

Efecto de la Inclusión de Polen como Aditivo Funcional en un Sistema de Alimentación para  
Pollo de Engorde

Lina Marcela Ríos Peña, Ana Milena Sierra Suarez

Trabajo de Grado para Optar el Título de Zootecnista

Director

Daniel Eduardo Rodríguez Aguilar

Zootecnista, MSc. Producción Animal

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED

Programa de Zootecnia

Málaga Santander

2018

## DEDICATORIA

A Dios por las bendiciones a lo largo de la vida; a nivel familiar y durante mi formación, por trazar el camino a los logros obtenidos y los venideros, mostrando que su bondad es infinita.

A mis padres *Luis Humberto Ríos* y *Amparo Peña* por cultivar en mí el amor por el campo, el respeto por la naturaleza y por los demás. También por su constancia en la educación y el esfuerzo para cumplir el sueño de formarme como profesional del sector pecuario (Zootecnista).

A mis hermanos *Juan Carlos, Johana* y *Valery* por su apoyo incondicional.

A mis familiares y amigos por el apoyo constante, el ánimo ante dificultades, por tantos momentos de alegría y ser la compañía en el camino de la vida. A todos mi cariño y total apoyo en el presente y futuro.

*Lina Ríos.*

Dedico mi tesis a *Dios, a la preciosa sangre de Jesús y a la Santísima Virgen María* por darme la oportunidad de vivir e iluminar mi camino en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón en mis tristezas y mis alegrías permitiéndome ser una persona llena de valores y virtudes, para con aquellas personas que han sido y serán mi soporte y compañía en mi vida.

A mis padres **Mesias Sierra Barrera** y **Rosalba Suarez Barrera**, por darme la vida y permitirme crecer en una hermosa familia cristiana, llena de valores que me enseñaron a ser perseverante y constante, son mi inspiración para lograr salir delante y cumplir mis anhelos. Gracias por permitirme formarme como profesional Zootecnista.

A mis hermanos **Leonardo Sierra Suarez** y **Diego Andrés Sierra Suarez** por apoyarme y ser mi motivación para lograr mis propósitos, los quiero.

*“Los Amo Padres y Hermanos”*

A mi enamorado, quien siempre ha sabido apoyarme, para continuar con mis estudios y nunca renunciar a ellos, gracias por su amor incondicional y por compartir momentos de tristezas y alegrías, infinitas gracias amor.

*“TE AMO”*

A mis *Familiares Abuelos Maternos y Paternos, Tíos(as), Primos(as) y Amigos* agradezco el apoyo incondicional que me han ofrecido durante mi formación, a **mi tía Herminia Suarez Barrera** por el apoyo económico y moral, por sus consejos y a todas aquellas personas que creyeron en mí, infinitas gracias.

*“Con Cariño, Milena.”*

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente, damos gracias a Dios por habernos dado la fuerza y el valor para culminar esta etapa de nuestras vidas. Dios bendiga, guie e ilumine cada paso que demos en este mundo.

Infinitos agradecimientos a nuestros queridos padres **Humberto, Amparo, Mesías y Rosalba** por su apoyo incondicional en cada momento y experiencia vivida durante nuestra formación, gracias a ustedes seremos profesionales exitosas, llenas de valores y virtudes.

Sinceros agradecimientos, a nuestro director de tesis **Daniel Eduardo Rodríguez Aguilar** por su apoyo, dedicación y conocimiento, gracias a él fue posible lograr esta meta, a su esposa **Adriana Bermúdez Castañeda** por su apoyo y comprensión durante este tiempo.

Nuestra gratitud con cada una de las personas que nos apoyaron en la realización del proyecto, especialmente a las Familias Sierra Arismendy, Sierra Palencia, Sierra Barrera, Meza Sierra, Sierra Suarez y Ríos Peña.

A nuestros amigos Freddy Alexander Ríos Niño y Sonia Hueso Ortegata por su apoyo incondicional durante la realización de este trabajo y compartir su valiosa amistad con nosotras.

Agradecimientos a los zootecnistas Ronal Ortiz, Claudia Ariza Nieto, Iván Darío Rojas, al médico veterinario Edwin Daniel Therán y a la Corporación colombiana de investigación agropecuaria (CORPOICA) por sus recomendaciones y apoyo en la realización del proyecto.

A nuestra alma mater la Universidad Industrial de Santander y todos los docentes que hicieron parte de nuestra formación les agradecemos por sus enseñanzas tanto para la profesión, como para el crecimiento personal.

Gracias a cada una de las personas que nos apoyaron directa e indirectamente durante nuestros estudios y en la realización de este proyecto.

