Por lo que este proyecto busca resolver esa falta de información para poder brindar recomendaciones sobre salud intestinal basadas en el efecto intestinal de los métodos de tratamiento de pico, así como tratamientos paliativos que se puedan brindar basados en evidencia científica.

## **4 Objetivo General**

Se analizará el efecto que tiene el diferente tipo de despicado y consumo de un aditivo comercial Contraestres<sup>®</sup> sobre el desarrollo intestinal de pavos a las seis semanas de edad.

### **4.1 Objetivos Particulares**

- Evaluar si el método de despicado (Tijeras, Cuchilla mecánica y Cuchilla caliente) afecta el desarrollo intestinal en pavos en un periodo de evaluación de 6 semanas de edad.
- Evaluar si la presencia de un aditivo comercial Contraestres<sup>®</sup> afecta el desarrollo intestinal en la porción duodenal y yeyunal en pavos de 6 semanas de edad.

## **5 Metodología**

### **5.1 Animales y Localización**

El estudio se llevó a cabo en el Módulo de Aves del Centro de Enseñanza Agropecuaria (CEA) de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 4 de la UNAM, ubicada en Av. Teoloyucan Km 2.5, San Sebastián Xhala, 54714 Cuautitlán Izcalli, Estado de México, con la aprobación del proyecto CICUAE-FESC C21\_08. Para el estudio se utilizaron 56 pavos de 4 semanas de edad durante 3 semanas, divididos en 8 grupos de 7 pavos. Las aves al término del proyecto fueron destinadas a comercialización ya que no se realizaron procedimientos que afectasen la calidad de la canal o la inocuidad de esta.

### **5.2 Grupos experimentales**

La formación de grupos se realizó de la siguiente forma. Se instalaron 8 corrales prefabricados con marcos de acero de construcción y malla para gallinero de acero inoxidable. El alimento suministrado, fue concentrado comercial para pavos de engorda provisto en comederos de tolva, servido una vez al día durante las primeras semanas de engorda y dos veces durante las últimas semanas. El agua fue suministrada en bebederos de campana que eran limpiados y desinfectados diariamente en la mañana. Las aves se colocaron de manera aleatoria en 8 grupos de 7 animales por corral, siguiendo el siguiente orden:

- CP: grupo Control sin tratamiento de pico ni aditivos
- CD: grupo control despicado a 1 semana de edad con tijeras
- CC: grupo control con tratamiento de pico con cuchilla caliente a las 4 semanas de edad
- CM: grupo control con tratamiento de pico con cuchilla mecánica a las 4 semanas de edad
- VM: grupo con suplementado con aditivo y bajo tratamiento de pico con cuchilla mecánica a las 4 semanas de edad
- VC: grupo con suplementado con aditivo y bajo tratamiento de pico con cuchilla caliente a las 4 semanas de edad
- VD: grupo con suplementado con aditivo y despicado a 1 semana de edad con tijeras
- VP: grupo sin tratamiento de pico y con suplementado con aditivo

### 5.3 Suministro de aditivo en agua

Se administró un aditivo que contenía vitamina y antiinflamatorio comercial (Vitamina Contraestrés VsEs3C ® Laboratorio Atisa) en el agua de algunos tratamientos, donde fue suministrada en bebederos de campana que se limpiaban y desinfectaban diariamente en la mañana. Esta formulación contiene cada 1000 g: ácido ascórbico 50 g, ácido acetoxibenzoico 62.5 g, cloruro de sodio 128 g, cloruro de potasio 128 g y excipiente 1000 g y las aves obtuvieron 1g de producto/1L de agua lo que contiene: 0.05 g de ácido ascórbico, 0.0625 g de ácido acetoxibenzoico, 0.128 g cloruro de sodio, 0.128 g cloruro de potasio. En los grupos VM, VC, VD, VP durante 4 días previo al tratamiento de pico se administró el aditivo y se retiró previo al día de tratamiento de pico según las indicaciones del fabricante.

### 5.4 Tratamiento de Pico

En los grupos VP y CP no tuvieron ningún tratamiento de pico.

En los grupos VC y CC se usó una despicatora comercial (Lyon super), mientras que en los grupos CM y VM se usó una tijera para poda de acero según prácticas comerciales a las 4 semanas de vida. (En algunas explotaciones comerciales, se realiza el corte de pico con tijeras afiladas (Fao, 2013).

En los grupos VD y CD fueron animales previamente despicados a la 1 semana de vida con tijera, en la granja de donde venían.

## 5.5 Toma de Muestras

Las muestras de duodeno y yeyuno, de tres animales por tratamiento se colectaron para la evaluación histopatológica a la semana 6 de vida, los cuales fueron conservados en formol, posteriormente fueron procesados por el método de inclusión en parafina de rutina y teñidos con la técnica de H-E. en el Laboratorio de apoyo a Histología y Biología.

## 5.6 Procesamiento Histopatológico

Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Histología y Biología de la FESC-UNAM, para ser colocados en casets histológicos junto con una identificación a lápiz y el procesamiento siguió el siguiente protocolo que fue tomado y modificado de (Magallón, 2021).

- Sumergir en alcohol al (I) al 70% calentado 3 minutos y medio al microondas con un reposo de 10 minutos.
- Sumergir en alcohol (II) al 70% calentado durante 3 minutos y medio al microondas con un reposo de 10 minutos.
- Sumergir en alcohol (I) al 80% calentado durante 3 minutos y medio al microondas con un reposo de 10 minutos.
- Sumergir en alcohol (II) al 80% calentado durante 3 minutos y medio al microondas con un reposo de 10 minutos.
- Sumergir en alcohol (I) al 90% calentado durante 3 minutos y medio al microondas con un reposo de 10 minutos.
- Sumergir en alcohol (II) al 90% calentado durante 3 minutos y medio al microondas con un reposo de 10 minutos.
- Sumergir en alcohol (I) al 96% calentado durante 3 minutos y medio al microondas con un reposo de 10 minutos.
- Sumergir en alcohol (II) al 96% calentado durante 3 minutos y medio al microondas con un reposo de 10 minutos.
- Sumergir en alcohol absoluto calentado durante 3 minutos y medio al microondas con un reposo de 10 minutos.

- Sumergir en alcohol absoluto calentado durante 3 minutos y medio al microondas con un reposo de 10 minutos.
- Sumergir en Xileno-cloroformo durante 24 horas.
- Infiltración en bloques de parafina histológica durante 24 horas
- Inclusión y enfriar los bloques de parafina
- Corte a 4  $\mu\text{m}$  con el Microtomo.
- Una vez cortados son pasados a baño en flotación con agua a temperatura de menos de 40 °C.
- Montados en un portaobjetos y puestos en platina a 40°C para su adhesión y marcado de laminillas con marcador de cera. Para la tinción H-E. se siguió el siguiente orden:
  - Desparafinar en Xileno en dos ocasiones por 10 minutos.
  - Rehidratar en alcohol absoluto por 10 minutos.
  - Rehidratar en alcohol al 96% por 10 minutos.
  - Rehidratar en alcohol al 90% por 10 minutos.
  - Rehidratar en alcohol al 80% por 5 minutos.
  - Rehidratar en alcohol al 70% por 5 minutos.
  - Baño con agua destilada.
  - Tinción con Hematoxilina de Garrido por 10 minutos.
  - Lavado con agua destilada.
  - Baño rápido en alcohol ácido.
  - Carbonato de litio 1 minuto.
  - Lavado con agua corriente.
  - Lavado con agua destilada.
  - Tinción con Eosina 15 minutos.
  - Deshidratar en ROH 96, 96, 100 y 100.
  - Aclarar en xileno por 5 minutos dos veces, montaje permanente con resina sintética.

Los cortes que se fijaron a los portaobjetos, su montaje se realizó con resina a la cual se colocó un cubreobjetos y se dejó secar durante 72 horas en el laboratorio de histología de la FES-C. Se tomaron las microfotografías de las muestras de duodeno y yeyuno con un microscopio marca Carl Zeiss en septiembre 2023 en el laboratorio 14 de la Unidad Investigación Multidisciplinaria de la FES-C.



