



**RELACIÓN ENTRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y HALLAZGOS
HISTOMORFOLÓGICOS INTESTINALES EN POLLOS DE ENGORDE
SUPLEMENTADOS CON PROBIÓTICOS**

BAYRON RAMOS RICO

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

2018

**RELACIÓN ENTRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y HALLAZGOS
HISTOMORFOLÓGICOS INTESTINALES EN POLLOS DE ENGORDE
SUPLEMENTADOS CON PROBIÓTICOS**

BAYRON RAMOS RICO

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
VILLAVICENCIO
2018**

**RELACIÓN ENTRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y HALLAZGOS
HISTOMORFOLÓGICOS INTESTINALES EN POLLOS DE ENGORDE
SUPLEMENTADOS CON PROBIÓTICOS**

**Estudiante en proyecto de investigación (EPI) para optar al título de Médico
Veterinario Zootecnista**

BAYRON RAMOS RICO

Código: 121003327

Director: MVZ. MSc. José Ricardo Corredor Matus

Grupo de investigación Agroforesteria

UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

ESCUELA CIENCIAS ANIMALES

PROGRAMA MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

VILLAVICENCIO

2018

AGRADECIMIENTOS

Agradezco, ante todo, a Dios por todo lo que ha obrado en mí y en las personas que me rodean, para permitirme cumplir todos los objetivos planteados en la vida.

A mi familia por todo lo brindado en la vida, tanto en lo académico como en lo personal.

A la Dra. Julieta Esperanza Ochoa Amaya por el apoyo formativo e investigativo en el trabajo realizado, y por brindarme su amistad.

Al Dr. José Ricardo Corredor Matus por los conocimientos brindados a lo largo de mi academia y por la confianza depositada.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
1. OBJETIVOS	12
1.1 OBJETIVO GENERAL	12
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	12
2. MARCO TEÓRICO	13
2.1 AVICULTURA	13
2.2 PROMOTORES DEL CRECIMIENTO	13
2.3 PROBIÓTICOS.....	14
2.3.1 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	14
2.3.2 <i>Bacillus subtilis</i>	15
2.3.3 <i>Lactobacillus acidophilus</i>	15
3. METODOLOGÍA.....	18
3.1 LOCALIZACIÓN.....	18
3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL	18
3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	19
4. RESULTADOS	20
4.1 NÚMERO DE CÉLULAS EN MITOSIS	20
4.2 NÚMERO DE CRIPTAS	21
4.3 NÚMERO DE CÉLULAS POR VELLOSIDAD	22
4.4 ORIENTACIÓN DE LAS VELLOSIDADES.....	23
4.5 CORRELACIONES	24
5. DISCUSIÓN	30
6. CONCLUSIÓN.....	36
BIBLIOGRAFIA	37

LISTAS DE TABLAS

Tabla 1. Efecto de los probióticos sobre el número de células en mitosis en la cripta en pollos de engorde de 45 días de edad	17
Tabla 2. Efecto de los probióticos sobre el número de criptas de Lieberkühn por mm en pollos de engorde de 45 días de edad	18
Tabla 3. Efecto de los probióticos sobre el número de núcleos por vellosidad en pollos de engorde de 45 días de edad	19
Tabla 4. Efecto de los probióticos sobre la orientación de las vellosidades en pollos de engorde de 45 días de edad	20
Tabla 5. Correlaciones entre las variables histológicas de las tres secciones intestinales con las variables histológicas del duodeno con diferencia estadística significativa ($p < 0,05$).	23
Tabla 6. Correlaciones entre las variables histológicas de las tres secciones intestinales con las variables histológicas del yeyuno con diferencia estadística significativa ($p < 0,05$).	24
Tabla 7. Correlaciones entre las variables histológicas de las tres secciones intestinales con las variables histológicas del íleon con diferencia estadística significativa ($p < 0,05$).	25
Tabla 8. Correlaciones entre las variables histológicas de las tres secciones intestinales con el número de células en mitosis en la cripta en las tres secciones intestinales con diferencia estadística significativa ($p < 0,05$).	26
Tabla 9. Correlaciones entre las variables histológicas de las tres secciones intestinales con el número de células por vellosidad en las tres secciones intestinales con diferencia estadística significativa ($p < 0,05$).	26
Tabla 10. Correlaciones entre los parámetros productivos con las variables histológicas en las tres secciones intestinales con diferencia estadística significativa ($p < 0,05$).	27
Tabla 11. Correlaciones entre las variables histológicas de las tres secciones intestinales con los parámetros productivos con diferencia estadística significativa ($p < 0,05$).	28
Tabla 12. Correlaciones entre los parámetros productivos con diferencia estadística significativa ($p < 0,05$).	28

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Efecto de los probióticos sobre el número de células en mitosis en la cripta en pollos de engorde de 45 días de edad	17
Gráfica 2. Efecto de los probióticos sobre el número de criptas de Lieberkünggh por mm en pollos de engorde de 45 días de edad	18
Gráfica 3. Efecto de los probióticos sobre el número de núcleos por vellosidad en pollos de engorde de 45 días de edad	19
Gráfica 4. Efecto de los probióticos sobre la orientación de las vellosidades en pollos de engorde de 45 días de edad	20

GLOSARIO

Antibióticos Promotores del Crecimiento	APC
Grupo Control	GCtr
Grupo Probiótico	GPbt
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	SC
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	LA
<i>Bacillus subtilis</i>	BS
Intestino Delgado	ID
Células en Mitosis	CM
Número de células por vellosidad	NCV
Altura de la vellosidad	AltV
Ancho apical de la vellosidad	AAp
Ancho basal de la vellosidad	ABa
Área de la vellosidad	AV
Diámetro longitudinal de la cripta	DLC
Diámetro transversal de la cripta	DTC
Área de la cripta	AC
Producción de moco	PM
Proliferación celular	PC
Consumo de alimento	CA
Ganancia de peso	GP
Rendimiento de la canal	RC
Proporción de pechuga deshuesada	PPD
Proporción de pierna-pernil	PPP

RESUMEN

En la avicultura una buena digestión y absorción de nutrientes es fundamental para tener una eficiente producción. En la alimentación avícola han sido usados diferentes promotores de crecimiento para mejorar la producción y mejorar la salud. Entre éstos están los antibióticos, coccidiostáticos, enzimas, prebióticos y probióticos. A causa de la resistencia a los antimicrobianos y contaminación del alimento, el uso de los antibióticos como promotores del crecimiento (APC) se ha reducido. Como una alternativa para los antibióticos en la alimentación avícola, la adición de probióticos se ha implementado. Por tal motivo, se estudió el efecto de los probióticos sobre la histología y morfología intestinal y su correlación con los parámetros productivos. Se usaron bloques parafinados provenientes de pollos de engorde del proyecto *“Comportamiento fisiológico y productivo en pollos de engorde con el uso de probióticos”*. Se emplearon las secciones del intestino delgado (ID) correspondientes al duodeno, yeyuno e íleon para todas las variables histológicas y morfológicas. Así mismo, el ciego para evaluar la producción de moco. Se trabajaron dos grupos experimentales, el Grupo Control (GC) correspondiente al tratamiento 1 (T1) sin probióticos y Grupo Probióticos (GP). En el trabajo experimental se midió el número de Células en Mitosis (CM) por campo de 40x en la cripta, número de células por vellosidad (NCV), número de criptas por mm y la orientación de las vellosidades, en las tres secciones del ID. Para las correlaciones se usaron los datos medidos en el trabajo experimental junto con los resultados del proyecto *“Efectos de la adición de probióticos en la morfología intestinal en pollos de engorde”* tales como: altura de la vellosidad (AltV), ancho apical (AAp), ancho basal (ABa) y área de la vellosidad (AV), diámetro longitudinal (DLC), diámetro transversal (DTC) y área de la cripta (AC), y la producción de moco (PM). Igualmente se evaluó la proliferación celular (PC) en las vellosidades. Estos hallazgos histomorfológicos se correlacionaron con los parámetros productivos (PP), los cuales fueron: El consumo de alimento (CA), la ganancia de peso (GP) y el rendimiento de la canal (RC) medido mediante la proporción de pechuga deshuesada (PPD) con respecto a la canal y la proporción de pierna-pernil (PPP) con respecto a la canal. De los resultados obtenidos en esta investigación se puede concluir que los probióticos tienen un efecto benéfico en la PC, NCV, AV, AC y PM, pero sin afectar el CA y la GP. Las correlaciones evidenciaron que la actividad de la cripta del yeyuno tiene una alta relación con otras variables histomorfológicas y los PP. También se observó que el íleon tiene tendencias a disminuir su funcionalidad con la administración de los probióticos, pero aumentando la de los dos segmentos anteriores. Sin embargo, se requieren más estudios que muestren y correlacionen los hallazgos histomorfológicos con los PP para contrastar los resultados obtenidos.

NOTA DE ACEPTACION

MVZ. MSc. José Ricardo Corredor
Matus

Villavicencio (Meta) 18/10/2018

INTRODUCCIÓN

Según las Naciones Unidas (ONU, 2017), la población mundial aproxima los 7.550 millones de personas actualmente, y tendrá un aumento a 8.551 millones de personas para el año 2030. Por este rápido incremento de la población existe una alta preocupación por el mantenimiento de la seguridad alimentaria mundial. En América Latina en el año 2016, alrededor de 42,5 millones de personas no cuentan con la cantidad suficiente de alimentos para cubrir sus necesidades calóricas diarias (FAO & OPS, 2017). Una de las maneras de suplir estas necesidades es con el consumo de alimentos de bajo costo y de fácil acceso, como lo es la carne de pollo.

En Colombia, la avicultura es un sector productivo dinámico y creciente. Las cifras más recientes de la Federación Colombiana de Avicultores de Colombia denotan en los primeros seis meses del 2018 que el aumento de la producción avícola fue del 6,7% en relación con el mismo periodo del año pasado. Con respecto a la producción de carne de pollo “hubo un significativo ascenso al lograr llegar a 793.382 toneladas y un crecimiento del 5,7% en relación con el mismo periodo del año pasado” (FENAVI, 2018).