***“Con Gratitud y Cariño Para Todos Ustedes”***

***Lina y Milena***

**TABLA DE CONTENIDO**

Introducción	14
1 Objetivos	18
1.1 Objetivo general	18
1.2 Objetivos específicos	18
2 Marco referencial	19
2.1 Antecedentes	19
2.2 Marco teórico	21
2.2.1 Panorama de la industria avícola en el mundo y colombiana	21
2.2.2 Impacto de los sistemas de alimentación sobre la salud intestinal y la producción avícola	22
2.2.3 Microflora del tracto gastrointestinal (TGI) y el sistema inmune	23
2.2.4 Los aditivos funcionales y su implicación en la industria avícola	25
2.2.4 El polen apícola y su composición química	26
2.2.5 Propiedades funcionales del polen apícola	29
2.2.6 Efectos del polen apícola en pollos de engorde	29
2.3 Marco conceptual	30
2.3.1 Aditivo funcional	30
2.3.2 Sistema inmune	30
2.3.3 Antibiótico	30
2.3.4 Antibiótico promotor de crecimiento	31
2.3.5 Resistencia microbial	31

2.3.6 Residualidad	31
2.3.7 Antioxidante	32
2.3.8 Integridad intestinal	32
2.3.9 Requerimiento nutricional	32
2.3.10 Alometría	32
2.3.11 Proteínas totales o proteínas séricas	32
2.3.12 FENAVI	32
2.3.13 Tracto gastrointestinal	32
3 Diseño metodológico	33
3.1 Tipo de estudio	33
3.2 Localización	33
3.3 Materiales y metodos	33
3.3.1 Alojamiento, animales y manejo	33
3.3.2 Tratamientos experimentales	34
3.3.3 Parámetros productivos	37
3.3.4 Dinámica del desarrollo gastrointestinal	37
3.3.5 Morfometría del tracto intestinal	38
3.3.6 Proteínas totales en sangre	39
3.3.7 Rendimiento en canal	39
3.3.8 Análisis económico	39

POLEN COMO ADITIVO FUNCIONAL EN POLLO DE ENGORDE	10
3.3.9 Análisis estadístico	41
4 Resultados	42
4.1 Verificación de supuestos estadísticos	42
4.2 Análisis composicional y microbiológico del polen de abeja	43
4.3 Temperatura y humedad relativa	44
4.4 Peso corporal inicio del experimento	44
4.5 Parámetros productivos	45
4.6 Indicadores productivos	47
4.7 Dinámica de desarrollo del tracto gastrointestinal (TGI)	48
4.8 Morfometría del intestino delgado	54
4.9 Proteínas totales en sangre	57
4.10 Rendimiento en canal y análisis económico	57
5 Discusión	60
6 Conclusiones	64
7 Recomendaciones	65
Bibliografía	66

### Lista de Tablas

Tabla 1. Análisis químico del polen apícola proveniente del antiplano Cundiboyacence Colombiano	26
Tabla 2. Contenido de minerales en polen apícola Colombiano (mg/Kg) en base seca	27
Tabla 3. Principales ácidos grasos encontrados en el polen apícola Colombiano (mg/100mg lípidos) en base seca	27
Tabla 4. Composición nutricional de las dietas experimentales de polen de abeja y la dieta control para la fase de inicio	33
Tabla 5. Composición nutricional de las dietas experimentales de polen de abeja y la dieta control para la fase de crecimiento	34
Tabla 6. Composición nutricional de las dietas experimentales de polen de abeja y la dieta control para la fase de finalización	35
Tabla 7. Costo de las Dietas experimentales	38
Tabla 8. Análisis composicional del polen de abeja	43
Tabla 9. Análisis microbiológico del polen de abeja	41
Tabla 10. Pesos corporales promedios al día uno de edad de las aves para cada tratamiento e inicio del experimento	43
Tabla 11. Parámetros productivos a partir de la inclusión de tres niveles (0.5%, 1.0% y 1.5%) de polen de abeja al día 21 de edad de los pollos	43
Tabla 12. Parámetros productivos a partir de la inclusión de tres niveles (0.5%, 1.0% y 1.5%) de polen de abeja en un ciclo completo de pollo de engorde (día 42 de edad)	44
Tabla 13. Indicadores productivos obtenidos a partir de la suplementación de polen de abeja en 0.5%, 1.0% y 1.5% en un ciclo completo de pollos de engorde (día 42 de edad)	45
Tabla 14. Efecto de la suplementación de polen de abeja sobre el peso los componentes del TGI de los pollos de engorde al día 28 de edad	46

Tabla 15. Efecto de la suplementación de polen de abeja sobre la longitud de los componentes del TGI de los pollos de engorde al día 28 de edad	48
Tabla 16. Efecto de la suplementación de polen de abeja sobre el peso de los componentes del TGI en pollos de engorde al día 42 de edad	48
Tabla 17. Efecto de la suplementación de polen de abeja sobre la longitud de los componentes del TGI de los pollos de engorde al día 42 de edad	51
Tabla 18. Comparación de la altura, profundidad de cripta, área aparente y relación vellosidad-cripta en el intestino delgado (Duodeno, Yeyuno e Íleon) al día 42 de edad de las aves, por tratamiento	52
Tabla 19. Promedio ( $\pm$ DS) y cuadrado medio del error (CME) de proteínas totales en sangre por tratamiento al día 42 de edad	55
Tabla 20. Peso corporal en pie, peso en canal, rendimiento en canal y peso de las fracciones de los pollos de engorde al suplementar tres niveles de polen de abeja al día 42 de edad	55
Tabla 21. Análisis económico al suplementar pollos de engorde con polen de abeja como aditivo funcional al día 42 de edad	56

## RESUMEN

**TITULO:** EFECTO DE LA INCLUSIÓN DEL POLEN DE ABEJA COMO ADITIVO FUNCIONAL EN UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN PARA POLLO DE ENGORDE\*