## 6 Estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el modelo estadístico de ANOVA, tomando como variable dependiente altura de Túnica mucosa, la región de las criptas, altura de vellosidad, ancho de vellosidad y área de absorción y como variables independientes el tratamiento de pico y el suministro de aditivo Vitamina Contraestrés VsEs3C ®. Se realizó una comparación de medias por medio de la prueba Tukey con significancia ( $\alpha$ ) de 0.05 evaluado con el programa OriginLab Versión 2022 identificando diferencias por la prueba de Tukey para las muestras de intestinos. Para la obtención de área de absorción se realizó una fórmula que fue:

$$\Sigma = (\text{Altura de vellosidad} * \text{Ancho vellosidad})$$

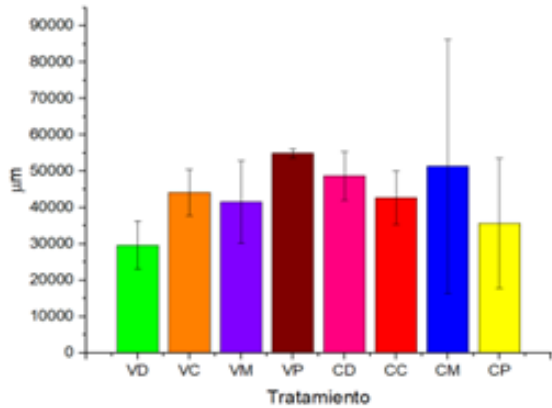
## 7 Resultados

Altura de Túnica mucosa

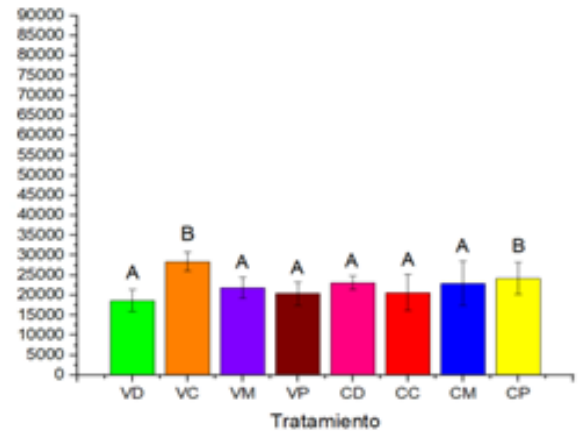
No hubo diferencias significativas entre los tratamientos en el duodeno (Gráfica 1).

De manera general, se observaron diferencias significativas en los tratamientos VC y CP comparados con el resto de los tratamientos en relación de la altura de la vellosidad con la cripta (de la vellosidad total) en el yeyuno (Gráfica 2). El tratamiento que obtuvo una mayor medición para este criterio fue el VC comparado con el resto de los tratamientos, siendo el VD el que tuvo un menor tamaño ( $28417.75 \pm 1208.4 \mu\text{m}$  vs.  $18641.43 \pm 1544.74 \mu\text{m}$ , respectivamente ( $p > 0.05$ ) (Tabla 3). No hubo diferencias significativas entre VC y CP ( $p > 0.05$ ). El resto de los grupos de las vitaminas no tuvieron diferencias significativas comparados con el grupo control.

Gráfica 1 A) Altura promedio de vellosidades totales de duodeno en pavo de 6 semanas de edad, bajo diferentes tratamientos de pico. VD: Grupo Suplementado y Despicado con Tijeras; VC: Grupo Suplementado y Despicado con Cuchilla Caliente; VM: Grupo Suplementado y Despicado con Cuchilla Fría; VP: Grupo Sin Tratamiento Ni Aditivos. CD: Grupo Control Despicado con Tijeras; CC: Grupo Control Despicado con Cuchilla Caliente; CM: Grupo Control Despicado con Cuchilla Fría; CP: Grupo Control Sin Tratamiento Ni Aditivos.



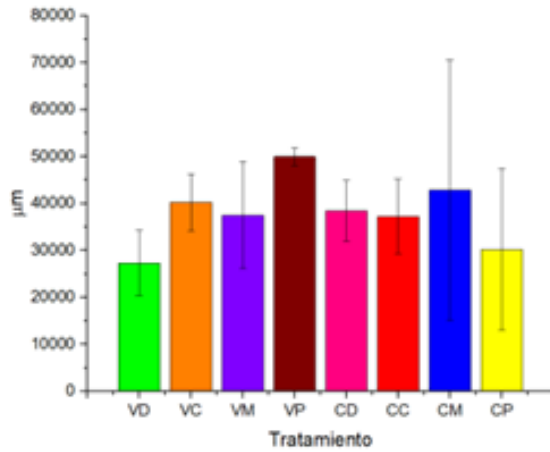
Gráfica 2 B) Altura promedio de vellosidades totales de duodeno en pavo de 6 semanas de edad, bajo diferentes tratamientos de pico. VD: Grupo Suplementado y Despicado con Tijeras; VC: Grupo Suplementado y Despicado con Cuchilla Caliente; VM: Grupo Suplementado y Despicado con Cuchilla Fría; VP: Grupo Sin Tratamiento Ni Aditivos. CD: Grupo Control Despicado con Tijeras; CC: Grupo Control Despicado con Cuchilla Caliente; CM: Grupo Control Despicado con Cuchilla Fría; CP: Grupo Control Sin Tratamiento Ni Aditivos.



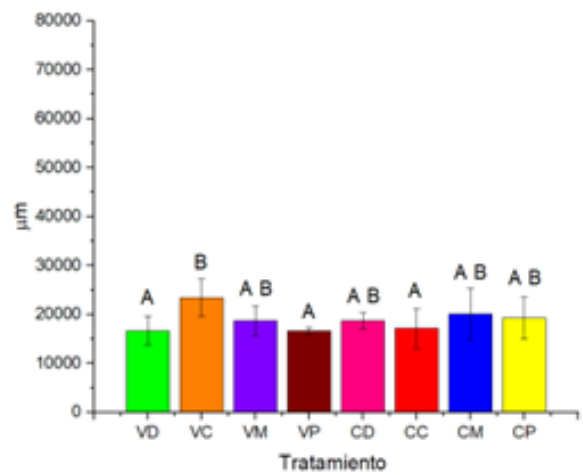
#### Altura vellosidad

No se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en los tratamientos en relación con la altura de la vellosidad de duodeno ( $p > 0.05$ ) (Gráfica 3). Sí se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en los tratamientos en relación con la altura de la vellosidad de yeyuno (Gráfica 4); sin embargo, el grupo VC presento una mayor altura ( $p > 0.05$ ) a presentar una mayor altura ( $23459.15 \pm 1905.89 \mu\text{m}$ ) (Tabla 3) comparado con VM, CD, CM y CP, siendo VP el de menor tamaño ( $16646.65 \pm 478.15 \mu\text{m}$ ).

Gráfica 3 A) Altura promedio de vellosidad de duodeno en pavos de 6 semanas de edad bajo diferentes tratamientos de pico. VD: Grupo Suplementado y Despicado con Tijeras; VC: Grupo Suplementado y Despicado con Cuchilla Caliente; VM: Grupo Suplementado y Despicado con Cuchilla Fría; VP: Grupo Sin Tratamiento Ni Aditivos. CD: Grupo Control Despicado con Tijeras; CC: Grupo Control Despicado con Cuchilla Caliente; CM: Grupo Control Despicado con Cuchilla Fría; CP: Grupo Control Sin Tratamiento Ni Aditivos.



Gráfica 4 B) Altura promedio de vellosidad de yeyuno en pavos de 6 semanas de edad bajo diferentes tratamientos de pico. VD: Grupo Suplementado y Despicado con Tijeras; VC: Grupo Suplementado y Despicado con Cuchilla Caliente; VM: Grupo Suplementado y Despicado con Cuchilla Fría; VP: Grupo Sin Tratamiento Ni Aditivos. CD: Grupo Control Despicado con Tijeras; CC: Grupo Control Despicado con Cuchilla Caliente; CM: Grupo Control Despicado con Cuchilla Fría; CP: Grupo Control Sin Tratamiento Ni Aditivos.

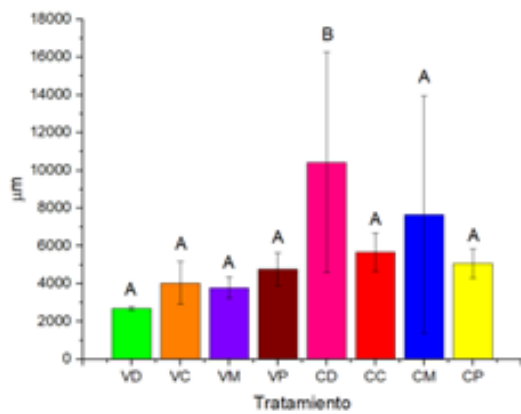


### Altura de Cripta

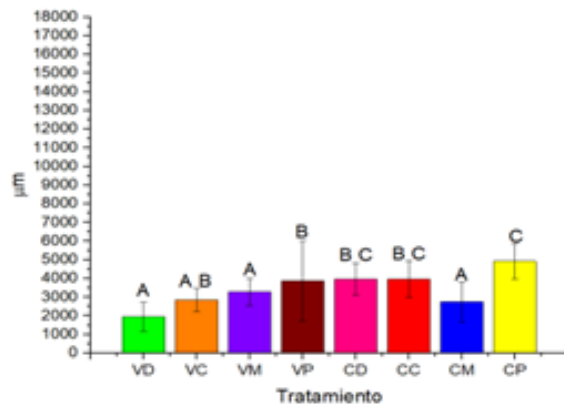
Se observó una diferencia significativa en los tratamientos en relación con la altura de la cripta en el duodeno ( $p > 0.05$ ), siendo el CD con mayor medición de la altura, comparado con el resto de los tratamientos, siendo el VD ( $p > 0.05$ ) el de menor medición (Gráfica 5) ( $10429.09 \pm 3380.76 \mu\text{m}$  vs.  $2708.06 \pm 66.07 \mu\text{m}$ ) (Tabla 2).