Aunque los probióticos son considerados para promover la salud avícola, los mecanismos actuales relacionados no han sido totalmente elucidados. La más importante ventaja del uso de los probióticos en avicultura es que, diferente a los antibióticos, ellos no dejan residuos en la carne y huevos, los cuales podrían tener implicaciones para los consumidores (Harimurti & Hadisaputro, 2015b). Una óptima absorción de nutrientes conlleva una conversión eficiente del alimento, lo cual es primordial para la producción de las aves. Para lograr este fin, el uso de promotores de crecimiento, como probióticos, son herramientas rentables que han mostrado buenos rendimientos productivos con su implementación en la dieta. Estos tienen como sitio de acción el sistema gastrointestinal, por lo que con este trabajo se busca evaluar los efectos de los probióticos sobre las variables histomorfológicas de las vellosidades, correlacionándolos con los hallazgos de los parámetros productivos.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar los efectos de la adición de probióticos en la morfología intestinal en pollos de engorde y correlacionarlos con los parámetros productivos.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar la actividad de la vellosidad intestinal mediante parámetros microscópicos como número de núcleos en mitosis, número de criptas, conteo de núcleos por vellosidad y la orientación de la vellosidad, en pollos de engorde tratados con probióticos y controles.
- Correlacionar parámetros productivos con los hallazgos histomorfológicos en pollos tratados con probióticos y controles.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 AVICULTURA

La avicultura es un sector que tiene un fuerte apoyo a la seguridad alimenticia mundial. Según Mottet & Tempio (2017), las aves domésticas tienen una contribución sustancial en la seguridad alimentaria y la nutrición, proporcionando energía, proteína y micronutrientes esenciales para el ser humano, con ciclos cortos de producción.

Según la Sociedad de Agricultores de Colombia, la producción de carne de pollo **ha** tenido un crecimiento continuo, pasando de 562.744 toneladas en el año 2000 a 1.563.568 toneladas para el año 2017, representando un aumento en 278% de la producción (Sociedad de Agricultores de Colombia, 2018).

En el año 2018 la población de aves en Colombia es de 173.488.436 aves alojadas en 372.046 predios. Esta población se concentra principalmente en los departamentos de Santander (26,10%), Cundinamarca (18,51%), Valle del Cauca (11,30%), Antioquia (6,89%), Cauca (5,78%) y Quindío (5,57%), regiones de mayor vocación aviar que albergan el 74.15 % de la población (Instituto Colombiano Agropecuario, 2018).

2.2 PROMOTORES DEL CRECIMIENTO

Los promotores de crecimiento son sustancias sintéticas que se incluyen en el alimento para maximizar el crecimiento de los animales (FAO, 2009). Su uso inició con la administración de APC, como lo fue la sulfonamida a 1 mg/día en ratas, en 1942, y cuatro años después estreptomycin y sulfasuxidina en la alimentación de pollos (Suárez & Nieto, 2018). Fue restringido su uso por los evidentes efectos negativos, resaltando la resistencia a los antimicrobianos por parte de las bacterias, lo cual en el 2006 conllevó a la prohibición de los APC en la Unión Europea (Cepero, 2005).

Como una alternativa de reemplazo eficiente a los APC, se ha implementado el uso de cepas de microorganismos seleccionados, que estimulan la eubiosis y la estabilidad de la flora intestinal de las aves, lo cual permite que se mantenga la integridad y funcionalidad de las mucosas digestivas, y garantiza el

aprovechamiento oportuno de los nutrientes suministrados en la dieta (Díaz López, Ángel Isaza, & Ángel B., 2017).

2.3 PROBIÓTICOS

Los probióticos son microorganismos vivos que, cuando se administran en cantidades adecuadas, confieren un beneficio en la salud del huésped (FAO & WHO, 2006). Estos tienen un mecanismo de acción por exclusión competitiva, estimulación del sistema inmune, mantienen la integridad de la mucosa intestinal, estimulan la producción de la capa de mucina, dificultan la reproducción y colonización de bacterias patógenas y poseen un efecto antioxidante (Díaz López et al., 2017). Los efectos benéficos de los probióticos ocurren debido a la producción de factores secretados que estimulan las citocinas y la inmunidad mediada por células. Así mismo, estimulan el apetito y mejoran el balance intestinal, lo cual acorta el período requerido para estabilizar la microflora (Harimurti & Hadisaputro, 2015a). Los probióticos producen compuestos tóxicos que inhiben el crecimiento de los microorganismos patógenos. Previenen el cáncer, reducen el colesterol, los triglicéridos, el indol, el escatol, el amonio, el fenol y el p-cresol. Reducen enfermedades entéricas, mejoran el desempeño de las de corral, disminuyen la contaminación avícola (Morales López, 2007).

Dentro de las especies más utilizadas de probióticos se encuentran los lactobacilos como el *Lactobacillus acidophilus*, los bacilos como el *Bacillus subtilis* y las levaduras como el *Saccharomyces cerevisiae* (González Puetate, 2016).

2.3.1 *Saccharomyces cerevisiae*

El *Saccharomyces cerevisiae*, también llamado levadura del pan, es una levadura anaeróbica facultativa de fácil manejo, muy usada por su capacidad de fermentación (González Lázaro, 2014). Es la única levadura aprobada como probiótico humano. Esta levadura viene siendo utilizada en avicultura por hace más de una década, siendo algunas de las finalidades de esta práctica mejorar la productividad y salud del ave. Se ha demostrado que su suplementación en pollos de engorde tiene múltiples efectos benéficos como: 1) mejorar la GP y el índice de conversión alimenticia; 2) Favorecer el desarrollo de la mucosa digestiva; 3). Mayor AltV yeyuno; 4) Efecto inmuno-modulador (Morales López, 2007).

2.3.2 *Bacillus subtilis*

El *Bacillus subtilis* es una bacteria Gram negativa espora formadora, utilizada con múltiples fines, entre estos como probiótico. En general, mejora el rendimiento y disminuye los costos de producción en pollos de engorde. Su suplementación como probiótico tiene efectos tales como: 1) Mejorar el rendimiento en las primeras semanas de vida; 2) Reducir los costos de producción; 3) Aumentar la digestibilidad total de la materia seca, la proteína cruda y la energía metabólica aparente; 4) Aumentar el pH del contenido intestinal (Reis, Fassani, Garcia Júnior, & Schmidt, 2017).

2.3.3 *Lactobacillus acidophilus*

El *Lactobacillus acidophilus* es un bacilo comúnmente hallado en el ID muy usado para producción de lácteos fermentados. La suplementación en la dieta mejora el rendimiento productivo de los pollos de engorde y las funciones metabólicas que promueven la salud animal. En correlación con la temperatura en el galpón de producción demostró mejorar la GP a temperaturas de 24°C e impedido la disminución de la GP a 35°C. Además, su suplementación aumento los ácidos grasos de la carne (Faseleh jahromi et al., 2016). Produce acidofilina, lactocidina, y acidolina, son metabolitos inhibitorios para microorganismos específicos (Harimurti & Hadisaputro, 2015b)

2.4 ESTUDIOS PREVIOS

Simón (2003) evaluó resultados del uso de probióticos en dietas de pollo de engorde (22 experimentos publicados) con respuestas nulas o adversas en la productividad de las aves o ninguna diferencia estadística (Morales López, 2007).

Awad, Ghareeb, Abdel-Raheem & Böhm (2009) realizaron un ensayo de alimentación para investigar los efectos de los suplementos dietéticos de simbióticos y probióticos en el rendimiento de pollos de engorde, el RC, el peso de los órganos y las mediciones histomorfológicas del ID; Observaron una leve mejoría en el RC, aumento de la AltV y la relación de profundidad de la cripta y la AltV en el duodeno y el íleon; no se afectó la profundidad de la cripta duodenal pero en el íleon si disminuyó.

Ghosia, Akhtar, Ahmad & Muhammad (2011) buscaron establecer un vínculo entre el uso de dosis de probióticos, la longitud y el peso del intestino y la proliferación de CM de pollos de engorde; sus resultados revelaron un aumento significativo en la proliferación de CM de la cripta, la GP y CA, pero no se observó ningún efecto sobre el peso y la longitud del intestino.

La adición de probióticos mejoró la calidad de la canal y disminuyó la grasa abdominal debido a un aumento del catabolismo lipídico y disminución de la absorción lipídica (Luo et al., 2013).

Beski & Al-Sardary (2015) hicieron un estudio para investigar los efectos de la suplementación dietética de probióticos y simbióticos en algunos parámetros bioquímicos, histológicos, hematológicos y séricos de pollos de engorde a los 42 días de edad; en sus resultados histológicos mostraron que los pollos de engorde que se alimentaron con dietas suplementadas con probióticos y simbióticos tienen vellosidades más altas que el control.

Altaher, Jahromi, Ebrahim, Zulkifli, & Liang (2015) estudiaron el efecto probiótico de dos cepas de *Lactobacillus* en el rendimiento del crecimiento, la población microbiana cecal y el colesterol en la sangre de pollos de engorde; evidenciaron que la suplementación no afectó la GP, la conversión de alimento mejoró por la reducción en el CA, aumentó la población de LA y redujo la de *E. coli* en las muestras cecales.

Sri Harimurti & Hadisaputro (2015) estudiaron en pollos de engorde, el efecto después de 35 días de tratamiento con una mezcla de *Lactobacillus murinus* Ar3, *Streptococcus thermophilus* Kd2, y *Pediococcus acidilactici* Kp6, sobre la altura de la vellosidad intestinal, ancho de la vellosidad y profundidad de la cripta del duodeno, yeyuno e íleon. Observaron que el grupo suplementado con probióticos presentaron mayor altura, ancho de la vellosidad y mayor profundidad de la cripta intestinal que el grupo no suplementado con probióticos (control). Ellos referencian que el aumento fue debido a la formación de ácidos grasos de cadena corta inducida por los probióticos.