**AUTOR:** ANA MILENA SIERRA SUAREZ  
LINA MARCELA RÍOS PEÑA \*\*

**PALABRAS CLAVES:** PRODUCTO APÍCOLA, DESEMPEÑO PRODUCTIVO, MORFOMETRÍA, AVICULTURA.

### DESCRIPCIÓN:

La incorporación de algunos antibióticos en bajas dosis como promotores de crecimiento durante muchos años ha conducido a la presentación de resistencia microbial por parte de patógenos que afectan tanto a las aves como a los seres humanos. El polen ha demostrado mejorar la respuesta inmune y antioxidante al ser un antibiótico activo, antiparasitario y anti-microbiano, cuya potencialidad como un aditivo funcional frente al uso de antibióticos promotores de crecimiento debe ser estudiada. Este estudio evaluó el efecto de la inclusión del polen de abeja como aditivo funcional en un sistema de alimentación para pollo de engorde. Se utilizaron 200 pollitos mixtos (línea Ross 308) de un día de edad, los cuales se asignaron aleatoriamente a cuatro tratamientos (5 réplicas y 10 animales por replica) con diferentes niveles de inclusión de polen de abeja (T0: tratamiento testigo, T1: 0.5% polen de abeja, T2: 1.0% polen de abeja, T3: 1.5% polen de abeja), suministrado en las fases: inicio 1-21, levante 22-25 y engorde 36-42 días, respectivamente. Se evaluaron parámetros productivos como: peso corporal, ganancia de peso, conversión alimenticia, supervivencia, FEE, EA, IP, dinámica del TGI, morfometría del ID, rendimiento en canal y análisis económico. El Polen 0.5% y 1.5% presentaron el mejor desempeño productivo y rendimiento en canal, el Polen 1.5% obtuvo mejor desarrollo de vellosidades en el duodeno y yeyuno, además tuvo un menor peso y longitud en hígado, páncreas e IDP al día 42 de edad; a nivel económico el Control fue el mejor dado el precio comercial del polen. Sin embargo, al relacionar costo-beneficio el Polen 0.5% obtiene los mejores ingresos. Se concluye que la inclusión de Polen al 0.5% y 1.5% mejoran la productividad y la salud intestinal de los pollos, convirtiéndose en una alternativa viable para los productores avícolas.

---

\*Trabajo de grado

\*\* Instituto de Proyección Regional y a Distancia IPRED. Programa de Zootecnia.

Director: Daniel Eduardo Rodríguez Aguilar, Zootecnista.

**ABSTRACT**

**TITLE:** INCLUSION EFFECT OF BEE POLEN AS A FUNCTIONAL ADDITIVE IN TO CHICKEN FEEDING SYSTEM\*

**AUTHOR:** ANA MILENA SIERRA SUAREZ  
LINA MARCELA RÍOS PEÑA\*\*

**KEYWORDS:** APICULTURES PRODUCTS, PERFORMANCE, INTESTINAL MORPHOMETRY, POULTRY FARMING

**DESCRIPTION:**

The incorporation of some antibiotics in low doses as promoters of growth for many years has led to the presentation of microbial resistance by pathogens that affect both birds and humans. Pollen has been shown to improve the immune response and antioxidant as an active antibiotic, antiparasitic and anti-microbial, whose potentiality as a functional additive against the use of antibiotics growth promoters should be studied. This study assessed the effect of the inclusion of bee pollen as a functional additive in a feeding system for fattening chicken. We used 200 mixed chicks (Ross 308 line) One-day-old, these were randomly allocated to four treatments (5 replicas and 10 animals per replicate) with different levels of bee pollen inclusion (T0: Control treatment, T1:0.5% bee pollen, T2:1.0% Bee pollen, T3:1.5% bee pollen), supplied in phases: Start 1-21, lift 22-25 and fattening 36-42 days, respectively. We evaluated productive parameters such as: body weight, weight gain, food conversion, survival, FEE, EA, IP, TGI dynamics, morphometry ID, channel performance and economic analysis. Pollen 0.5% and 1.5% showed the best productive performance and carcass yield, the pollen 1.5% obtained better development of villi in the duodenum and jejunum, also had a lower weight and length in liver, pancreas and IDP to day 42 of age; At the economic level the Control was the best given the commercial price of the pollen. However, by relating cost-benefit, pollen 0.5% obtains the best income. It is concluded that the inclusion of pollen at 0.5% and 1.5% improve the productivity and intestinal health of chickens, becoming a viable alternative for poultry producers.

---

\*\*Bachelor Thesis

\*\* Instituto de Proyección Regional y a Distancia IPRED. Programa de Zootecnia.

Director: Daniel Eduardo Rodríguez Aguilar, Zootecnista.

## INTRODUCCIÓN

La alta demanda de proteína animal dirigida a suplir las necesidades nutricionales de una población creciente a nivel mundial es una realidad, conduciendo en los últimos años al diseño y producción de alimentos inocuos, que aporten un nivel adecuado de nutrientes, generados en sistemas productivos ambientalmente sostenibles y a bajos costos. La FAO en 2016 indico un incremento del 0.3% en la demanda de carne a nivel mundial (320.7 millones de toneladas), siendo Estados Unidos, Brasil, Unión Europea, India y Rusia, quienes generan las mayores producciones.