Se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en los tratamientos en relación con la altura de la cripta en el yeyuno. El tratamiento que obtuvo una mayor medición de la altura de la cripta fue el CP ( $p > 0.05$ ) con un valor de ( $4913.21 \pm 470.8 \mu\text{m}$ ); mientras que VD fue el que obtuvo una menor medición de altura ( $1953.76 \pm 447.08 \mu\text{m}$ ). (Gráfica 6) El resto de los tratamientos no tuvieron una diferencia significativa entre ellos comparados.

Gráfica 5 A) Altura promedio de cripta de duodeno en pavos de 6 semanas de edad bajo diferentes tratamientos de pico. VD: Grupo Suplementado y Despicado con Tijeras; VC: Grupo Suplementado y Despicado con Cuchilla Caliente; VM: Grupo Suplementado y Despicado con Cuchilla Fría; VP: Grupo Sin Tratamiento Ni Aditivos. CD: Grupo Control Despicado con Tijeras; CC: Grupo Control Despicado con Cuchilla Caliente; CM: Grupo Control Despicado con Cuchilla Fría; CP: Grupo Control Sin Tratamiento Ni Aditivos.



Gráfica 6 B) Altura promedio de cripta de yeyuno en pavos de 6 semanas de edad bajo diferentes tratamientos de pico. VD: Grupo Suplementado y Despicado con Tijeras; VC: Grupo Suplementado y Despicado con Cuchilla Caliente; VM: Grupo Suplementado y Despicado con Cuchilla Fría; VP: Grupo Sin Tratamiento Ni Aditivos. CD: Grupo Control Despicado con Tijeras; CC: Grupo Control Despicado con Cuchilla Caliente; CM: Grupo Control Despicado con Cuchilla Fría; CP: Grupo Control Sin Tratamiento Ni Aditivos.

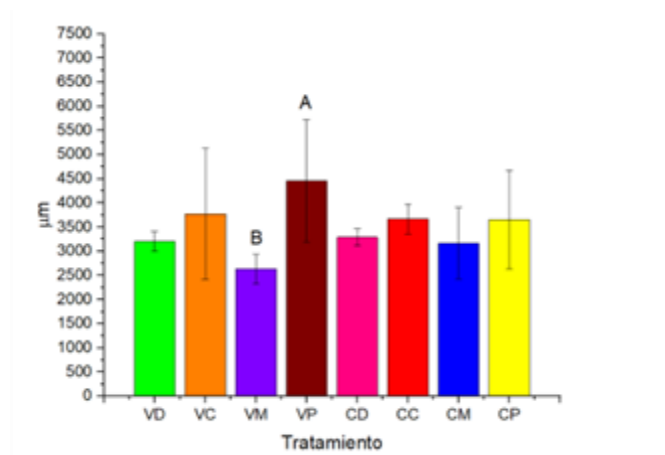


### Ancho de la Vellosidad

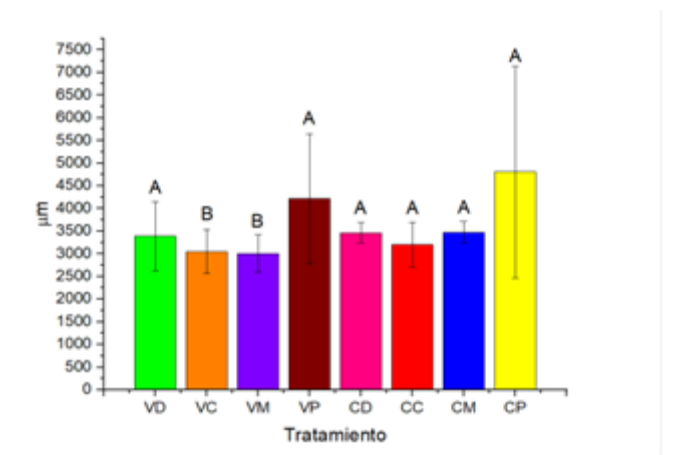
Se observó una diferencia significativa en los tratamientos VM y VP en relación con el ancho de la vellosidad del duodeno (Gráfica 7), siendo VP el de mayor tamaño ( $4459.45 \pm 730.62 \mu\text{m}$ , respectivamente  $p > 0.05$ ) y VM el de menor tamaño ( $2633.81 \pm 151.59 \mu\text{m}$  respectivamente  $p > 0.05$ ) (Tabla 2).

No se observaron diferencias significativas en los tratamientos en relación con el ancho de la vellosidad de yeyuno (Gráfica 8), sin embargo, el grupo CP el de mayor tamaño ( $4802.89 \pm 1165.67 \mu\text{m}$ , respectivamente  $p > 0.05$ ) sin tener diferencias significativas con el resto de los tratamientos excepto con VC y VM siendo este el de menor tamaño de ancho ( $3006.15 \pm 207.93 \mu\text{m}$ , respectivamente  $p > 0.05$ ) (Tabla 3).

Gráfica 7 A) Ancho promedio de vellosidad de duodeno de pavos de 6 semanas de edad bajo diferentes tratamientos de pico. VD: Grupo Suplementado y Despicado con Tijeras; VC: Grupo Suplementado y Despicado con Cuchilla Caliente; VM: Grupo Suplementado y Despicado con Cuchilla Fría; VP: Grupo Sin Tratamiento Ni Aditivos. CD: Grupo Control Despicado con Tijeras; CC: Grupo Control Despicado con Cuchilla Caliente; CM: Grupo Control Despicado con Cuchilla Fría; CP: Grupo Control Sin Tratamiento Ni Aditivos.



Gráfica 8 B) Ancho promedio de vellosidad de pavos de 6 semanas de edad bajo diferentes tratamientos de pico. VD: Grupo Suplementado y Despicado con Tijeras; VC: Grupo Suplementado y Despicado con Cuchilla Caliente; VM: Grupo Suplementado y Despicado con Cuchilla Fría; VP: Grupo Sin Tratamiento Ni Aditivos. CD: Grupo Control Despicado con Tijeras; CC: Grupo Control Despicado con Cuchilla Caliente; CM: Grupo Control Despicado con Cuchilla Fría; CP: Grupo Control Sin Tratamiento Ni Aditivos.

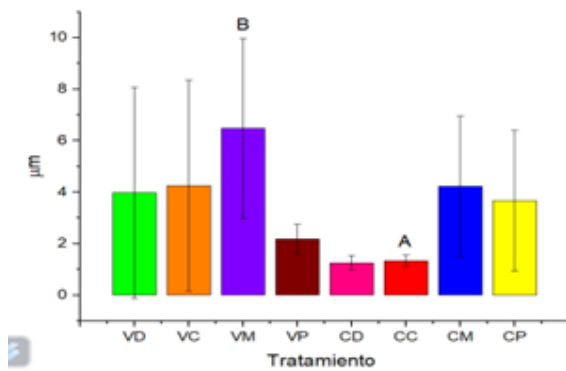


## Área de Absorción

Se observaron diferencias poco significativas en los tratamientos de duodeno, en el grupo VM que es el de mayor tamaño de absorción ( $6.48 \pm 1.74 \mu\text{m}$ , respectivamente  $p > 0.05$ ) mientras que CC es el de menor absorción ( $1.33 \pm 0.12 \mu\text{m}$  respectivamente  $p > 0.05$ ) (Tabla 2). No hubo diferencias significativas con el resto de los tratamientos (Gráfica 7)

No se observaron diferencias en los tratamientos en relación con el área de absorción de yeyuno (Gráfica 8).

Gráfica 9 A) Área de absorción promedio de duodeno de pavos de 6 semanas de edad bajo diferentes tratamientos de pico. VD: Grupo Suplementado y Despicado con Tijeras; VC: Grupo Suplementado y Despicado con Cuchilla Caliente; VM: Grupo Suplementado y Despicado con Cuchilla Fría; VP: Grupo Sin Tratamiento Ni Aditivos. CD: Grupo Control Despicado con Tijeras; CC: Grupo Control Despicado con Cuchilla Caliente; CM: Grupo Control Despicado con Cuchilla Fría; CP: Grupo Control Sin Tratamiento Ni Aditivos.



Gráfica 10 B) Área de absorción promedio de yeyuno de pavos de 6 semanas de edad bajo diferentes tratamientos de pico. VD: Grupo Suplementado y Despicado con Tijeras; VC: Grupo Suplementado y Despicado con Cuchilla Caliente; VM: Grupo Suplementado y Despicado con Cuchilla Fría; VP: Grupo Sin Tratamiento Ni Aditivos. CD: Grupo Control Despicado con Tijeras; CC: Grupo Control Despicado con Cuchilla Caliente; CM: Grupo Control Despicado con Cuchilla Fría; CP: Grupo Control Sin Tratamiento Ni Aditivos.