Abdel-Hafeez, Saleh, Tawfeek, Youssef, & Abdel-Daim (2017) investigaron los efectos de probióticos, prebióticos y simbióticos con y sin restricción de alimento en el rendimiento de los pollos de engorde, los parámetros sanguíneos, las características de la canal y el costo de producción del alimento de 1 a 56 días de edad; encontraron que los pollos alimentados con dietas suplementadas con probióticos, prebióticos y simbióticos mostraron mayor GP, mejor eficiencia alimenticia, menor costo de alimentación por kg de peso que los pollos alimentados con las dietas de control, sin influir en el RC.

Forte et al. (2018) evaluaron el efecto de una dieta con LA a los 42 días, obteniendo como resultados para el grupo con la levadura un mejor desempeño en términos de peso corporal, GP diaria y tasa de conversión de alimento, un mayor número de células caliciformes respecto al control, un aumento de la altura de la capa mucosa y la AltV, mientras que la profundidad de la cripta no se vio afectada.

3. METODOLOGÍA

3.1 LOCALIZACIÓN

EL trabajo se desarrolló en la universidad de los Llanos, sede Barcelona, ubicada en el kilómetro 12 vía Villavicencio-Puerto López, en la vereda Barcelona, del municipio de Villavicencio, en el departamento del Meta (Colombia). Se realizó en el Laboratorio de Histopatología de la Escuela de Ciencias Animales, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Este se encuentra a una altura de 420 m.s.n.m., con temperatura promedio de 28°C, precipitación anual de 4050 mm y humedad relativa promedio del 85%.

3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se usaron bloques parafinados obtenidos de muestras biológicas provenientes de pollos de engorde utilizados como ejemplares experimentales del proyecto “*Comportamiento fisiológico y productivo en pollos de engorde con el uso de probióticos*”. Los bloques correspondieron a duodeno, yeyuno, íleon y ciego. Los tejidos fueron procesados siguiendo los protocolos tradicionales de histotecnia para inclusión en parafina, posteriormente fueron cortados y coloreados con hematoxilina – eosina (H&E).

En el trabajo referenciado arriba, en cada segmento intestinal se utilizó 5 tratamientos correspondientes a: T1 sin probiótico, T2 con adición de *Saccharomyces cerevisiae* (SC), T3 con adición de *Lactobacillus acidophilus* (LA), T4 con adición de *Bacillus subtilis* (BS) y T5 mezcla de SC+LA+BS, asegurando concentración de 10^7 ufc/g de dieta experimental. El n fue de 5 animales para el T1 y para T2, T3, T4 y T5 de a 2 animales cada uno. Para el trabajo presente, se agruparon los animales de los tratamientos T2, T3, T4 y T5 en el GPbt.

Para evaluar el efecto sobre la vellosidad intestinal, en las placas histopatológicas coloreadas con H&E del Gctr y GPbt, se midió el número de CM, el número de criptas, el conteo del NCV y se observó la orientación de las vellosidades. El número de CM se obtuvo contando los núcleos en proceso de mitosis por campo (40x) en las criptas de las vellosidades intestinales. El total de células en mitosis se contó en 5 campos por sección del ID de cada animal del grupo experimental. El número de criptas fue contado en 1 mm, en 5 campos por sección intestinal en cada animal de cada grupo experimental. El conteo del NCV se realizó en 40x, contando los núcleos de las células epiteliales desde la base hasta el ápice de 5

vellosidades intestinales por sección del ID de cada animal del grupo experimental de acuerdo a la representación esquemática (Fortune-Lamothe & Boullier, 2004). La orientación de las vellosidades se determinó por cada placa histopatológica si era longitudinal o en Zigzag (Barrera, Rodríguez, & Torres, 2014).

Se correlacionaron los resultados obtenidos en el trabajo experimental y los resultados del proyecto *“Efectos de la adición de probióticos en la morfología intestinal en pollos de engorde”* correspondientes altura (AltV), ancho apical (AAp), ancho basal (Aba) y área de la vellosidad (AV), diámetro longitudinal (DLC), diámetro transversal (DTC) y área de la cripta (AC), y la producción de moco (PM), consumo de alimento (CA), la ganancia de peso (GP) y el rendimiento de la canal (RC) medido mediante la proporción de pechuga deshuesada (PPD) con respecto a la canal y la proporción de pierna-pernil (PPP) con respecto a la canal.

3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el diseño estadístico se construyeron bases de datos en Excel y luego se hizo una estadística paramétrica. La primera prueba que se hizo fue la prueba de normalidad que es el *“D’Agostino and Pearson omnibus and normality test”* para evaluar lo anteriormente mencionado. Una vez constatado el patrón de normalidad para esos fenómenos, el resultado de la prueba de Bartlett's test fue usado para verificar si las varianzas fueron equivalentes.

Cuando los datos no mostraron distribución normal dentro de cada momento de evaluación, fueron analizados mediante la prueba no paramétricas de “t” para muestras no pareadas y fué utilizado análisis de varianza de “Kruskall Wallis” seguida de la prueba “U” de Mann-Whitney. Todos los procedimientos estadísticos fueron realizados con el software GraphPad InStatÓ, versão 5.01 (1992-2007) y el grado capaz de revelar diferencia fué considerado a partir de $p < 0,05$. Fué medido el coeficiente de correlación de Pearson, para determinar la relación entre los parámetros productivos obtenidos del proyecto base con las modificaciones histomorfológicas de los grupos evaluados.

4. RESULTADOS

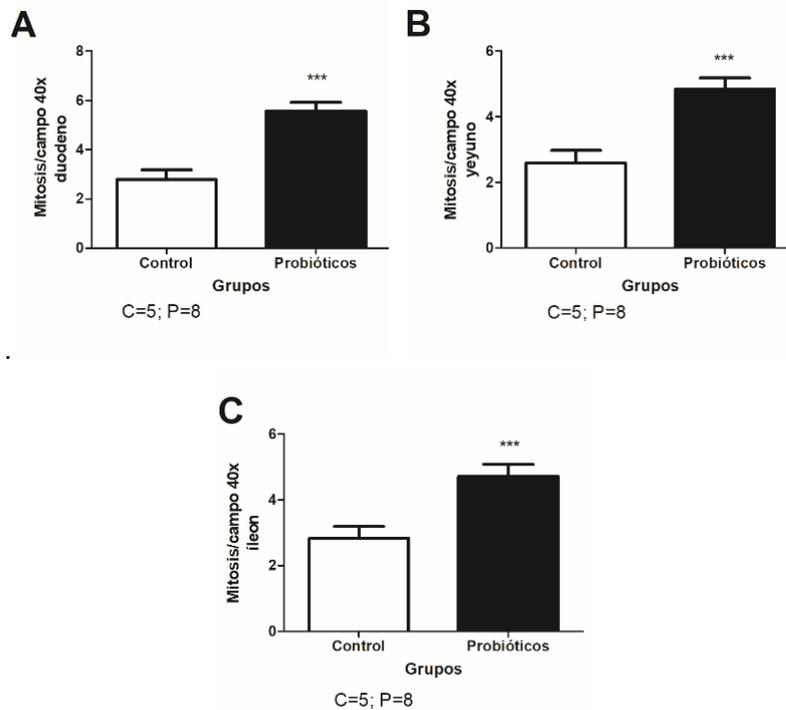
4.1 NÚMERO DE CÉLULAS EN MITOSIS

Al realizar la prueba de "t" no pareada, se muestra en la *Tabla 1* que el GPbt mostro un mayor número de CM en el duodeno ($p= 0,0003$) vs el GCtr, en el yeyuno ($p= 0,0012$) vs GCtr y en el íleon ($p= 0,0046$) vs GCtr. Esto evidencia un aumento significativo ($p<0,05$) en el número de CM en el GPbt en las 3 secciones del ID con respecto a sus respectivos controles (Ver *Gráfica 1*).

Tabla 1. Efecto de los probióticos sobre el número de células en mitosis en la cripta en pollos de engorde de 45 días de edad

Grupo	Sección del intestino		
	Duodeno	Yeyuno	Íleon
Control	2,8	2,6	2,8
Probiótico	5,6	4,6	4,6

Gráfica 1. Efecto de los probióticos sobre el número de células en mitosis en la cripta en pollos de engorde de 45 días de edad: Duodeno (A), yeyuno (B) e íleon (C).



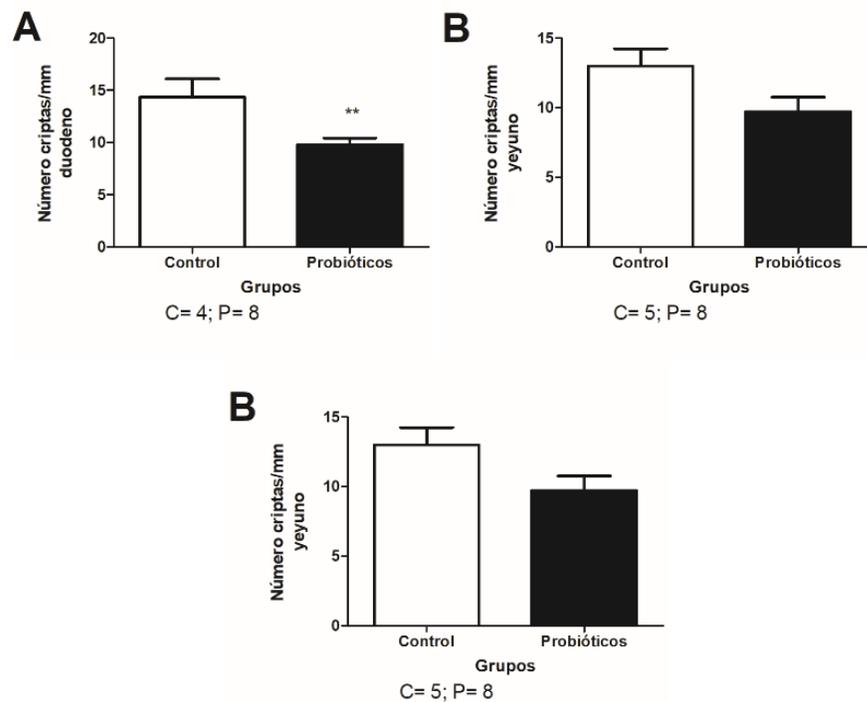
4.2 NÚMERO DE CRIPTAS

Con respecto al número de criptas de Lieberkühn, tabulado en la *Tabla 2*, la prueba de "t" no pareada reveló un menor número de criptas en el duodeno ($p=0,0121$) del GPbt vs GCtr (Ver *Gráfica 2*).