La producción de carne de pollo ha tenido un crecimiento en los últimos años, al ser una buena fuente de proteína animal, de fácil adquisición y bajo precio. A nivel mundial la producción de carne de pollo paso de 96,3 millones de toneladas en 2013 a superar los 100 millones de toneladas para el 2016, siendo un 44% del total producido por el Continente Americano (OCDE y FAO, 2015).

En Colombia, la avicultura mantiene un papel relevante en la economía nacional por su aporte al PIB con el 10% (1.239.028 millones de pesos, FENAVI (2010)), convirtiéndola en una actividad clave para la seguridad agroalimentaria (La república, 2012). Actualmente la Industria Avícola Colombiana productora de carne de pollo presenta parámetros de desarrollo y productividad que han alcanzado y superado estándares internacionales, siendo una fuente importante de empleo, relacionándose con otros sectores de la cadena productiva, como la agricultura comercial productora de materias primas, la fabricación del alimento balanceado, productos farmacéuticos, la comercialización de carne de pollo y productos con valor agregado para el consumidor (Bohórquez, 2014).

Del año 2013 al 2016 se observó un incremento del 13.75% en la producción de carne de pollo (1.478.924 toneladas en 2016), siendo un 25% del total producido en el departamento de Santander

(FENAVI, 2017). De otro lado, el consumo *per cápita* de carne de pollo fue de 32,8 Kg/persona para el año 2017 (FENAVI, 2018), siendo bajo comparado con países como Brasil y Estados Unidos (45 Kg y 44 Kg persona año), donde las posibilidades de expandir la producción interna son reales y recaen inicialmente en el aumento del consumo doméstico.

En este contexto, los avances en tecnologías y mejoras en torno a instalaciones, manejo, alimentación, calidad de agua y planes sanitarios preventivos, unidos a los avances obtenidos en la selección genética, permiten actualmente maximizar la producción en términos de tiempo, espacio y con mayor rentabilidad para los productores avícolas del país, obteniendo un producto asequible e inocuo que satisface las necesidades actuales del consumidor, que le permite a la Industria Avícola Colombiana de carne de pollo ser competente bajo las exigencias del mercado nacional, regional e internacional (Guía Ross 308, 2014).

En avicultura, la salud de las aves y más específicamente la salud intestinal es el factor más determinante del desempeño productivo, la necesidad de lograr un equilibrio entre los microorganismos que colonizan el tracto gastrointestinal (TGI) y el huésped es esencial para consolidar la integridad del TGI y las vellosidades intestinales, donde cualquier perturbación originada por un microorganismo o agente, conduce a la presentación de una enfermedad, que en la mayoría de los casos se exhibe a nivel respiratorio o digestivo de manera subclínica, afectando los parámetros productivos e incrementando las pérdidas en los sistemas de producción avícola, como resultado de la pérdida de homeostasis del TGI (Kelly, 2004).

De otro lado, esta presión en la selección genética ha conducido a la presentación de problemas metabólicos que impactan de manera negativa el sistema productivo. Estrategias de manejo son puestas en práctica en conjunto con la utilización de aditivos como los antibióticos promotores de crecimiento, promoviendo un mejor crecimiento del pollo de engorde. Sin embargo, esto ha

conducido a un abuso de fármacos que tienen efecto sobre esta variable, cuya residualidad en la carne de pollo, conduce a la resistencia a antibióticos con efectos negativos para el consumidor, como lo indica la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2018, impactando negativamente la salud humana y conduciendo a la búsqueda de alternativas que no afecten al consumidor y los animales.

Muchos países de Europa han prohibido el uso de los antibióticos en el alimento para animales y la total restricción parece se dará en el inmediato futuro; como consecuencia se proveen desarrollos tecnológicos de productos de innovación que replacen los antibióticos, como es el caso los aditivos funcionales que pueden ser utilizados en el para dar una respuesta frente a esta situación (Errecalde, 2004). El polen de abeja presenta una serie de características composicionales que brindan la posibilidad de estimular y mejorar la respuesta inmune y antioxidante, siendo un antibiótico activo, antiparasitario y anti-microbiano (Feas *et al.*, 2012), al presentar un contenido importante de antioxidantes y flavonoides, convirtiéndose en un aditivo funcional en pollos de engorde, mejorando su respuesta productiva y estatus sanitario (Mesa, 2015). Sin embargo, muchas de las propiedades del polen han sido poco estudiadas en los pollos de engorde, para dar una respuesta frente a la necesidad actual de la industria avícola en la búsqueda de alternativas viables frente a la utilización de antibióticos promotores de crecimiento.

Por lo tanto, este trabajo busca evaluar la composición e inclusión del polen de abeja producido a nivel local como un aditivo funcional dentro de un sistema de alimentación de pollo de engorde, dadas sus propiedades como promotor inmunológico para ofrecer una alternativa natural viable frente a la adición de antibióticos promotores de crecimiento como mejoradores de la productividad del sistema.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 Objetivo general**

Evaluar el efecto de la inclusión de polen de abejas como aditivo funcional dentro de un sistema de alimentación de pollo de engorde durante un ciclo productivo completo.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Determinar la calidad microbiológica (bacterias, levaduras y hongos) y la composición química (análisis bromatológico) del polen de abejas proveniente de un apiario ubicado en la provincia de García Rovira.
- Evaluar el efecto de diferentes niveles de inclusión del polen de abejas sobre la respuesta productiva, morfometría y dinámica de desarrollo del tracto gastrointestinal de pollos de engorde.
- Analizar los efectos económicos de los diferentes niveles de inclusión de polen de abeja en un sistema de alimentación por fases para pollos de engorde mediante técnicas de presupuestos parciales.