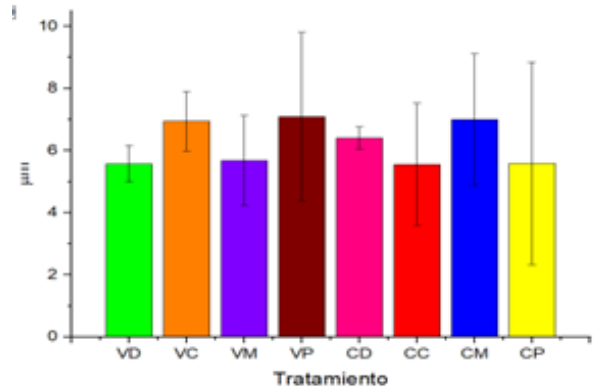


Tabla 2 Resultados estadísticos de altura total de vellosidades, altura de criptas, ancho de vellosidades y área de absorción de duodeno en pavos de 6 semanas bajo diferentes tratamientos.

DUODENO					
Tratamiento	Altura total Vellosidades	Altura Criptas	Altura Vellosidad	Ancho vellosidad	Área de absorción
VD	29639.25 ± 4700.15	2708.06±66.07 A	27327.05±4908.85	3205.64±145.66	3.97 ± 2.90
VC	44136.2±3703.61	4041.45±646.83 A	40221±3520.94	3775.30±785.37	4.25 ± 2.35
VM	41477.22 ±5656.77	3793.41±288.16 A	37500.5±5694.99	2633.81±151.59 B	6.48 ± 1.74 B
VP	54940.23 ±712.44	4762.44±504.24 A	49946.43±1110.26	4459.45±730.62 A	2.19 ± 0.33
CD	48700.5 ± 3830.16	10429.09±3380.76 B	38398.93±3756.45	3286.87±99.10	1.26 ± 0.15
CC	42686.3± 4244.78	5666.81±591.87 A	37251.5±4590.22	3672.69±179.85	1.33 ± 0.12 A
CM	51334.65±24713.55	7661± 3626.88 A	42878.24±19572.85	3169.06±521.92	4.22 ± 1.94
CP	35624.25±8920.84	5077.54±383.96 A	30216± 8563.38	3657.58±507.97	3.66 ± 1.36
Promedio	43567.33 ± 7060.29	5517.59 ± 1186.10	37967.46 ± 6464.75	3482.55 ± 390.26	3.42 ± 1.37
Valor P	0.47	0.13	0.51	0.28	0.26

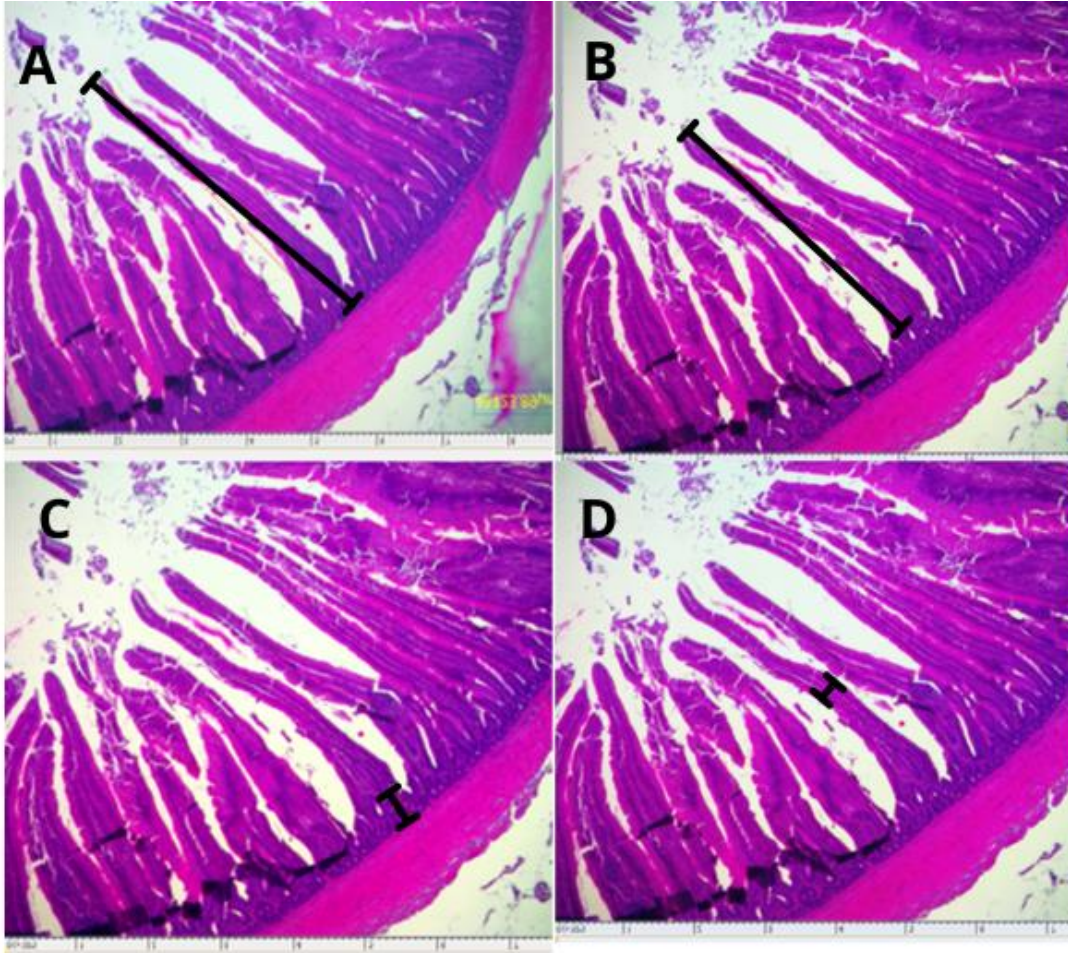
Los superíndices A, B indican diferencia significativa o similitud de los resultados entre grupos

Tabla 3 Resultados estadísticos de altura total de vellosidades, altura de criptas, ancho de vellosidades y área de absorción de yeyuno en pavos de 6 semanas bajo diferentes tratamientos.

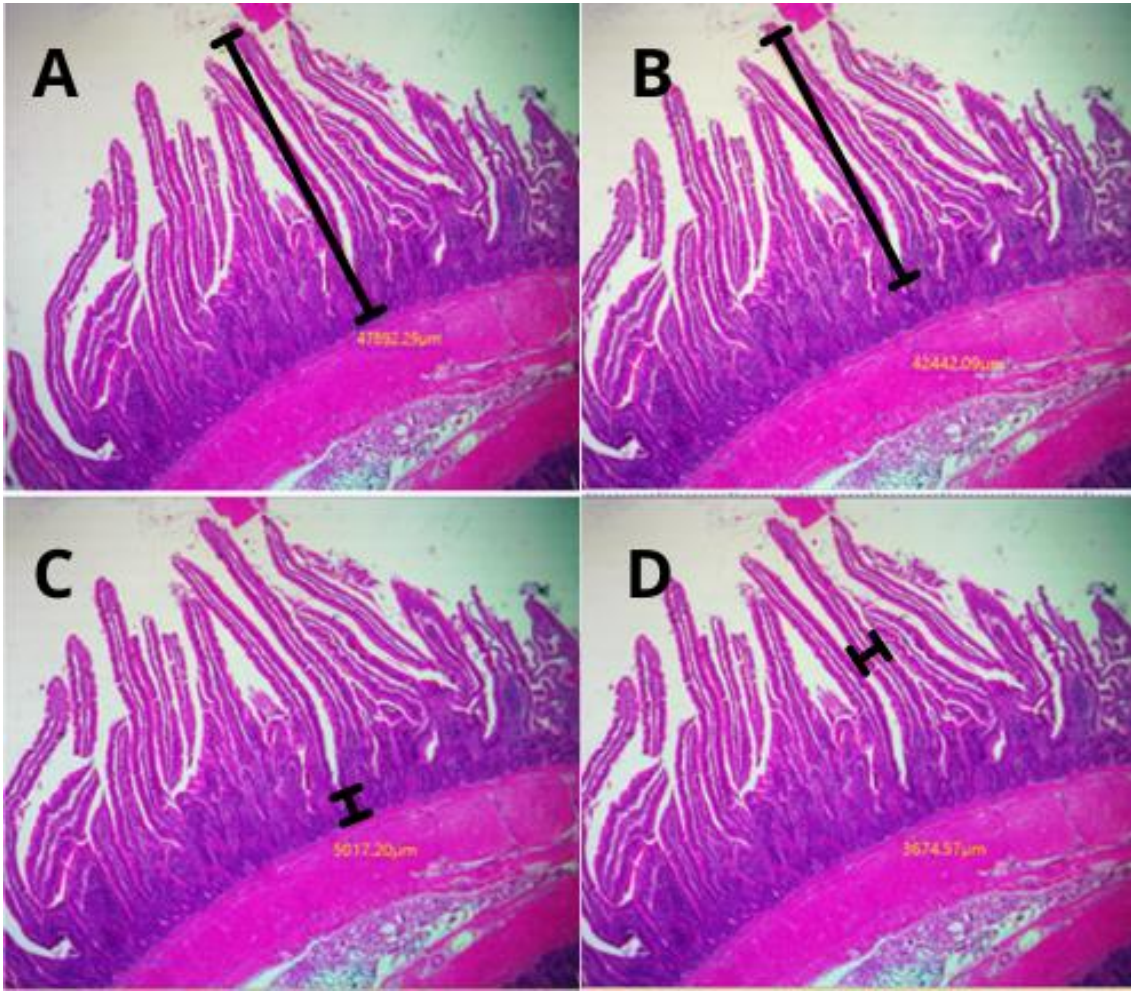
YEUENO					
Tratamiento	Altura total Vellosidades	Altura Criptas*	Altura Vellosidad	Ancho vellosidad	Área de absorción
VD	18641.43 ± 1544.74 A	1953.76±447.08 A	16708.76 ± 1697.27 A	3390.36±439.58 A	5.57 ± 0.33
VC	28417.75± 1208.43 B	2849.45± 304.10 A B	23459.15±1905.89 B	3045.31±244.13 B	6.95 ± 0.47
VM	22970.33 ±3181.86 A	3275.91 ± 368.75 A	18725.12±1487.57 A B	3006.15± 207.93 B	5.67 ± 0.72
VP	20400.65 ± 2024.25 A	3861.49 ± 1527.27 B	16646.65±478.15 A	4217.06±1014.95 A	7.09 ± 1.91
CD	23060.42± 829.87 A	3974.75 ± 436.72 B C	18715.85±854.39 A B	3462.06± 109.00 A	6.4 ± 0.17
CC	20666.6± 2677.50 A	3973.27 ± 573.92 B C	17173.63± 2362.99 A	3199.70± 285.32 A	5.55 ±1.13
CF	22970.33± 3181.86 A	2755.04 ± 617.71 A	20103.4±3052.01 A B	3475.24± 135.55 A	7.00 ±1.22
CP	24190.72± 1966.36 B	4913.21 ± 470.81 C	19246.4 ±2137.13 A B	4802.89± 1165.67 A	5.58 ± 1.62
Promedio	22527.477 ±1844.07	344.61± 593.30	18847.37 ± 1746.93	3574.85 ± 450.27	6.23 ± 0.95
Valor P	0.04	0.02	0.27	0.32	0.85