Tabla 2. Efecto de los probióticos sobre el número de criptas de Lieberkühn por mm en pollos de engorde de 45 días de edad

Grupo	Sección del intestino		
	Duodeno	Yeyuno	Íleon
Control	14,4	13,0	11,9
Probiótico	9,8	9,7	11,9

Gráfica 2. Efecto de los probióticos sobre el número de criptas de Lieberkühn por mm en pollos de engorde de 45 días de edad: Duodeno (A), yeyuno (B) e íleon (C).



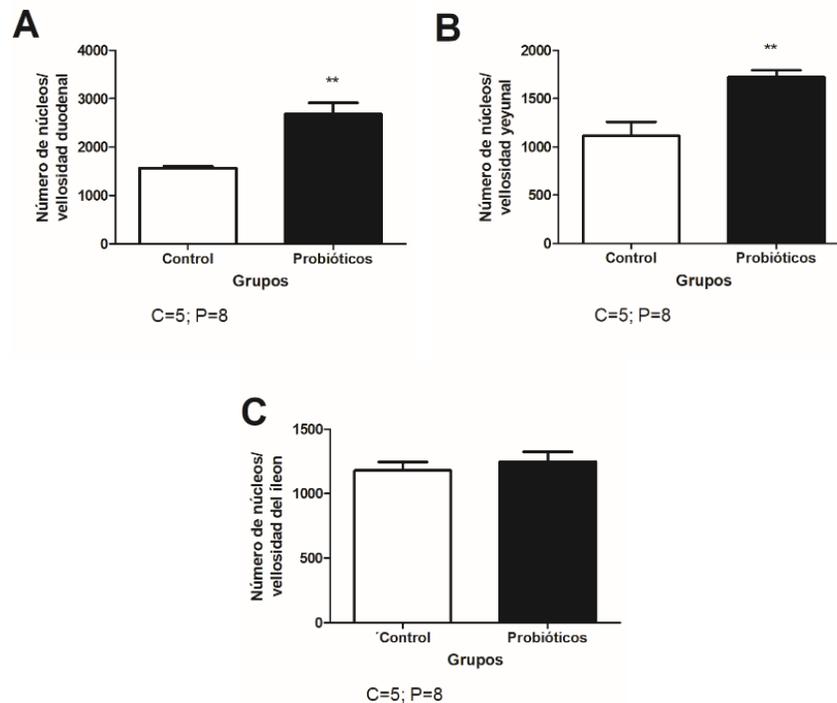
4.3 NÚMERO DE CÉLULAS POR VELLOSIDAD

Al hacer la prueba de “t” no pareada, como se evidencia en la *Tabla 3*, reveló un mayor NCV en duodeno ($p= 0,0039$) en el GPbt vs GCtr y en yeyuno ($p= 0,0018$) en el GPbt vs GCtr (Ver *Gráfica 3*).

Tabla 3. Efecto de los probióticos sobre el número de núcleos por vellosidad en pollos de engorde de 45 días de edad

Grupo	Sección del intestino		
	Duodeno	Yeyuno	Íleon
Control	1568	1112	1180
Probiótico	2679	1720	1245

Gráfica 3. Efecto de los probióticos sobre el número de núcleos por vellosidad en pollos de engorde de 45 días de edad: Duodeno (A), yeyuno (B) e íleon (C).



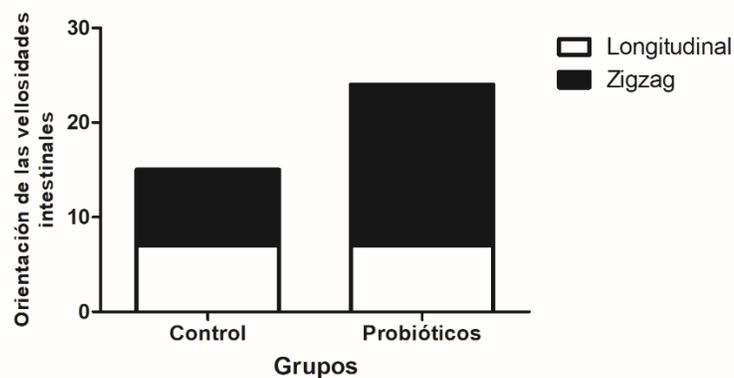
4.4 ORIENTACIÓN DE LAS VELLOSIDADES

La orientación de las vellosidades, analizado mediante la prueba exacta de Fisher's, no mostro una diferencia significativa entre el GCtr y GPbt (Ver *Gráfica 4*), pero si se observa una tendencia a aumentar el número de vellosidades en orientación en Zigzag en el GPbt (Ver *Tabla 4*).

Tabla 4. Efecto de los probióticos sobre la orientación de las vellosidades en pollos de engorde de 45 días de edad

Orientación	Grupo control	Grupo probiótico
Longitudinal	7	7
Zigzag	8	17

Gráfica 4. Efecto de los probióticos sobre la orientación de las vellosidades en pollos de engorde de 45 días de edad



Grupo Control con orientación longitudinal de vellosidades intestino delgado n=7; Grupo Control con orientación en zig-zag de vellosidades intestino delgado n=8;
 Grupo Probióticos con orientación longitudinal de vellosidades intestino delgado n= 7; Grupo Probióticos con orientación en zig-zag de vellosidades intestino delgado n=17

4.5 CORRELACIONES

Al hacer la correlación entre las variables histomorfológicas en el duodeno, yeyuno e íleon, la PM del ciego, las CM, el NCV y los PP con la PM en el ciego ninguna de las correlaciones presentó diferencia estadística significativa ($p < 0,05$).

En la tabla 5 se muestran las correlaciones con diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) obtenidas al correlacionar las variables histomorfológicas en el duodeno, yeyuno e íleon, la PM del ciego, el número de CM y el NCV con las variables histomorfológicas del duodeno en el GPbt.

Tabla 5. Correlaciones entre las variables histológicas de las tres secciones intestinales con las variables histológicas del duodeno con diferencia estadística significativa ($p < 0,05$).

Sección intestinal	Variable histológica	Vs	Sección intestinal	Variable histológica	r	P
Duodeno	AV		Duodeno	AltV	0,9430	0,0048 *
Duodeno	AltV		Duodeno	AAp	0,4735	0,0048 *
Duodeno	DLC		Duodeno	PM	-0,3204	<0,0001 ***
Yeyuno	AV		Duodeno	ABa	0,8117	0,0498
Yeyuno	AV		Duodeno	PM	0,8162	0,0476
Yeyuno	AAp		Duodeno	ABa	0,8681	0,0250
Íleon	NCV		Duodeno	AC	0,8628	0,0269

AV, área de la vellosidad; AltV, altura de la vellosidad; ABa, ancho basal; AAp, ancho apical; AC, área de la cripta; DLC, diámetro longitudinal de la cripta; NCV, número de células por vellosidad. * $P < 0,01$. *** $P < 0,0001$.

En la tabla 6 se muestran las correlaciones con diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) obtenidas al correlacionar las variables histomorfológicas en el duodeno, yeyuno e íleon, la PM del ciego, el número de CM y el NCV con las variables histomorfológicas del yeyuno en el GPbt.

Tabla 6. Correlaciones entre las variables histológicas de las tres secciones intestinales con las variables histológicas del yeyuno con diferencia estadística significativa ($p < 0,05$).

Sección intestinal	Variable histológica	Vs	Sección intestinal	Variable histológica	r	P
Duodeno	ABa		Yeyuno	AV	0,8117	0,0498
Duodeno	ABa		Yeyuno	AAp	0,8681	0,0250
Duodeno	PM		Yeyuno	AV	0,8162	0,0476
Yeyuno	AV		Yeyuno	AltV	0,9514	0,0035 *
Yeyuno	AV		Yeyuno	AAp	0,9471	0,0041 *
Yeyuno	AV		Yeyuno	AC	-0,8170	0,0471
Yeyuno	AltV		Yeyuno	AAp	0,8560	0,0035 *
Yeyuno	AAp		Yeyuno	AltV	0,8560	0,0296
Yeyuno	AC		Yeyuno	AV	-0,8170	0,0471
Yeyuno	AC		Yeyuno	DLC	0,8640	0,0265
Yeyuno	DLC		Yeyuno	AC	0,8640	0,0265
Yeyuno	DLC		Yeyuno	PM	-0,7714	<0,0001 ***
Íleon	AltV		Yeyuno	AV	-0,8562	0,0295
Íleon	AltV		Yeyuno	AltV	-0,8588	0,0285
Íleon	AltV		Yeyuno	AAp	-0,9129	0,0110
Íleon	AV		Yeyuno	DTC	0,8369	0,0377
Íleon	DLC		Yeyuno	AC	-0,8180	0,0467

AV, área de la vellosidad; AltV, altura de la vellosidad; ABa, ancho basal; AAp, ancho apical; AC, área de la cripta; DLC, diámetro longitudinal de la cripta; DTC, diámetro transversal de la cripta; PM, producción de moco.

* $P < 0,01$. *** $P < 0,0001$.