## 2 MARCO REFERENCIAL

### 2.1 Antecedentes

La industria avícola productora del pollo de engorde sigue en crecimiento por su alta demanda, al ser una proteína de origen animal económica. De otro lado, las aves requieren materias primas e insumos indispensables en la alimentación y sostenibilidad productiva, de ahí han surgido nuevos compuestos naturales (polen de abeja) que puede llegar a sustituir a sustancias antibióticas mejorando los parámetros productivos de los animales, el bienestar y salud tanto de los pollos de engorde como de los consumidores.

La utilización del polen apícola en Colombia ha sido dirigida a las costumbres tradicionales, dadas las propiedades especiales que este posee. La producción de polen apícola en Colombia se centra en la región andina tropical, concentrándose aproximadamente el 90% de la producción en el altiplano Cundiboyacense, calculando producciones del orden de los 36 Kg/colmena/año dadas las condiciones medioambientales (Martínez, 2006).

En la provincia de García Rovira la apicultura ha crecido, aportando a la economía de la región por las condiciones geográficas, medio ambientales y florísticas que allí se encuentran, favoreciendo la obtención de productos derivados de la industria apícola como el polen de abeja obtenido de forma artesanal, su producción semanal se estima en 11Kg (Comunicación personal Apícola los Andes, 2016).

Oliveira *et al.* (2015) evaluó el efecto de la inclusión de polen de abeja (PA) (0, 0.5, 1.0, y 1.5%) sobre la digestibilidad de la dieta, desempeño productivo, morfología de la mucosa intestinal y calidad de la cama de pollos de engorde machos y hembras de la línea Cobb, concluyendo que

al incluir 1.5 % de polen de abeja mejora la digestibilidad de los nutrientes y la morfología intestinal, pero no el comportamiento productivo. Además, el PA presentó un efecto cuadrático en la digestibilidad aparente de la materia seca y extracto etéreo, así mismo presentó un efecto lineal en la retención de Ca y en el valor de la energía metabolizable aparente; mejoró el rendimiento del páncreas, vellosidades y morfología (duodeno y yeyuno a los 21 días, íleon a los 42 días de edad y volatilización de amoníaco).

En la tesis titulada “Evaluación de parámetros zootécnicos en pollos parrilleros con la suplementación de miel, polen y propóleos en el agua de bebida, en el centro experimental Uyumbicho” Guerra en 2015, utilizando 400 pollos de la línea Ross de 1 día de edad, evaluó el efecto de la inclusión de miel, polen y propóleo sobre la ganancia diaria de peso, consumo de alimento, conversión y el índice de productividad, bajo el siguiente esquema de tratamientos: Testigo (balanceado + agua); T1 balanceado + agua + miel 1 g/Kg de peso; T2 balanceado + agua + polen 100 mg/Kg de peso; T3 balanceado + agua + propóleos 0.5 mg/Kg de peso; T4 balanceado + agua + miel 1 g/Kg de peso + polen 100 mg/Kg de peso; T5 balanceado + agua + miel 1 g/Kg de peso + propóleos 0.5 mg/Kg de peso; T6 balanceado + agua + polen 100 mg/Kg de peso + propóleos 0.5 mg/Kg de peso y T7 balanceado + agua + miel 1 g/Kg de peso + polen 100 mg/Kg de peso + propóleos 0.5 mg/Kg de peso. Este autor indicó bajo un sistema de costos parciales, que el tratamiento testigo fue más rentable frente a los demás.

Luna (2011), en su tesis titulada “Estudio del efecto de dos promotores inmunológicos de origen natural (propóleo, polen) y su incidencia en la producción de pollos de engorde, en el sector el Tejar, provincia de Imbabura” evaluó la inclusión de diferentes niveles de estos dos promotores inmunológicos y su combinación (T1 Propóleo 100%; T2 Propóleo 75% + Polen 25%; T3 Propóleo 50% + Polen 50%; T4 Propóleo 25% + Polen 75%; T5 Polen 100% y T6 Control

negativo) sobre diferentes parámetros productivos y peso en canal. Los resultados indicaron la eficacia del propóleo y el polen de abeja en disminuir la incidencia de enfermedades respiratorias o digestivas en las aves. El T4 obtuvo mejores valores en las variables de crecimiento corporal (en altura y longitud) y peso de la canal, mientras que el T5 supera a los demás en conversión alimenticia, sin diferenciarse ( $P>0.05$ ) del Control.

## **2.2 Marco teórico**

### **2.2.1 Panorama de la Industria Avícola en el mundo y Colombia.**

La producción de carne de pollo se da dentro de un sistema en términos generales sencillo, permitiendo generar un producto económico para el consumidor, mostrando desde el año 2000 a la fecha un ritmo de crecimiento cercano al 2% anual, siendo el continente americano el mayor productor de carne de pollo, con el 44% del total a nivel mundial (Dai y Buttow, 2014).