Los superíndices A, B, C indican diferencia significativa o similitud de los resultados entre grupos.





*Fig. 4 Cortes histológicos de pavos de 6 semanas de edad. Tinción H-E 4x. Fotografías tomadas por pMVZ Carmen Morales A) Altura de la Vellosidad Total de Duodeno. B) Altura de la Vellosidad de Duodeno. C) Altura de la Cripta de Duodeno. D) Ancho de la Vellosidad de Duodeno*



*Fig. 5 Cortes histológicos de pavos de 6 semanas de edad. Tinción H-E 4x. Fotografías tomadas por pMVZ Carmen Morales A) Altura de la Vellosoidad Total de Yeyuno. B) Altura de la Vellosoidad de Yeyuno. C) Altura de la Cripta de Yeyuno. D) Ancho de la Vellosoidad de Yeyuno.*

## 9 Discusión

### 9.1 Efectos de Distintos Tratamientos de Pico Sobre la Histología de Intestino

#### Delgado

El método de despicado tiene un efecto que se puede ver reflejado de diversas formas, como cambios de comportamiento, fisiológicos y productivos (Hernández, 2023). Sin embargo, existe poca evidencia científica sobre el método de despicado y su impacto en la fisiología y anatomía intestinal. Contreras 2021, menciona que la microbiota intestinal es fundamental y esta se debe encontrar en equilibrio (Eubiosis) y debe permanecer constante durante la vida. La eubiosis puede ser alterada por factores como estrés calórico, manejo incluyendo el despique y algunas sustancias que alteren el pH del intestino. Fahey *et al.*, 2008 determinaron la evidencia de cambios en el patrón de consumo y ganancia de peso en gallinas ponedoras en las primeras semanas de vida, bajo diferentes tratamientos de pico (Recorte convencional con cuchilla caliente y Tratamiento con Infrarrojo) estos cambios pudieran ser asociados a cambios en la fisiología e histología intestinal, pero más investigación en este campo es necesaria. No obstante, otras investigaciones se han enfocado a otro tipo de manejo como la adición de antibióticos y ácidos orgánicos y su efecto en las vellosidades intestinales, cripta y área de absorción en pollos y pavos (Milbradt *et al.*, 2014), pero no se ha reportado el efecto en las vellosidades bajo diferentes tratamientos de pico.

Aunque el tratamiento de pico es un evento agudo y las aves de producción parecen recuperarse según sus parámetros de producción, es posible que existan secuelas histológicas en el intestino delgado asociadas al tratamiento de pico. Algunos de los parámetros histológicos para evaluar la integridad intestinal son: altura de la vellosidad, profundidad de la cripta y el área de absorción (Oetting *et al.*, 2006; Rahimi *et al.*; 2019). Rahimi *et al.*; 2019 mencionan que la relación entre la longitud de las vellosidades y la profundidad de la cripta es un parámetro importante para la salud intestinal, ya que una relación alta indica una vellosidad larga en la que el epitelio es maduro y tiene una función activa, en combinación con una cripta poco profunda, ya que esta proporciona un reemplazo constante de enterocitos perdidos en las puntas de las vellosidades como un proceso fisiológico.

Song *et al.*, 2014 y Chávez *et al.*, 2016 mencionan que una barrera intestinal integrada es vital para la función de las células epiteliales y que existen factores como bacterias patógenas y sustancias tóxicas presentes en el alimento que pueden ocasionar el deterioro

de la función de la barrera intestinal llevando a una mayor permeabilidad a los antígenos lumenales, obteniendo acceso a los tejidos subepiteliales causando procesos inflamatorios y en consecuencia una disminución a la altura de las vellosidades y capacidad de absorción intestinal. En este estudio, la altura de la vellosidad total de la porción de duodeno no presentó ninguna diferencia biológica significativa entre ellas al compararla entre los tratamientos de pico. Es decir, aunque el despique puede afectar la eubiosis del microbiota intestinal (Contreras, 2021), en este estudio la longitud de las vellosidades duodenales no se vio afectada.

En las criptas duodenales, el tratamiento CD tuvo tendencia a una mayor profundidad, esto quiere decir que hay un epitelio funcional y una tasa de recambio epitelial más rápida, demostrando una mayor irritación en la mucosa y una disminución en la salud intestinal. Otros estudios han realizado estudios en lechones donde el aumento de la profundidad de las criptas es consecuencia de un aumento en la descamación en la superficie de la vellosidad, generando una mayor renovación celular en la zona apical teniendo como consecuencia una menor absorción y una mayor pérdida energética (Oetting *et al.*, 2006). Esto sugiere que, si se realiza el tratamiento de pico a los 7 días de vida y no se administran suplementos alimenticios, las aves pueden presentar una respuesta fisiológica patológica que puede llevar a una alteración a la eubiosis intestinal y con esto afectando la barrera intestinal. Esto a su vez puede ocasionar una disminución de la capacidad de absorción de nutrientes.

Por otra parte, es importante recordar que tanto la profundidad como la altura para estimar una eficaz área de absorción. Siendo una relación de mayor altura y menor profundidad favorable para una óptima absorción (Rahumi *et al.*, 2014). Además de que Caspary, (1992) menciona que en una mayor superficie de absorción hay una mejor absorción de nutrientes disponibles. Sin embargo, en este trabajo no hubo una afectación en el área de absorción en la porción duodenal en ninguno de los tratamientos. Es decir, el tipo de tratamiento no afecta el área de absorción al evaluarlo a las 6 semanas, pero es necesario considerar esta y otras limitaciones descritas abajo.

En la porción del yeyuno, la altura de la vellosidad mostró que los grupos de tratamientos no tuvieron diferencias significativas entre ellos. Esto quiere decir que, aunque el despique probablemente afecte la eubiosis del microbiota yeyunal (Contreras 2021), la longitud de las vellosidades no se vio afectada en este estudio. Sin embargo, existe muy poca información en la literatura científica sobre el efecto del despique en las vellosidades

intestinales. De igual manera, la profundidad de las criptas yeyunales no tuvo cambios. Es importante considerar que el no haya habido diferencias puede ser secundario al tiempo del muestreo. En este estudio las muestras se tomaron a las 6 semanas de vida de los pavos, pero la literatura indica que en pollos tiene un crecimiento significativo durante la primera y segunda semana de eclosión (Jaramillo, 2012). Esto quiere decir que el tiempo de muestreo de este trabajo pudo ser un factor determinante para encontrar diferencias en la altura de vellosidades, profundidad de las criptas y área de absorción. De tal manera que al momento de realización del muestreo haya sido tarde para evaluar el efecto sobre el crecimiento epitelial.