En la tabla 7 se muestran las correlaciones con diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) obtenidas al correlacionar las variables histomorfológicas en el duodeno, yeyuno e íleon, la PM del ciego, el número de CM y el NCV con las variables histomorfológicas del íleon en el GPbt.

Tabla 7. Correlaciones entre las variables histológicas de las tres secciones intestinales con las variables histológicas del íleon con diferencia estadística significativa ($p < 0,05$).

Sección intestinal	Variable histológica	Vs	Sección intestinal	Variable histológica	r	P
Duodeno	NCV		Íleon	ABa	0,8612	0,0276
Duodeno	NCV		Íleon	PM	0,8232	0,0441
Yeyuno	AV		Íleon	AltV	-0,8562	0,0295
Yeyuno	AltV		Íleon	AltV	-0,8588	0,0285
Yeyuno	AAp		Íleon	AltV	-0,9129	0,0110
Yeyuno	AC		Íleon	DLC	-0,8180	0,0467
Yeyuno	DTC		Íleon	AV	0,8369	0,0377
Yeyuno	CM		Íleon	AC	-0,8131	0,0491
Íleon	ABa		Íleon	AV	0,8470	0,0333
Íleon	AC		Íleon	ABa	-0,3963	0,0009 **
Íleon	AC		Íleon	PM	0,1480	0,0009 **
Íleon	DLC		Íleon	AC	0,9750	0,0009 **
Íleon	DLC		Íleon	PM	0,2793	<0,0001 ***

AV, área de la vellosidad; AltV, altura de la vellosidad; ABa, ancho basal; AAp, ancho apical; AC, área de la cripta; DLC, diámetro longitudinal de la cripta; DTC, diámetro transversal de la cripta; PM, producción de moco.

** $P < 0,001$. *** $P < 0,0001$.

En la tabla 8 se muestran las correlaciones con diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) obtenidas al correlacionar las variables histomorfológicas en el duodeno, yeyuno e íleon, la PM del ciego, el número de CM y el NCV con el número de células en mitosis en las tres secciones intestinales en el GPbt.

Tabla 8. Correlaciones entre las variables histológicas de las tres secciones intestinales con el número de células en mitosis en la cripta en las tres secciones intestinales con diferencia estadística significativa ($p < 0,05$).

Sección intestinal	Variable histológica	Vs	Sección intestinal	Variable histológica	r	P
Duodeno	CM		Íleon	CM	0,9414	0,0058 *
Yeyuno	CM		Duodeno	CM	0,9369	0,0050 *
Yeyuno	CM		Íleon	CM	0,9712	0,0012 *
Íleon	AC		Yeyuno	CM	-0,8131	0,0491
Íleon	CM		Duodeno	CM	0,9414	0,0058 *

AC, área de la cripta; CM, células en mitosis. * $p < 0,01$.

En la tabla 9 se muestran las correlaciones con diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) obtenidas al correlacionar las variables histomorfológicas en el duodeno, yeyuno e íleon, la PM del ciego, el número de CM y el NCV con el número de células por vellosidad en las tres secciones intestinales en el GPbt.

Tabla 9. Correlaciones entre las variables histológicas de las tres secciones intestinales con el número de células por vellosidad en las tres secciones intestinales con diferencia estadística significativa ($p < 0,05$).

Sección intestinal	Variable histológica	Vs	Sección intestinal	Variable histológica	r	P
Duodeno	AC		Íleon	NCV	0,8628	0,0269
Íleon	ABa		Duodeno	NCV	0,8612	0,0276
Íleon	DTC		Duodeno	NCV	0,8232	0,0441

ABa, ancho basal; AC, área de la cripta; DTC, diámetro transversal de la cripta; NCV, número de células por vellosidad.

En la tabla 10 se muestran las correlaciones con diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) obtenidas al correlacionar los parámetros productivos con las variables histomorfológicas en el duodeno, yeyuno e íleon, la PM del ciego, el número de CM y el NCV en el GPbt.

Tabla 10. Correlaciones entre los parámetros productivos con las variables histológicas en las tres secciones intestinales con diferencia estadística significativa ($p < 0,05$).

Parámetro productivo	Vs	Sección intestinal	Variable histológica	r	P
CA		Duodeno	CM	0,8413	0,0358
CA		Yeyuno	AC	0,8184	0,0465
CA		Yeyuno	CM	0,8991	0,0147
GP		Íleon	PM	-0,9134	0,0109
PPD		Íleon	DTC	0,8464	0,0336
PPP		Yeyuno	AV	-0,8200	0,0457
PPP		Yeyuno	DLC	0,8157	0,0478

CA, consumo de alimento; GP, ganancia de peso; PPD, porción de pechuga deshuesada; PPP, porcentaje de pierna-pernil; AV, área de la vellosidad; AC, área de la cripta; DLC, diámetro longitudinal de la cripta; DTC, diámetro transversal de la cripta; PM, producción de moco; CM, células en mitosis.

En la tabla 11 se muestran las correlaciones con diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) obtenidas al correlacionar las variables histomorfológicas en el duodeno, yeyuno e íleon, la PM del ciego, el número de CM y el NCV con los parámetros productivos en el GPbt.

Tabla 11. Correlaciones entre las variables histológicas de las tres secciones intestinales con los parámetros productivos con diferencia estadística significativa ($p < 0,05$).

Sección intestinal	Variable histológica	Vs	Parámetro productivo	r	P
Duodeno	CM		CA	0,8413	0,0358
Yeyuno	AV		PPP	-0,8200	0,0457
Yeyuno	AC		CA	0,8184	0,0465
Yeyuno	AC		PPP	0,9875	0,0002 **
Yeyuno	DLC		PPP	0,8157	0,0478
Íleon	DTC		PPD	0,8464	0,0336
Íleon	PM		GP	-0,9134	0,0109
Íleon	CM		CA	0,7830	0,0147

CA, Consumo de alimento; GP, ganancia de peso; PPD, porción de pechuga deshuesada; PPP, porcentaje de pierna-pernil; AV, área de la velloidad; AC, área de la cripta; DLC, diámetro longitudinal de la cripta; DTC, diámetro transversal de la cripta; PM, producción de moco; CM, células en mitosis.

** $P < 0,001$.

En la tabla 12 se muestran las correlaciones con diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) obtenidas al correlacionar los parámetros con si mismos en el GPbt.

Tabla 12. Correlaciones entre los parámetros productivos con diferencia estadística significativa ($p < 0,05$).

Parámetro productivo	Vs	Parámetro productivo	r	P
PPP		CA	0,8593	0,0283
CA		PPP	0,8593	0,0283

CA, Consumo de alimento; PPP, porcentaje de pierna-pernil.

5. DISCUSIÓN

Las vellosidades intestinales están recubiertas por epitelio simple columnar constituido por enterocitos, células caliciformes y células entero endocrinas, responsables de la digestión final y absorción, producción de moco y control de la actividad celular del epitelio, respectivamente. Estas células son originarias de células totipotentes, localizadas en las criptas, cuyas células descendientes se diferencian dando origen a los diferentes tipos celulares que componen el epitelio (Rocha, Barros, & Evêncio-Neto, 2016). Las células epiteliales originadas en la PC de la cripta-vellosidad, migran a lo largo de la superficie de las vellosidades hacia la punta y son descamadas en la luz intestinal (Samanya & Yamauchi, 2002). El tiempo necesario para que esto ocurra es llamado recambio celular (Furlan, Macari, & Luquetti, 2004).

En los resultados de esta investigación se observó una mayor cantidad de CM en las tres secciones del ID. Estudios anteriores han demostrado resultados similares, mostrando que los probióticos estimulan una mayor PC que los controles a única dosis (Samanya & Yamauchi, 2002) o a múltiples dosis en el duodeno, yeyuno e íleon (Ghosia et al., 2011). Este incremento en la PC por efecto de los probióticos está asociado a una reducción en la producción de amoníaco, que tiene efectos deletéreos en el intestino (Samanya & Yamauchi, 2002) y por la producción de ácidos grasos de cadena corta, como el ácido butírico, que funciona como una fuente de energía para las células en el intestino (Beski & Al-Sardary, 2015; Ghosia et al., 2011) y estimulan la PC del epitelio intestinal (Harimurti & Hadisaputro, 2015b). También, es posible que el incremento en el número de CM, estimule por sí mismo la PC en otras secciones, hipótesis que tendría que ser probada en un proyecto de investigación. Esto se vio pues las correlaciones positivas mostraron que cuando en una sección intestinal aumenta la PC, en las otras también lo hace. Esto podría estar relacionado con sustancias que estarían comunicando estas secciones y estimulando a la PC, llamados *mitogenos*. Por citar un ejemplo, el sistema de las IGF (Factor de crecimiento insulínico), que es un eje regulador endocrino, paracrino y autocrino para la estimulación de la PC y el mantenimiento de la supervivencia celular mediante la reducción de la apoptosis en el tracto gastrointestinal, entre otros órganos (Kuemmerle, 2012). Sin embargo, hace falta más investigaciones para observar las interacciones entre las secciones intestinales en lo que concierne a la PC, y con respecto al efecto que podrían tener los probióticos en estas.