En Colombia la avicultura es la segunda actividad pecuaria más importante, después de la Ganadería. La carne de pollo ha consolidado su participación, mostrando consumos mayores frente a otras fuentes de carne (Bovino y Cerdo), después de superar varios fracasos por falta de conocimiento, políticas oficiales equivocadas y tecnología; se ha convertido en una producción moderna tecnificada, eficiente, sistematizada, integrada con grandes alianzas estratégicas a nivel nacional e internacional acordes con el crecimiento de la población y la globalización (Rivera, 2013).

Por lo tanto, el mejoramiento de la genética de los pollos de engorde y sus exigencias actuales conduce a optimizar las condiciones de alojamiento, alimentación, sanidad y confort, permitiendo potencializar la máxima producción de los animales, al minimizar el gasto energético en torno a

las necesidades de termorregulación y adaptación a las condiciones del medio, mejorando el aprovechamiento de los nutrientes ingeridos, donde una correcta salud intestinal y estimulación del sistema inmune se convierte en la mejor herramienta para enfrentar los retos sanitarios que pueden darse al interior del sistema productivo (Sitio avícola, 2015).

### **2.2.2 Impacto de los sistemas de alimentación sobre la salud intestinal y la producción avícola.**

Es claro que el mayor rubro dentro de un sistema productivo de pollo de engorde es el alimento, que representa entre el 70 al 75% de los costos de producción. El alimento cubre los requerimientos que tiene al animal de acuerdo a la etapa productiva, al brindar niveles adecuados de energía, proteína, aminoácidos, ácidos grasos esenciales, vitaminas y minerales. Estos componentes deben estar en armonía para asegurar un buen desarrollo del esqueleto y del tejido muscular. De acuerdo a la guía Cobb (2013), el uso de dietas óptimas debe tener presente factores como: a). Disponibilidad y costos de las materias primas; b). Peso vivo requerido por el mercado; c). Valor de la carne y rendimiento de la carcasa y d). Color de la piel, textura y sabor de la carne.

Según la Ravindran (2012), las investigaciones en nutrición de pollos de engorde se han centrado en tres aspectos: a) Obtener un mayor conocimiento del metabolismo y necesidades de nutrientes; b). Determinar la presencia y disponibilidad de nutrientes en las materias primas para alimentos balanceados y c). Formulación de dietas a menor costo que relacionen las necesidades y suministro de los nutrimentos. Estos factores están influenciados por la genética, el sexo, la etapa fisiológica, ambiente térmico, estrés y tipo de crianza.

Actualmente los sistemas de alimentación animal y en particular esta cadena, afrontan una problemática centrada en formulación de dietas con inclusión de antibióticos promotores de

crecimiento, conduciendo a un aumento de la resistencia a antibióticos, tanto en humanos como en animales (Neu, 1992; Aerstrup *et al.*, 1998 y Newman, 2005). Sobresale, la resistencia del género *Salmonella* a antibióticos como la eritromicina, lincomicina, y penicilina en pollos de engorde y ponedoras (Dias *et al.*, 2005). Como consecuencia se proveen desarrollos tecnológicos de productos de innovación que reemplacen los antibióticos, como es el caso de los prebióticos y otros aditivos funcionales en los cuales se viene trabajando desde hace algún tiempo.

De otro lado, la salud de las aves y más específicamente la salud intestinal es el factor más determinante del desempeño productivo. Este equilibrio depende de la preservación armoniosa de la relación entre los microorganismos que colonizan el tracto gastrointestinal (TGI) y el huésped (Neish, 2002), donde los enterocitos están estrechamente unidos formando un cito esqueleto que separa el ecosistema de la luz intestinal y el huésped (Collier *et al.*, 2003) y donde cualquier microorganismo o agente que pueda causar una perturbación, va a conducir a la presentación de una enfermedad, mediante el inicio de una respuesta inflamatoria, afectando la homeostasis del TGI (Kelly, 2004).

De acuerdo a Choque (2008), el desarrollo del TGI post-eclosión en el pollo de engorde muestra un crecimiento acelerado en cada uno de los segmentos intestinales, este rápido incremento relativo del intestino delgado, alcanza sus niveles máximos entre los 6 – 10 días de edad, donde el duodeno presenta inicialmente una mayor tasa de crecimiento, disminuyendo progresivamente al acercarse al colon. Posterior al desarrollo duodenal, el yeyuno e íleon completan su estructuración.

### **2.2.3 Microflora del tracto gastrointestinal (TGI) y el sistema inmune.**

La microflora del tracto gastrointestinal es significativa, porque está directamente involucrada en cada uno de los procesos fisiológicos, nutricionales e inmunológicos, que pueden afectar de

manera directa o indirecta la productividad y estado sanitario de los animales (Yegani y Kover, 2010).

Choque (2008), afirma que la interacción entre los microorganismos y el TGI se establece en diferentes niveles: participación en procesos digestivos, evitando el establecimiento de patógenos, produciendo metabolitos tóxicos, incrementando la tasa de renovación epitelial, degradando la capa de mucina y estimulando la respuesta inmunitaria con la multiplicación de células de defensa.