## 9.2 Efecto de Uso de Aditivo Comercial y Diferentes Tratamientos de Pico Sobre la Histología del Intestino Delgado

La vitamina C, se denomina químicamente como ascorbato o ácido ascórbico. Esta una lactona de 6 carbonos (Terrones, 2019) que es sintetizada en el hígado (Hernández, 2023) a partir de la glucosa, vía ácido glucurónico y lactona del ácido gulónico en presencia de la enzima L-gulonolactona oxidasa (Paredes *et al.* 2020), llegando a sangre y formando ácido dehidroascórbico (Hernández, 2023). La suplementación de dietas con vitamina C funcionan como activadores del sistema inmunológico, mejorando el rendimiento productivo de crecimiento y disminución de estrés (Paredes *et al.* 2020). Se cree que los ácidos orgánicos en forma de polvo se absorben de manera rápida en el tracto intestinal, perdiendo la capacidad de llegar al ciego, sin embargo, tiene injerencia sobre la microbiota intestinal, favoreciendo el establecimiento de bacterias productoras de ácidos grasos volátiles (Thompson *et al.* 1997). Sin embargo, se ha encontrado que en humanos la absorción es en el intestino delgado por un mecanismo activo, como ácido ascórbico, y el transporte se realiza a través del enterocito. Tiene una eliminación por vía renal, tiene una reabsorción a nivel tubular. El ácido ascórbico no absorbido en el intestino es eliminado por las heces. (Barbany & Javierre 2006).

El ácido acetoxibenzoico o ácido acetilsalicílico es un antiinflamatorio no esteroideo (AINE) sintetizado a partir del fenol y posee propiedades antiinflamatorias, analgésicas, antipiréticas. Tiene una absorción en el estómago y en la porción superior del intestino delgado, y se excreta por vía renal (Ruiz, Hernández 2013).

En el presente trabajo, las aves fueron criadas en condiciones adecuadas de ambiente y manejo; recibieron 1 g de producto/1L de agua (0.05 g de ácido ascórbico, 0.0625 g de ácido acetoxibenzoico) según las recomendaciones del fabricante (VsEs3C<sup>®</sup> Contraestres



laboratorio Atisa, Guadalajara, México). La literatura menciona que existen factores que alteran la eficacia de aditivos, como es el ayuno, enfermedades, prácticas de manejo, condiciones ambientales, densidad de población, el tipo, dosis y/o formulación del aditivo y el consumo (Milbradt 2014; Yang et al., 2009; Baurhoo et al., 2007). En el presente trabajo se podría considerar que la dosis de suplemento fue baja y el suministro probablemente no fue el mismo ya que es posible que no todas las aves tomarán la misma cantidad de agua. En comparación con otros estudios, Houshmand *et al.* (2011) evaluaron diferentes suplementos en la dieta, entre ellos el ácido ascórbico con una tasa de inclusión de 1.5 g/kg de alimento. De la misma manera en un estudio, los pollos tampoco tuvieron un nivel de estrés asociado al manejo y no se observaron efectos relacionados a la inclusión de suplementos en la histopatología intestinal. Es decir, a pesar de tener una dosis mayor de ácido ascórbico comparado con nuestro estudio el suplemento no ocasiona daños, pero sí alteraciones en la histología de las vellosidades.

En el presente trabajo en la porción de duodeno la suplementación no influyó en la altura de las vellosidades intestinales, siendo estos resultados similares a los obtenidos con otros estudios realizados con pollos de engorde y en un estudio realizado en pavos (Milbradt *et al.*; 2014). La profundidad de las criptas duodenales no tuvo diferencia entre ellas; sin embargo, Awad *et al.* (2009) mencionaron que las criptas son consideradas las fábricas de las vellosidades, indicando que una cripta con mayor profundidad genera una renovación rápida del tejido y esto a su vez, para permitir la renovación de las vellosidades, en respuesta al desprendimiento normal o a la inflamación y altas demandas del tejido, como es el despicado y el uso de aditivos.

A continuación, se discutirán los resultados de los grupos controles para determinar el efecto del aditivo y luego se inferirá su eficiencia al compararlo con los resultados de los tratamientos de manera general. Entre los grupos control sin despicado y sin suplemento (CP) y el grupo control sin despicado con suplemento (VP) no hubo diferencias en la altura de las vellosidades duodenales. Mientras que la profundidad de las criptas, en duodeno no se observó diferencia entre esos grupos y una muy ligera pero significativa en el yeyuno. No obstante, es posible que esta diferencia significativa no tenga relevancia biológica. De igual manera, no se observaron diferencias significativas en el área de absorción entre los grupos CP y VP. Esto quiere decir, el efecto del aditivo evaluado en cortes histológicos de pavos de 6 semanas parece ser mínimo. Lo cual puede ser secundario a factores que alteran la eficacia del aditivo como manejo, dosis y vía de administración, como se había descrito antes. Posiblemente otro factor importante a considerar es la severidad del tipo de

estresor que no fue lo suficiente para causar un resultado en hallazgos histológicos. En otro estudio realizado en pollos (aves que normalmente no se despican) (Song *et al*; 2014), se evaluó el estrés calórico y su impacto bajo suplementación con probióticos. Los autores obtuvieron resultados similares a los que se esperaba tener en este trabajo; sin embargo, hay que considerar diferencias en la metodología para la interpretación de resultados. Es decir, en ese estudio se evaluó el estrés calórico el cual ocasiona una respuesta fisiológica sistémica que afecta las vellosidades intestinales y su efecto se vio alterado también por el uso del aditivo. No obstante, si se pudiera inferir que el estrés calórico en su fase inicial y el tratamiento de pico también es un estrés agudo, la respuesta esperada a un factor estresante agudo pudiera ser similar en las aves. Siendo ambos factores estresantes se podría justificar una activación del sistema simpático y los cambios en temperatura fisiológica y por ende algunas consecuencias histológicas, en este caso intestinales. En ambos estudios los resultados y las lesiones no comprometieron la vida de los animales, pero tal vez estos factores pudieron tener implicaciones en la altura de vellosidades y la profundidad de las criptas secundarios a factores estresantes agudos como estrés calórico y tratamiento de pico. Es decir, el cambio de la morfología intestinal a la respuesta de una temperatura elevada o en este caso tratamiento de pico son lesiones inducidas por posible isquemia intestinal, esto quiere decir que en condiciones de hiperpirexia lleva a un mayor aumento de los flujos sanguíneos al miocardio, cornetes, mucosa nasal y músculos respiratorios, llevando a una reducción del flujo intestinal desencadenando la isquemia intestinal; y/o posible presencia de toxinas en el alimento y/o estrés oxidativo (Hernández, 2023; Rivera *et al.*, 2011; Song *et al.*, 2014.,Sohail *et al.*, 2011). La relación entre la isquemia y la disminución de la altura de vellosidad y profundidad de la cripta del canal entérico se justifica por el desprendimiento epitelial, lo que lleva a una disminución en la altura de las vellosidades y una mayor profundidad de las criptas.

Desde el punto de vista fisiológico e histológico, Ritz (1995) sugiere que, al tener un aumento en la longitud de las vellosidades, se tiene un aumento en la superficie de absorción. Sin embargo, en el presente trabajo existieron diversos factores que pudieron alterar los resultados ya mencionados anteriormente. Otro factor que pudiera ser importante a considerar para futuros estudios es el conteo de células caliciformes ya que estas son las responsables de la producción de mucinas que se unen a los microorganismos patógenos y reducen la colonización de la mucosa intestinal, y con esto aumentando la integridad y salud intestinales (Baurhoo *et al*; 2007). Es decir, se sugiere considerar para futuros estudios la evaluación de células caliciformes ya que su presencia indicará una integridad

y salud intestinal, lo cual se verá reflejado en una mejora en el consumo de alimento, mayor digestibilidad de nutrientes y mejor rendimiento de crecimiento de las aves (Khodambashi *et al* 2017).