Estudios relacionan un aumento en la AltV y AC con un incremento en el recambio celular (Allahdo et al., 2018; Awad et al., 2009; Harimurti & Hadisaputro, 2015b; Luquetti, Furlan, Alarcon, & Macari, 2012). Estos resultados se asemejan a los resultados de este estudio en los que se observa una mayor AC en el duodeno ($p=0,0189$) en el GPbt ($3239 \pm 209,9 \mu\text{m}^2$) vs GCtr ($2140 \pm 340,2 \mu\text{m}^2$) y en el yeyuno ($p=0,0068$) en el GPbt ($3738 \pm 350,5 \mu\text{m}^2$) vs control ($2243 \pm 202,4 \mu\text{m}^2$), un mayor AV en el duodeno ($p=0,0127$) del GPbt ($368700 \pm 47170 \mu\text{m}^2$) vs GCtr ($200300 \pm 10910 \mu\text{m}^2$), mayor ABa en el duodeno ($p=0,0049$) en el GPbt ($155,4 \pm 13,90 \mu\text{m}$) vs GCtr ($103,9 \pm 8,74 \mu\text{m}$) y mayor AAp en el duodeno ($p=0,0024$) del GPbt ($90,62 \pm 5,205 \mu\text{m}$) vs GCtr ($61,13 \pm 4,490 \mu\text{m}$). Sin embargo, al hacer las correlaciones entre las variables histológicas de las tres secciones intestinales con el número de células en mitosis no se obtuvo un Valor de P significativo con ninguna de estas variables histológicas, por lo que se podría decir que la PC no afectó significativamente las variables de AC, AltV, AV, ABa y AAp. La única excepción se observó en la correlación negativa mutua entre AC del íleon con la PC del yeyuno ($r=-0,8131$; $P=0,0491$). Esto puede estar relacionado con la menor actividad digestiva del íleon. La mayor digestión y absorción de carbohidratos, lípidos y proteínas se realiza en el duodeno y yeyuno, mientras la de los minerales y vitaminas ocurre en las 3 secciones intestinales, a excepción de la vitamina B12 que es absorbida en el íleon (Estrada Pareja, 2011). Esto evidencia que al aumentar la PC en el yeyuno, que es un indicativo de la actividad de la vellosidad, hay una disminución de la actividad fisiológica del íleon por la menor llegada de nutrientes a esta región, lo cual podría determinar la disminución del AC.

Al correlacionar la PC con los PP, hubo correlación positiva entre el CA y el número de CM, no se encontró correlación significativa en el resto de PP. A pesar de esta relación estadística, cuantitativamente no se observó un aumento del CA diario en el GPbt (130,2 g) con respecto al GCtr (128,7 g). Este resultado tiene similitud con otros estudios donde tampoco se obtiene diferencias estadísticas (Allahdo et al., 2018; Rodjan et al., 2018; Samanya & Yamauchi, 2002; Sarangi et al., 2016). A diferencia de esto, otros estudios mostraron una reducción del CA (Altaher et al., 2015), una disminución o incremento dosis dependiente (Ghosia et al., 2011) o un aumento en el CA (Harimurti & Hadisaputro, 2015b; Poorghasemi, Chamani, Mirhosseini, Sadeghi, & Seidavi, 2018). Los aumentos en el CA fueron relacionados con un entorno favorable para el crecimiento y la multiplicación de los probióticos (Zarei, Lavvaf, & Motlagh, 2017) o con un aumento en la expresión de los genes para la grelina, dando como resultado un aumento en el CA y mejora de la GP (Poorghasemi et al., 2018). Hace falta estudios más a fondo del mecanismo de acción de los probióticos en el CA y la relación de este con la PC.

Con lo que respecta al RC no se observaron diferencias significativas en el GPbt vs el GCtr, resultado similar a otros trabajos (Abdel-Hafeez et al., 2017; Allahdo et al., 2018; Awad et al., 2009; Poorghasemi et al., 2018; Qorbanpour et al., 2018; Sarangi et al., 2016) o una mejora en el RC (Harimurti & Hadisaputro, 2015b). Sin embargo, al hacer las correlaciones, el PPP tuvo una correlación mutua positiva con el consumo de alimento. Se ha observado que hay una relación entre un RC óptimo y el CA (Arbor Acres, 2009). La PPD crece con el aumento en el peso de un 21,05% a un 23,62%, mientras que el PPP de 23,25% a 24,38% de la canal eviscerada (ROSS An Aviagen Brand, 2017). Esto es explicado por la composición nutricional de estas dos porciones. La PPD y la PPP tienen un porcentaje de proteína de 23,7% y 19,9%, y de grasa de 1,4% y 5,3%, respectivamente (Gallinger et al., 2016). Esto evidencia la mayor necesidad proteica de la pechuga para aumentar su masa muscular. Genéticamente la pechuga está codificada a tener una mayor GP, por lo que una importante porción del CA va destinada a su incremento; sin embargo este no puede salirse de los límites fisiológicos. Por otro lado, un aumento en el CA podría causar un exceso de nutrientes energéticos que el hígado transforma en grasa y envía a tejidos de deposito, como lo son paquetes musculares como la pierna-pernil, aumentando el PPP. Para obtener este exceso no solo se necesita un mayor CA, sino también un incremento en la digestión y absorción. A favor de lo anterior, se vio una correlación positiva entre el AC y el CA en el yeyuno. Es posible que el probiótico al mejorar la PC estimule indirectamente el AC, pero además, una mayor disponibilidad de nutrientes por el mayor CA va a estimular una mayor actividad de las secciones intestinales que más intervengan en el proceso digestivo, como lo es el yeyuno. Numéricamente hubo un mayor AC en duodeno ($p=0,0189$) del GPbt ($3239 \pm 209,9 \mu\text{m}^2$) vs GCtr ($2140 \pm 340,2 \mu\text{m}^2$) y en yeyuno ($p=0,0068$) del GPbt ($3738 \pm 350,5 \mu\text{m}^2$) vs GCtr ($2243 \pm 202,4 \mu\text{m}^2$). Sin embargo, el yeyuno está encargado de la mayor absorción de carbohidratos y, junto con el duodeno, de aminoácidos (Estrada Pareja, 2011), lo que explica porque el AC de esta sección influyo más la PPP.

Al realizar el conteo del NCV se obtuvo un mayor NCV en el duodeno y yeyuno en el GPbt. En la literatura se encuentran resultados diferentes en el yeyuno con 848 ± 189 NCV (WPSA, n.d.). En pollitos Arbor Acres, se ha observado un aumento en el NCV entre los 4 y 10 días post-eclosión en el duodeno y yeyuno (Uni, Noy, & Sklan, 1995). Estudios en pavos evidencian un aumento en el NCV del duodeno y yeyuno (Aproximadamente 800 y 650 NCV respectivamente) con respecto al íleon (Aproximadamente 200 NCV) a las 2 semanas post-eclosión (Uni, Noy, & Sklan, 1999). Este aumento en el NCV del duodeno y yeyuno podría deberse a que estas dos secciones tuvieron un mayor número de CM. Sin embargo al hacer las correlaciones, el NCV del duodeno tuvo una correlación positiva con el ABA y con

el DTC del íleon, mientras que el NCV del íleon tuvo una correlación positiva con el AC del duodeno. Esto evidencia una posible comunicación y estimulación mutua entre las criptas, la PC y el NCV principalmente en estas dos secciones intestinales. A pesar de esto, hubo un aumento del AC y el NCV en el duodeno pero no en el íleon del GPbt con respecto al GCtr. Hacen falta más estudios para determinar la razón de esta interacción.

Al correlacionar el AV y los factores que intervienen en esta (AltV, AAp y ABa) se encontró en el duodeno y yeyuno que el AV está determinado por la AltV y el AAp, mientras que en el íleon el ABa fue la variable que más afectó el AV. En el duodeno el incremento del AV del GPbt fue significativamente mayor al control con incremento del AAp y el ABa, pero no de la AltV. Esto podría significar que los probióticos en el duodeno tienden a incrementar el ancho de la vellosidad y no la altura, posiblemente porque, esta es la sección con la mayor AltV, por lo que esta variable no puede ser incrementada más. Por otro lado, en el yeyuno, a pesar de que la AltV y AAp estuvieron relacionados positivamente con el AV, no incrementaron lo suficiente como para incrementar el AV del GPbt con respecto al GCtr. Otra relación positiva se vio entre el ABa del duodeno y el AAp y el AV del yeyuno. Es posible que exista una interacción entre estas dos secciones, probablemente mediada por la PC, que modifique el ancho en estas dos secciones del ID. Por otro lado, existió una correlación negativa mutua con la AltV del íleon y la AltV, AAp y AV del yeyuno. Probablemente esto sea un efecto regulatorio por parte del íleon, este al recibir menor cantidad de nutrientes, pues se están aprovechando de manera eficiente en las dos porciones anteriores, aparte de disminuir virtualmente su tamaño, enviaría señales al yeyuno para que este aumente su PC y estimule una mayor eficiencia de la digestión, pero no se tienen referencias que avalen esta explicación.

Al contrastar los resultados de este estudio con otros trabajos, en general, los efectos de los probióticos en el AV presentan discrepancias, mostrando no tener efectos significativos (Hosseini, Chamani, Mousavi, Hosseini, & Sadeghi, 2018; Morales López, 2007) o tener efectos positivos (Bai et al., 2018; Harimurti & Hadisaputro, 2015b). En estos tres estudios, cuando hubo diferencias estadísticas en la AltV se observó también en el AV. Con respecto a la AltV, estudios que evaluaron una o dos secciones intestinales evidenciaron un efecto no significativo en el duodeno (Awad et al., 2009; González Puetate, 2016; Rodjan et al., 2018), en el yeyuno (Hosseini et al., 2018; Samanya & Yamauchi, 2002) y en el íleon (Awad et al., 2009; Hosseini et al., 2018) o un efecto positivo en la AltV en el duodeno (Poorghasemi et al., 2018; Samanya & Yamauchi, 2002), yeyuno (Bai et

al., 2018; Hedayati & Manafi, 2018; Poorghasemi et al., 2018) e íleon (Bai et al., 2018; Beski & Al-Sardary, 2015; Forte et al., 2018; Hedayati & Manafi, 2018; Samanya & Yamauchi, 2002; Zarei et al., 2017). En estudios hechos en las tres secciones, los probióticos no afectaron la AltV y el ancho de la vellosidad (Allahdo et al., 2018) o por el contrario aumentaron la AltV (Al-Sultan, Abdel-Raheem, El-Ghareeb, & Mohamed, 2016) y también el ancho de la vellosidad (Chávez, López, & Parra, 2016) (Harimurti & Hadisaputro, 2015a). Comparando el ancho de la vellosidad, estudios que evaluaron una o dos secciones intestinales evidenciaron un efecto no significativo en el duodeno (González Puetate, 2016) o bien un efecto positivo en el duodeno (Barrera et al., 2014) y yeyuno (Poorghasemi et al., 2018) o en el yeyuno e íleon (Bai et al., 2018). En estudios de las tres secciones se ha visto que los probióticos bien pueden no tener efecto significativo (Allahdo et al., 2018) o tener un efecto positivo (Chávez et al., 2016). Las discrepancias encontradas en la literatura y con respecto a lo reportado en este estudio, podrían ser explicadas por el tipo de probiótico utilizado, concentración del mismo, vía de administración. En este estudio se usaron como base tres probióticos diferentes y la mezcla de los mismos, lo cual puede generar efectos sinérgicos o antagónicos, entre otras múltiples variables no controladas.