Según Cabrera (2016) el sistema inmunológico es el conjunto de moléculas, células y órganos responsables de la inmunidad. Por lo tanto, la interacción que se presenta entre los diferentes microorganismos existentes en el TGI, va a influenciar el estatus de salud del individuo y por ende su capacidad de respuesta inmune ante cualquier reto presente en el medio. En las aves el sistema inmunológico posee dos órganos primarios: bolsa de fabricio y timo. En cambio, los órganos secundarios son: bazo, glándula de Harder, médula ósea, tejido linfoide asociado a los bronquios (BALT) y tejido asociado al intestino (GALT) (Muñoz, 2010).

El sistema inmunológico presenta dos tipos de respuesta: innata y adquirida. La respuesta innata se caracteriza principalmente por ser inespecífica, mientras que la respuesta adquirida se caracteriza por ser específica es decir es heterogénea (diversos tipos de células efectoras) y tiene la capacidad de memoria; este tipo de respuesta a su vez se subdivide en dos ramas: una humoral conformada por las inmunoglobulinas producidas por los linfocitos B provenientes de la bolsa de fabricio y una celular que incluye todas las células que reaccionan con especificidad a los antígenos (los linfocitos T) a excepción de aquellos asociados a la producción de anticuerpos (Chalghoumi *et al.*, 2009).

#### **2.2.4 Los aditivos funcionales y su implicación en la industria avícola.**

La población colombiana sobrepasa los 49'537.100 habitantes (DANE, 2017), el impacto económico y este alto crecimiento poblacional ha generado la búsqueda de fuentes alimenticias que suplan las necesidades nutricionales en todas las etapas, provocando así un aumento en la demanda de la proteína de origen animal, donde debe primar la evaluación del precio sin desconocer la buena calidad del producto, dándole a la carne de pollo la posibilidad de establecerse como una de las principales fuentes por cumplir con esas características.

En el afán de mejorar los parámetros zootécnicos de las especies animales, se han buscado técnicas que aumenten la productividad basados en la expresión del potencial genético y la implementación de programas de alimentación, en los cuales la relación costo-beneficio favorezca al empresario. Según Cepero (2006), los antibióticos promotores de crecimiento (APC) se vienen utilizando en la alimentación de pollos a partir de 1940, extendiéndose enormemente gracias a los resultados productivos obtenidos. Los antibióticos pueden ser utilizados de dos formas: primero como tratamiento preventivo en casos donde la posibilidad de infestación es alta; la segunda es el tratamiento de una enfermedad, con el conocimiento del ente causal (Cancho *et al.*, 2000). Sin embargo, al ser utilizados como promotores de crecimiento ha cambiado enormemente su funcionalidad. El inicio del uso de antibióticos se dio para mejorar la absorción de la vitamina B12 en pollos como lo reporta Gutiérrez *et al.* (2013); al ver la mejora en los índices productivos se inició el uso de los antibióticos progresivamente hasta llegar al uso indiscriminado de los mismos. Lo cual despertó la preocupación de expertos y consumidores dada la presencia de residuos en los productos de origen animal, lo que genera a futuro una resistencia a los antibióticos por el uso y consumo constante.

Los residuos de antimicrobianos han sido estudiados en diversos ambientes como: animales salvajes, domésticos, humanos sanos y aves de corral. Comprobando la reacción de los agentes biológicos ante la aplicación de antibióticos y la posterior resistencia a estos, como es el caso de *Enterococcus spp.* frente a la Vancomicina (ERV) (Poeta *et al.*, 2005).

La Unión Europea y la OMS (2018) advierten sobre el uso de antibióticos, buscando evitar la aparición de virus, hongos, bacterias o parásitos resistentes a los antimicrobianos; dada su adaptación ante pequeñas exposiciones. Por esto se viene trabajando desde 1997 en la disminución de los promotores de crecimiento y ratificando su prohibición en la alimentación animal desde el año 2006.

De acuerdo a Dalmau (2015), esta medida no sería fácil si no se hubieran establecido previamente alternativas que garantizaran a los productores la máxima potencialización de la producción, priorizando la salud del consumidor, a través de sustancias como los aditivos funcionales, los cuales además de aportar los nutrientes necesarios, generan una respuesta positiva sobre otras funciones del organismo y mejorando el estatus sanitario de los animales. Este autor resalta la importancia de estudiar diferentes niveles de inclusión, dado que las cantidades a suministrar varían según la especie, edad o estado fisiológico, así mismo evitando el sobre costo de los sistemas productivos.

#### **2.2.4 El Polen Apícola y su composición química.**

El polen apícola es un aglomerado de polen de flores recogido por las abejas, mezclado con néctar y la secreción de glándulas hipofaríngeas (Oliveira *et al.*, 2015), donde su tamaño puede variar entre 6 a 20 milímetros de diámetro, presentando diversidad de colores (Monserrate, 2015).

Su composición es principalmente azúcares, proteína, lípidos, vitaminas, minerales, elementos traza, carotenoides, compuestos fenólicos, flavonoides, esteroides, terpenos y anti oxidantes entre una gran variedad de compuestos de diferente naturaleza química (Kroyer y Hegedus, 2001).

En el trabajo realizado entre los años 2008 – 2011, Fuenmayor *et al.*, (2014) tomo 196 muestras en la región Cundiboyacense con el fin de evaluar la composición nutricional del polen apícola en Colombia (Tablas 1, 2 y 3).