El uso de aditivos como los ácidos orgánicos ha demostrado ser promotor de crecimiento en pollos, mientras que en pavos aún se necesita más investigación científica y de campo. Uno de los ácidos orgánicos reportados en pollos, es el uso de ácido fórmico solo o en combinación con el ácido propiónico ya que se ha demostrado (Khodambashi *et al* 2017) que puede aumentar la morfología intestinal, aumento del área de absorción y el crecimiento de las aves. Esto por una modulación selectiva de la microbiota intestinal y mejora de la morfología. Sin embargo, en otros estudios se recomienda la inclusión de prebióticos y ácidos orgánicos para la mejora de la digestibilidad de proteínas. Por otro lado, el corte de pico ocasiona estrés en las aves, llevado a una disbiosis intestinal, sin embargo en este trabajo no se observaron resultados con importancia biológica, se requieren tomar en cuenta más factores como el tiempo de muestreo, es decir, realizar pruebas en distintas fechas para poder hacer comparaciones de las vellosidades, ya que en pollos se ha descrito que tienen su máximo crecimiento al día 7 de vida, y posterior a esto las vellosidades muestran un estancamiento donde ya no crecen, así como también la cantidad de animales muestreados, ya que en este trabajo fue un grupo de pavos muy pequeño en comparación a otros estudios realizados, también tomar en cuenta la ingesta de alimento diaria, ganancia de peso diaria para así poder determinar el impacto positivo de los aditivos y si hubiera algún impacto negativo en las vellosidades intestinales por el tipo de tratamiento de pico.



## 10 Conclusiones

El presente estudio demostró que no hubo diferencias significativas en los parámetros histológicos que se determinaron para evaluar la integridad intestinal: altura de la vellosidad, profundidad de las criptas y área de absorción tanto de duodeno como de yeyuno, al realizar los distintos tratamientos de corte de pico. Sin embargo, hubo ligeras diferencias en la profundidad de las criptas lo cual podría sugerir un estímulo negativo a las vellosidades, pero como ya se ha mencionado se debe correlacionar con la altura de las vellosidades para así poder determinar si existe un daño o no, y no tuvo un impacto negativo en el área de absorción tanto de la porción de duodeno como de yeyuno, es por ello por lo que en este trabajo no se le tomó importancia biológica. Así mismo, el tratamiento de corte de pico que ocasionó modificaciones histológicas menores considerando los parámetros histológicos ya mencionados fue el despicado mecánicamente con cuchilla fría, mientras que el tratamiento que pudo haber tenido mayor efecto negativo fueron los animales que fueron despicaados a la primera semana de edad. Por lo que es posible ver un efecto histológico a nivel intestinal asociado a la edad y método de tratamiento de pico.

Por otro lado, se evaluó el efecto de un aditivo (VsEs3C ® Contraestres) con propiedades analgésicas, antioxidantes, y de restablecimiento del equilibrio de electrolitos al momento del estrés según lo reportado por el fabricante. Sin embargo, el aditivo no mostró un alto nivel de mejoría en los parámetros histológicos en este trabajo secundario al estrés ocasionado por el tratamiento de pico. Es posible que el efecto de la administración del aditivo haya tenido un mejor resultado en el grupo con tratamiento de pico mecánico ya que se observaron menores lesiones histopatológicas tanto en duodeno como en yeyuno. Existen limitaciones como la dosis de aditivos, vía de administración y tipo ácido orgánico utilizado, manejo, artefactos en las muestras histológicas y tiempo de muestreo, ya que en otros estudios realizados con pavos hicieron muestreos de la 4 semana hasta la 8 semana de vida, mientras que en este estudio se hizo a las 16 semanas de edad. Estas diferencias en la metodología tomar en cuenta para estudios futuros son para hacer comparaciones adecuadas. No obstante, se requieren más evidencias histológicas a corto y largo plazo para evaluar el impacto agudo y crónico del tratamiento de pico en pavos comerciales.

## 11 Referencias

1. AVMA (2010) Welfare Implications of beak Trimming. Disponible en: <https://www.avma.org/resources-tools/literature-reviews/welfare-implications-beak-trimming>. Visitado en marzo 2023.
2. Awad, W., Ghareeb, K., Abdel-Raheem, S., Böhm, J. (2009) Effects of dietary inclusion of probiotic and symbiotic on growth performance, organ weights, and intestinal histomorphology of broiler chickens. Poultry Science. Vol.88(1) 49-56. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119388947#cesec210> Visitado en enero 2023.
3. Barbany, J., Javierre, C. (2006) suplementación en vitamina c y rendimiento deportivo. Archivos de medicina del deporte. Vol.23(111) 49-59. Disponible en: [https://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Vitamina\\_CI\\_49\\_111.pdf](https://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Vitamina_CI_49_111.pdf) Visitado en marzo 2023.
4. Batres, V. (2016) Evaluación del suministro de diferentes antiestresores de calor: aspirina (ácido acetilsalicílico), vitamina C (ácido ascórbico), bicarbonato de sodio, en la dieta de pollos de engorde de la raza arbor acres. Universidad del El Salvador: San Miguel. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/17049/1/50108544.pdf>. Visitado en abril 2023.
5. Baurhoo, B., Phillip, L., Ruiz-Feria, C. (2007) Effects of purified lignin and mannan oligosaccharides on intestinal integrity and microbial populations in the ceca and litter of broiler chickens. Poultry Science. Vol.86(6) 1070-1078 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119398979> . Visitado en abril 2024.
6. Caspary, W. (1992) Physiology and pathophysiology of intestinal absorption. The American Journal of Clinical Nutrition. Vol.55(1) 2995-3085 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0002916523315594>. Visitado en enero 2023.
7. CEDRSSA. (2019). Reporte. La Importancia de la Industria Avícola en México. Palacio Legislativo de San Lázaro. Ciudad de México. Disponible en: [http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/47Industria\\_Avicola\\_M%C3%A9xico.pdf](http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/47Industria_Avicola_M%C3%A9xico.pdf) Visitado en mayo 2023.
8. Chávez, L., López, A., Parra, J. (2016) Crecimiento y desarrollo intestinal de aves de engorde alimentadas con cepas probióticas. Archivos de Zootecnia. Vol.65(249) 51-58. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/495/49544737008.pdf> Visitado en abril 2023.
9. Concepción, A. (2021) Evaluación de los índices productivos de tres líneas genéticas de pavos de carne en condiciones comerciales. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Zootecnia. Lima, Perú. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4988/concepcion-ccorahua-angeles.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Visitado en diciembre 2022.
10. Contreras, O. (2021) Efecto de la adición de extractos de cítricos como promotor de crecimiento sobre la integridad intestinal en gallinas ponedoras de la línea Hy Line Brown de 50 semanas de edad. Universidad Privada Antenor Orrego: Perú. Disponible en: [Universidad Privada Antenor Orrego: Efecto de la adición de extractos de cítricos como promotor de crecimiento sobre la integridad intestinal en gallinas ponedoras de la línea Hy Line Brown de 50 semanas de edad \(upao.edu.pe\)](http://upao.edu.pe) Visitado en junio 2023.

11. Cunningham, D. (1992) Beak Trimming Effects on Performance, Behavior and Welfare of Chickens: A Review. *Journal of Applied Poultry Research*. Vol 1(1) 129-124. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1056617119319154> Visitado en junio 2023.
12. Denbow, D. (2015) *Gastrointestinal Anatomy and Physiology*. *Sturkie's Avian Physiology (Sixth Edition)* 337-366 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124071605000142> Visitado en abril 2023.
13. Fahey, A., Marchant-Forde, R., Cheng, H. (2008) Comparative Effects of Infrared and One Third Hot-Blade trimming on beak Topography, Behavior, and Growth. *Poultry Science*. Vol.87(8) 1474-1483. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119400588> Visitado en marzo 2023.
14. Geira, A., Uni, Z., Sklan, D. (2001) Enterocyte Dynamics and Mucosal Development in the Posthatch Chick. *Poultry Science*. Vol.80(6) 776-782. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119417586> Visitado en julio 2023.
15. Gentle, M., Thorp, B., Hughes, B. (1995) Anatomical consequences of partial beak amputation (beak trimming) in turkeys. *Veterinary Science*. Vol.58(2) 158-162. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0034-5288\(95\)90070-5](https://doi.org/10.1016/0034-5288(95)90070-5) Visitado en Agosto 2023.
16. González, N., Barbeito, C. (2014) *Histología de Aves*. Primera Edición. LA Plata: Universidad Nacional de la Plata. 187-194.
17. Gónzales, H. (2009) Evaluación de la harina de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) como prebiótico en dietas de pavos de engorde. Lima-Perú: Universidad Nacional Myor de San Marcos. Disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/129652/Gonz%C3%A1les2009.pdf?sequence=1> Visitado en abril 2023.
18. Hernández, R. (2023) Evaluación de marcadores de estrés oxidante e histológicos con diferentes tratamientos de pico en pavos (*Meleagris gallopavo*) UNAM: FESC. Edo de México. Disponible en: [https://tesiunam.dgb.unam.mx/F/D281MC21NR72AIUED1393T5QYUA7JMND5JYPSLIHAH64A1S9XQ-33458?func=full-set-set&set\\_number=747161&set\\_entry=000001&format=999](https://tesiunam.dgb.unam.mx/F/D281MC21NR72AIUED1393T5QYUA7JMND5JYPSLIHAH64A1S9XQ-33458?func=full-set-set&set_number=747161&set_entry=000001&format=999) Visitado en enero 2023.
19. Herrera, M. (2018) Evaluación de la protección conferida por *Lactobacillus reuteri* como probiótico en pollos mediante histomorfometría intestinal. Buenos Aires: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Disponible en: <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/items/7b4123e0-031e-4363-9667-16c25f7e4381> Visitado en julio 2023.
20. Houshmand, M., Azhar, K., Zulkifli, I., Bejo, M., Kamyab, A. (2011) Effects of nonantibiotic feed additives on performance, nutrient retention, gut pH, and intestinal morphology of broilers fed different levels of energy, *Journal of Applied Poultry Research*. Vol.20(2) 121-128 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1056617119311511#cesec40> Visitado en abril 2023.
21. Jaramillo, A. (2012) Evaluación de la mezcla de un ácido orgánico y un prebiótico en los parámetros productivos y alométricos de pollos de engorde con alimentación controlada. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*. Vol.5(1) 52-66. Disponible en: <https://revistas.ut.edu.co/index.php/ciencianimal/article/view/126/125> Visitado en julio 2023.