Aparte del AV, otro factor que puede influir en la absorción de nutrientes es la orientación de las vellosidades. Aunque el GPbt tuvo una mayor cantidad de vellosidades en orientación de zigzag, sin revelar diferencias estadísticas con relación al GCtr. Se puede inferir que al tener éste tipo de orientación, el tránsito intestinal se hace más lento y hay una mejor digestibilidad absorción y digestibilidad (Barrera et al., 2014; Nicoletti, Flores Quintana, Terraes, & Kuttel, 2010) y además, incrementa el área de absorción en comparación de una orientación lineal y, por ende, mayores serán los PP.

Al correlacionar el AC se encontró que en el yeyuno está influenciada positivamente es por el DLC, mientras que en el íleon es una relación negativa. Esto podría evidenciar que el AC en el yeyuno está afectada por la profundidad de la cripta, sin embargo en el íleon es una relación inversa, lo que explicaría que no hubo diferencia estadística en el íleon en el GPbt con respecto al GCtr. En el duodeno y en el yeyuno hubo mayor AC en el GPbt que en el GCtr. Comparado con estudios hechos en las tres secciones, los probióticos mostraron efectos muy diferentes en la profundidad de la cripta, afectando positivamente en todo el ID (Chávez et al., 2016; Harimurti & Hadisaputro, 2015b), solo el íleon (Allahdo et al., 2018) o por el contrario causando una disminución en las tres secciones (Al-Sultan et al., 2016). Con respecto a la profundidad de la cripta, estudios que evaluaron

una o dos secciones intestinales evidenciaron un efecto no significativo en el duodeno (Awad et al., 2009; González Puetate, 2016; Hosseini et al., 2018; Rodjan et al., 2018), en el yeyuno (Hosseini et al., 2018; Poorghasemi et al., 2018) y en el íleon (Forte et al., 2018; Poorghasemi et al., 2018), un aumento de la profundidad de la cripta en el yeyuno e íleon (Bai et al., 2018), o un efecto negativo disminuyendo la profundidad de la cripta del duodeno (Hedayati & Manafi, 2018; Poorghasemi et al., 2018), yeyuno (Hedayati & Manafi, 2018) e íleon (Awad et al., 2009; Zarei et al., 2017). Las diferencias encontradas en la literatura y con respecto a lo reportado en este estudio, podrían ser explicadas por el tipo de probiótico utilizado, concentración del mismo, vía de administración, entre otros factores agregados.

Por otro lado también se vio una correlación positiva del AV del íleon con respecto al DTC, pero faltarían más estudios para explicar esta interacción. Asimismo, se vio una relación negativa mutua en el yeyuno entre el AV y el AC, siendo para este caso a favor del AC que creció significativamente, en cambio el AV no se vio afectada. Esto podría demostrar que los probióticos tuvieron un efecto estimulador del AC y por ende mejoraron la digestión enzimática. Comparado con otros estudios en todo el ID, se obtuvieron resultados diferentes en los que no hubo diferencias significativas en ninguna sección del ID (Allahdo et al., 2018) o efecto positivo a favor del AV en las tres secciones (Al-Sultan et al., 2016). En estudios donde se evaluaron una o dos secciones intestinales se encontró que no hubo diferencias significativas en el duodeno (Hedayati & Manafi, 2018; Hosseini et al., 2018; Rodjan et al., 2018) y yeyuno (Hosseini et al., 2018) o un efecto positivo a favor del AV en el duodeno (Awad et al., 2009; Poorghasemi et al., 2018), en el yeyuno (Hedayati & Manafi, 2018; Poorghasemi et al., 2018) e íleon (Awad et al., 2009; Zarei et al., 2017), pero no se encontraron estudios donde se observe una relación a favor del AC, siendo este estudio el primero de las referencias en reportar este hallazgo. Siendo la cripta la productora del jugo intestinal y enzimas, un incremento en el área de esta mejoraría de forma importante el proceso digestivo. Pero hacen falta más estudios para evaluar el efecto directo de los probióticos en la cripta.

Con respecto a la PM, el DLC tuvo una correlación negativa en la PM, sin embargo, esta se vio aumentada en duodeno ($p= 0,0480$) del GPbt ($14,48 \pm 1,642$ %) vs control ($8,674 \pm 0,9708$ %) y yeyuno ($p= 0,0480$) en el GPbt ($18,02 \pm 1,482$ %) vs control ($11,50 \pm 1,681$ %). Resultados similares se obtuvieron por Forte et al., (2018) y Rodjan et al., (2018). Esto puede evidenciar que el tamaño de la cripta no estuvo relacionado con la PM y que la función de las células caliciformes fue estimulada por el probiótico directamente para aumentar la PM.

6. CONCLUSIÓN

De los resultados obtenidos en esta investigación se puede concluir que los probióticos tienen un efecto benéfico en la PC, NCV, AV, AC y PM, pero sin afectar el CA y la GP.

Las correlaciones evidenciaron que la actividad de la cripta del yeyuno tiene una relación positiva con el DLC del yeyuno y los PP como lo son el CA y PPP, pero negativa con el AV del yeyuno y el DLC del íleon. También se observó que el íleon tiene tendencias a disminuir su funcionalidad con la administración de los probióticos, pero aumentando la de los dos segmentos anteriores. Se debe estudiar a futuro sobre las interacciones que hay entre los distintos segmentos del ID que interrelacionan cada variable histomorfológica.

Sin embargo, se requieren más estudios que muestren y correlacionen los efectos de los probióticos en la vellosidad, en la cripta, en la relación cripta-vellosidad y posibles regulaciones entre las secciones del ID en múltiples variables histomorfológicas.

BIBLIOGRAFIA

- Abdel-Hafeez, H. M. }, Saleh, E. S. E., Tawfeek, S. S., Youssef, I. M. I., & Abdel-Daim, A. S. A. (2017). Effects of probiotic, prebiotic, and synbiotic with and without feed restriction on performance, hematological indices and carcass characteristics of broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 30(5), 672–682.
- Al-Sultan, S. I., Abdel-Raheem, S. M., El-Ghareeb, W. R., & Mohamed, M. H. A. (2016). Comparative effects of using prebiotic, probiotic, synbiotic and acidifier on growth performance, intestinal microbiology and histomorphology of broiler chicks. *Japanese Journal of Veterinary Research*, 64(2), 187–195. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/2115/62006>
- Allahdo, P., Ghodratty, J., Zarghia, H., Saadatfar, Z., Kermanshahia, H., & Edalatian Dovomc, M. R. (2018). Effect of probiotic and vinegar on growth performance, meat yields, immune responses, and small intestine morphology of broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 17(3), 675–685.
- Altaher, Y., Jahromi, M., Ebrahim, R., Zulkifli, I., & Liang, J. (2015). Lactobacillus Pentosus Ita23 and L. Acidipiscis Ita44 Enhance Feed Conversion Efficiency and Beneficial Gut Microbiota in Broiler Chickens. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 17(2), 159–164. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/1516-635x1702159-164>
- Arbor Acres. (2009). *Guía de manejo del pollo de engorde*.
- Awad, W., Ghareeb, K., Abdel-Raheem, S. M., & Böhm, J. (2009). Effects of dietary inclusion of probiotic and synbiotic on growth performance, organ weights, and intestinal histomorphology of broiler chickens. *Poultry Science*, 88(1), 49–55. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00244>
- Bai, K., Feng, C., Jiang, L., Zhang, L., Zhang, J., Zhang, L., & Wang, T. (2018). Dietary effects of Bacillus subtilis fmbj on growth performance, small intestinal morphology, and its antioxidant capacity of broilers. *Poultry Science*, 97, 2312–2321. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3382/ps/pey116>
- Barrera, M. H., Rodríguez, S. P., & Torres, G. (2014). Efectos de la adición de ácido cítrico y un probiótico comercial en el agua de bebida, sobre la morfometría del duodeno y parámetros zootécnicos en pollo de engorde. *Orinoquia*, 18(2).
- Beski, S. S. M., & Al-Sardary, S. Y. T. (2015). Effects of Dietary Supplementation of Probiotic and Synbiotic on Broiler Chickens Hematology and Intestinal Integrity. *International Journal of Poultry Science*, 14(1), 31–36.
- Cepero, R. (2005). Retirada de los antibióticos promotores de crecimiento en la unión europea: causas y consecuencias. *AECA, Boletín Semanal*. Retrieved

- from http://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/wpsa1142587453a.pdf
- Chávez, L. A., López, A., & Parra, J. E. (2016). Crecimiento y desarrollo intestinal de aves de engorde alimentadas con cepas probióticas. *Arch. Zootec.*, *65*(249), 51–58.
- Díaz López, E. A., Ángel Isaza, J., & Ángel B., D. (2017). Probióticos en la avicultura: una revisión. *Revista de Medicina Veterinaria*, (35), 175–189. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.19052/mv.4400>
- Estrada Pareja, M. M. (2011). *Anatomía y fisiología aviar*.
- FAO. (2009). *Glossary on Organic Agriculture*. Roma. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/012/k4987t/k4987t00.htm>
- FAO, & OPS. (2017). *Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en américa latina y el caribe*. Santiago de Chile. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i7914s.pdf>
- FAO, & WHO. (2006). *Probiotics in food. Health and nutritional properties and guidelines for evaluation*. Roma: Food and nutrition paper. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-a0512e.pdf>
- Faseleh jahromi, M., Wesam Altaher, Y., Shokryazdan, P., Ebrahimi, R., Ebrahimi, M., Idrus, Z., ... Liang, J. boo. (2016). Dietary supplementation of a mixture of Lactobacillus strains enhances performance of broiler chickens raised under heat stress conditions. *International Journal of Biometeorology*, *60*(7), 1099–1110. <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1103-x>
- FENAVI. (2018). 6,7% aumentó la producción avícola. Retrieved October 10, 2018, from <http://fenavi.org/comunicados-de-prensa/67-aumento-la-produccion-avicola/>
- Forte, C., Manuali, E., Abbate, Y., Papa, P., Vieceli, L., Tentellini, M., ... Moscati, L. (2018). Dietary Lactobacillus acidophilus positively influences growth performance, gut morphology, and gut microbiology in rurally reared chickens. *Poultry Science*, *97*(3), 930–936. <https://doi.org/10.3382/ps/pex396>
- Fortune-Lamothe, L., & Boullier, S. (2004). Interactions between gut microflora and digestive mucosal immunity, and strategies to improve digestive health in young rabbits. *8th World Rabbit Congress*, 1035–1067.
- Furlan, R. L., Macari, M., & Luquetti, B. C. (2004). Como avaliar os efeitos do uso de prebióticos, probióticos e flora de exclusao competitiva. *5º Simpósio Técnico de Incubação, Matrizes de Corte e Nutrição*, 23.
- Gallinger, C. I., Federico, F. J., Pighin, D. G., Cazaux, N., Trossero, M., Marsó, A., & Sinesi, C. (2016). Determinación de la composición nutricional de la carne de pollo argentina. *DIAETA (B.Aires)*, *34*(156), 10–18.

- Ghosia, L., Akhtar, A., Ahmad, I., & Muhammad, S. (2011). Effects of Probiotic on the Intestinal Morphology with Special Reference to the Growth of Broiler. *Journal-Chemical Society of Pakistan*, 33(1), 129–133.
- González Lázaro, M. (2014). *Caracterización bioquímica y biotecnológica de la levadura Saccharomyces cerevisiae GL15*. Universidad de la Rioja. Retrieved from https://biblioteca.unirioja.es/tfe_e/TFE000802.pdf
- González Puetate, I. R. (2016). *Evaluación de probióticos sobre los índices productivos y la morfometría de las vellosidades intestinales en pollos de engorde*. Universidad Tecnica de Ambato.
- Harimurti, S., & Hadisaputro, W. (2015a). *Beneficial Microorganisms in Agriculture, Aquaculture and Other Areas*. (Springer International Publishing, Ed.) (2015th ed., Vol. 29). Switzerland. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-23183-9>
- Harimurti, S., & Hadisaputro, W. (2015b). Probiotics in Poultry. In *Beneficial Microorganisms in Agriculture, Aquaculture and Other Areas* (pp. 1–19). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-23183-9>
- Hedayati, M., & Manafi, M. (2018). Evaluation of Anherbal Compound, a Commercial Probiotic, and an Antibiotic Growth Promoter on the Performance, Intestinal Bacterial Population, Antibody Titers, and Morphology of the Jejunum and Ileum of broilers. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 20(2), 305–316. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2017-0639>
- Hosseini, S. M., Chamani, M., Mousavi, S. N., Hosseini, S. A., & Sadeghi, A. A. (2018). Growth Performance, Mucin2 Gene Expression, Morphology of Small Intestine and Intestinal Lactobacillus Population of Broiler Chicks Fed with Triticale-Based Diets: Effects of Dietary Physical Form and Dietary Inclusion of Enzyme and Probiotic. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, 24(2), 203–210.
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2018). Censo Pecuario Nacional - 2018. Retrieved October 10, 2018, from <https://www.ica.gov.co/Areas/Pecuaria/Servicios/Epidemiologia-Veterinaria/Censos-2016/Censo-2018.aspx>
- Kuemmerle, J. F. (2012). Insulin-like Growth Factors in the Gastrointestinal Tract and Liver. *Endocrinol Metab Clin North Am*, 41(2), 409–423. <https://doi.org/10.1016/j.ecl.2012.04.018>
- Luo, J., Zheng, A., Meng, K., Chang, W., Bai, Y., Li, K., ... Yao, B. (2013). Proteome changes in the intestinal mucosa of broiler (*Gallus gallus*) activated by probiotic *Enterococcus faecium*. *Journal of Proteomics*, 91(12), 226–241. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2013.07.017>
- Luquetti, B., Furlan, R., Alarcon, M., & Macari, M. (2012). *Saccharomyces Cerevisiae* Cell Wall Dietary Supplementation on the Performance and

- Intestinal Mucosa Development and Integrity of Broiler Chickens Vaccinated Against Coccidiosis. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 14(2), 71–158.
- Morales López, R. (2007). *Las paredes celulares de levadura de Saccharomyces cerevisiae: Un aditivo natural capaz de mejorar la productividad y salud del pollo de engorde*. Universidad Autónoma de Barcelona. Retrieved from <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5689/rml1de1.pdf>
- Mottet, A., & Tempio, G. (2017). Producción avícola global: estado actual, perspectivas de futuro y retos. *AECA, Boletín Semanal*, 73(2), 10. Retrieved from http://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/16513_wpsvol73number-2-2017-2t.pdf
- Nicoletti, D., Flores Quintana, C., Terraes, J., & Kuttel, J. (2010). Parámetros productivos y morfológicos en pollos parrilleros suplementados con ácidos orgánicos y levadura. *Rev. Vet.*, 21(1), 23–27.
- ONU. (2017). *World Population Prospects: The 2017 Revision. Key Findings and Advance Tables*. Retrieved from https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/wpp2017_keyfindings.pdf
- Poorghasemi, M., Chamani, M., Mirhosseini, S. Z., Sadeghi, A. A., & Seidavi, A. (2018). Effect of Probiotic and Different Sources of Fat on Performance, Carcass Characteristics, Intestinal Morphology and Ghrelin Gene Expression on Broiler Chickens. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 24(2), 169–178. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2017.18433>
- Qorbanpour, M., Fahim, T., Javandel, F., Nosrati, M., Paz, E., Seidavi, A., ... Tufarelli, V. (2018). Effect of Dietary Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) and Multi-Strain Probiotic on Growth and Carcass Traits, Blood Biochemistry, Immune Responses and Intestinal Microflora in Broiler Chickens. *Animals*, 8(117), 2–10. Retrieved from www.mdpi.com/journal/animals
- Reis, M., Fassani, É. J., Garcia Júnior, A. A. P., & Schmidt, C. J. (2017). Effect of *Bacillus subtilis* (DSM 17299) on performance, digestibility, intestine morphology, and pH in broiler chickens. *The Journal of Applied Poultry Research*, 26(4), 573–583. <https://doi.org/https://doi.org/10.3382/japr/pfx032>
- Rocha, P. M. C., Barros, M. E. G., & Evêncio-Neto, J. (2016). Análise morfométrica da parede intestinal e dinâmica de mucinas secretadas no jejuno de frangos suplementados com probiótico *Bacillus subtilis* cepa C3102. *Pesq. Vet. Bras*, 36(4), 312–316. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X201600040001>
- Rodjan, P., Soisuwan, K., Thongprajukaew, K., Theapparatt, Y., Khongthong, S., Jeenkeawpieam, J., & Salaeharar, T. (2018). Effect of organic acids or probiotics alone or in combination on growth performance, nutrient digestibility, enzyme activities, intestinal morphology and gut microflora in broiler chickens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 931–940.

<https://doi.org/10.1111/jpn.12858>

ROSS An Aviagen Brand. (2017). *POLLO DE ENGORDE ROSS 308 AP: Objetivos de Rendimiento*.

Samanya, M., & Yamauchi, K. (2002). Histological alterations of intestinal villi in chickens fed dried *Bacillus subtilis* var. natto. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 133(1), 95–104.

Saranghi, N. R., Babu, L. K., Kumar, A., Pradhan, C. R., Pati, P. K., & Mishra, J. P. (2016). Effect of dietary supplementation of prebiotic, probiotic, and synbiotic on growth performance and carcass characteristics of broiler chickens. *Veterinary World*, 9(3), 313–319. Retrieved from www.veterinaryworld.org/Vol.9/March-2016/16.pdf%0A

Sociedad de Agricultores de Colombia. (2018). Producción Pecuaria desde 2000 - 2017. Retrieved from <https://sac.org.co/es/estudios-economicos/estadisticas.html>

Suárez, F., & Nieto, I. (2018). Panorama mundial de promotores de crecimiento en aves. *Referencias Consultorio MV*. Retrieved from <http://referenciasparaconsultoriosmv.com/wp-content/uploads/2018/06/REFERENCIAS-36-22-25.pdf>

Uni, Z., Noy, Y., & Sklan, D. (1995). Posthatch Changes in Morphology and Function of the Small Intestines in Heavy- and Light-Strain Chicks. *Poultry Science*, 74, 1622–1629.

Uni, Z., Noy, Y., & Sklan, D. (1999). Posthatch Development of Small Intestinal Function in the Poult. *Poultry Science*, 78, 215–222.

WPSA. (n.d.). Salud Intestinal. Ajuste de Dietas. Retrieved from http://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/wpsa1176982877a.pdf

Zarei, A., Lavvaf, A., & Motlagh, M. M. (2017). Effects of probiotic and whey powder supplementation on growth performance, microflora population, and ileum morphology in broilers. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 840–844. <https://doi.org/10.1080/09712119.2017.141048>