22. Khalel, E. Nasser, A. (2021) A Histochemical Study Of The Small Intestine Of Adult Male Turkey (*Meleagris gallopavo*). Diyala Journal for Veterinary sciences. Vol.1(2) 2410-8863. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/354585985\\_A\\_Histochemical\\_Study\\_Of\\_The\\_Small\\_Intestine\\_Of\\_Adult\\_Male\\_Turkey\\_Meleagris\\_Gallopavo](https://www.researchgate.net/publication/354585985_A_Histochemical_Study_Of_The_Small_Intestine_Of_Adult_Male_Turkey_Meleagris_Gallopavo) Visitado en abril 2023.
23. Khodambashi, N., Daneshmand, A., Zafari, S., Graystone, E., Broom, L. (2017) effects of commercial organic acid blends on male broilers challenged with *E. coli* K88: Performance, microbiology, intestinal morphology, and immune response. Poultry Science. Vol.96(9) 3254-3263. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119315330#cesec190> Visitado en abril 2023.
24. Magallón, C. (2021) Área de los adipocitos como indicadores de la reserva energética de ballena gris *Eschrichtius robustus*, en la laguna de San Ignacio, Baja California Sur, México. Universidad Autónoma de Baja California Sur.
25. Milbradt, E., Okamoto, A., Rodrigues, J., Garcia, E., Sanfelice, C., Centenaro, L., Andreatti Filho, R. (2014) Use of organic acids and competitive exclusion product as an alternative to antibiotic as a growth promoter in the raising of commercial turkeys. Poultry Science. Vol.93(7) 1855-1861 Disponible en: [Use of organic acids and competitive exclusion product as an alternative to antibiotic as a growth promoter in the raising of commercial turkeys - ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579114001931) Visitado en abril 2023.
26. Megías, M., Molist, P., Pombal, M. (2019) Atlas de histología vegetal y animal. Órganos Animales.
27. Megías, M., Molist, P., Pombal, M. (2018) Técnicas histológicas: Tinción. Universidad de Vigo. Disponible en: <https://mmegias.webs.uvigo.es/descargas/tecnicas-tincion.pdf>
28. Moeser, A., Vander, C., Kathleen, A., Wooten, J., Little, D., Cook, V., Blikslager, A. (2007) Stress signaling pathways activated by weaning mediate intestinal dysfunction in the pig. American Journal of Physiology. Vol. 292 (1) G173-G181 Disponible en: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/ajpgi.00197.2006> Visitado en agosto 2023.
29. Oetting, L., Utiyama, C., Giani, P., Ruiz, U., Miyada, V. (2006) Efeitos de extratos vegetais e antimicrobianos sobre a digestibilidade aparente, o desempenho, a morfometria dos órgãos e a histologia intestinal de leitões recém-desmamados. Rev Bras. Zootec. Vol.35(4) 1389-1397. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/Bd8P5rZBhm8Vj9zGfHbNkxC/abstract/?lang=pt> Visitado en agosto 2023.
30. Paredes, M., Terrones, A., Hoban, C., Ortiz, P. (2020) Efecto de la suplementación dietaria con vitamina C sobre rendimiento productivo, estrés y respuesta inmunitaria del pavo criado en un ambiente hipóxico natural. Scientia Agropecuaria. Vol.11(3) 357-364 Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172020000300357&script=sci\\_arttext#B28](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172020000300357&script=sci_arttext#B28) Visitado en abril 2023.
31. Pazmiño, J., Kelly, G. (2015) Evaluación de dos sistemas de crianza para mejorar los parámetros productivos en pavos blancos (*Meleagris pavipollo*) Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24744> Visitado en enero 2023.
32. Rahimi, S., Kathariou, S., Fletcher, O., Grimes, J. (2019) Effect of a direct-fed microbial and prebiotic on performance and intestinal histomorphology of turkey poult chicks challenged with *Salmonella* and *Campylobacter*. Poultry Science Journal. Vol. 98(12)6572-6578 Disponible en:

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119579652#cesec80> Visitado en mayo 2023.
33. Ritz, C., Hulet, R., Self, B., Denbow, D. (1995) Growth and Intestinal Morphology of Male Turkeys as Influenced by Dietary Supplementation of Amylase and Xylanase. *Poultry Science*. Vol.74(8) 1329-1334. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119454989> Visitado en abril 2023.
  34. Rivera, L., Thacker, M., Pontell, L., Cho, H., Furness, J. (2011) Deleterious effects of intestinal ischemia/reperfusion injury in the mouse enteric nervous system are associated with protein nitrosylation. *Cell Tissue Research*. Vol.344 111-123. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00441-010-1126-x> Visitado en julio 2023.
  35. Roa, M. (2015) El uso de ácidos orgánicos y su efecto en el desempeño y desarrollo del sistema digestivo del pollo de engorda. México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Disponible en [http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB\\_UMICH/6573/IIAF-M-2015-1425.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/6573/IIAF-M-2015-1425.pdf?sequence=1&isAllowed=y) Visitado en septiembre 2023.
  36. Ruiz, J., Hernández, I. (2014) Farmacología para médicos veterinarios zootecnistas. UNAM: FESC. Edo. De México.
  37. Shiva, C., Bernal, S., Sauvain, M., Caldas, J., Kalinowski, J., Falcón, N., Rojas, R. (2012). Oregano essential oil (*Origanum vulgare*) and ginger dried extract (*Zingiber officinale*) as potential growth promoters in broilers. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. Vol. 23(2) 160-170. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172012000200006&lng=es&tlng=en](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172012000200006&lng=es&tlng=en) Visitado en agosto 2023.
  38. Sohail, M., Rahman, Z., Ijaz, A., Yousaf, M., Ashraf, K., Yagub, T., Zaneb, H., Anwar, H., Rehman, H. (2011) Single or combined effects of mannan-oligosaccharides and probiotic supplements on the total oxidants, total antioxidants, enzymatic antioxidants, liver enzymes, and serum trace minerals in cyclic heat-stressed broilers. *Poultry Science*. Vol.90(11) 2573-2577. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119423183> Visitado en julio 2023.
  39. Song, J., Xiao, k., Ke, Y., Jiao, L., Hu, C., Diao, Q., Shi, B., Zou, X. (2014) Effect of a probiotic mixture on intestinal microflora, morphology, and barrier integrity of broilers subjected to heat stress. *Poultry Science*. Vol.93(3) 81-588. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119360444#bib31> Visitado en mayo 2023.
  40. Sumano, H., Ocampo, L. (2006) Farmacología Veterinaria. México: McGraw-Hill Interamericana. Tercera edición.
  41. Terrones, A (2019) Efecto del ácido ascórbico en la dieta del pavo de engorde sobre rendimiento productivo, ratio heterófilos: linfocitos y respuesta de anticuerpos. Universidad Nacional de Cajamarca: Perú. Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3454/TESIS.pdf?sequence=1> Visitado en agosto 2023.
  42. Thompson, J., Hinton, M. (1997) Antibacterial activity of formic and propionic acids in the diet of hens on salmonellas in the crop. *British Poultry Science*. Vol 38(1) 59-65 Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00071669708417941> Visitado en junio 2023.
  43. Valarenzo, M., Valarenzo, J., Vacacla, W., Ortega, R. (2016) Evaluación productiva y económica de pavos de la estirpe Nicholas 700. CEDAMAZ. Revista del Centro de estudios y Desarrollo de la Amazonía. Universidad Nacional de Loja. Vol. 6(1)

44. Yang, Y., Iji, P. A., & Choct, M. (2009). Dietary modulation of gut microflora in broiler chickens: a review of the role of six kinds of alternatives to in-feed antibiotics. *World's Poultry Science Journal*. Vol.65(1) 97-114. Disponible en: <https://www.cambridge.org/core/journals/world-s-poultry-science-journal/article/abs/dietary-modulation-of-gut-microflora-in-broiler-chickens-a-review-of-the-role-of-six-kinds-of-alternatives-to-infeed-antibiotics/7B00044BC5510B50273DCD20ABE16661> Visitado en mayo 2023.