**Tabla 1.**

*Análisis químico del polen apícola proveniente del antiplano Cundiboyacense Colombiano*

Variable	Resultado antiplano Cundiboyacense Colombiano		
	Media±DE	Mín.	Máx.
pH	4.6±0.4	3.8	5.4
Acidez (meq/kg)*	256±67	155	402
Humedad (g/100g)	7.7±5.2	1.8	11.8
Cenizas (g/100g)	2.5±0.4	1.5	3.2
Lípidos (g/100)*	6.9±3.5	2.8	9.7
Proteína (g/100)*	23.8±3.2	16.1	32.1
Fructosa	19.5±0.9	18.1	21.3
Glucosa	13.6±2.4	11.6	20.3
Sucrosa	6.7±2.0	4.5	9.0
Fibra dietaria soluble (g/100g)*	2.7±1.8	0.5	4.6
Fibra dietaria insoluble (g/100g)*	11.7±3.3	6.5	17.6
Fibra dietaria total (g/100g)*	14.5±3.5	7.8	18.1

*Nota:* \*Composición promedio del polen de abeja colombiano. Adaptado de: Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales del polen apícola colombiano. Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia de Córdoba. V. 19. Bogotá; 2014.

En la Tabla 1 se muestran el valor composicional promedio del polen: el pH ha sido utilizado como indicador de calidad microbiológica; la humedad es referente en los procesos de conservación y almacenamiento, el polen colombiano cumplió con el 93% del máximo valor permitido por la norma internacional Argentina (8%); el contenido proteico es una de sus características nutricionales más importantes, variando su contenido dependiendo del origen botánico; los carbohidratos más representativos son: fructosa, glucosa y sacarosa.

**Tabla 2.**

*Contenido de minerales en polen apícola Colombiano (mg/Kg) en base seca.*

<b>Mineral</b>	<b>Media±DE</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Sodio	99.3±79.5	8.9	206
Potasio	5.625±1.176	3.058	7.616
Calcio	1.717±310	1.099	2.409
Hierro	70.7±27.8	23.2	126.6
Magnesio	1.029±396	343	1542
Zinc	47.4±21.6	19.8	70.6

*Nota:* \*Composición de minerales del polen de abeja colombiano. Adaptado de: Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales del polen apícola colombiano. Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia de Córdoba. V. 19. Bogotá; 2014.

En la Tabla 2 se observa el contenido de minerales del polen colombiano, teniendo un mayor valor el potasio, frente a los otros.

**Tabla 3.**

*Principales ácidos grasos encontrados en el polen apícola Colombiano (mg/100mg lípidos).*

<b>Ácido graso</b>	<b>Media±DE</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Láurico	4.61±2.05	0.85	9.12
Mirístico	1.33±0.44	0.49	2.65
Palmítico	11.33±2.82	6.30	16.59
Estearico	1.88±0.41	1.07	3.04
Oleico	2.38±0.51	1.29	3.89
Linoléico	8.19±1.40	5.74	12.51
A- Linoléico	25.68±7.85	6.83	41.99
Araquidónico	1.27±0.32	0.63	1.54
Homo y Linoléico	1.62±1.17	0.18	5.33
Tricosanóico	1.17±0.60	0.24	2.26
Ácidos grasos saturados	36.62±4.92	27.31	50.79
Ácidos grasos insaturados	63.38±4.92	49.92	72.69
Ácidos grasos totales (ω-3) %	37.86±7.43	14.97	51.26
Ácidos grasos totales (ω-6) %	15.02±2.59	9.92	23.12
Ácidos grasos totales (ω-9) %	8.45±1.58	4.87	13.08
Porción de insaturados/saturados	1.78±0.36	0.97	2.66
Porción (ω-3)/(ω-6)	2.64±0.86	0.86	4.78

*Nota:* \*Ácidos grasos (saturados e insaturados) presentes en el polen de abeja colombiano. Adaptado de: Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales del polen apícola colombiano. Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia de Córdoba. V. 19. Bogotá; 2014.

La composición de ácidos grasos se presenta en la Tabla 3, siendo más representativo el ácido  $\alpha$ -linolénico y la proporción de ácidos grasos saturados e insaturados fue de 1.78.

### **2.2.5 Propiedades funcionales del polen apícola.**

Las propiedades de los productos apícolas varían de acuerdo a la región de origen, fuentes botánicas visitadas por las abejas, la especie de abeja que transforma y/o secreta los productos que se obtienen en de la producción (Monserrate, 2015). El polen apícola es catalogado como aditivo funcional debido a sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antiaterogénicas, antineoplásicas y antitrombótica (Yildiz *et al.*, 2013). Además, el polen estimula el crecimiento, el sistema inmunológico, regula funciones intestinales, del sistema nervioso, sanguíneo, alivia dolores crónicos de la próstata, infecciones respiratorias, colitis, úlceras, anemia, resfriados, reacciones alérgicas y enteritis (Mărgăoan *et al.*, 2010; Ulusoy *et al.*, 2013 y Puerto *et al.*, 2015).

### **2.2.6 Efectos del Polen Apícola en Pollos de Engorde.**

El polen de abeja en animales puede ser utilizado como un aditivo funcional que mejora la eficiencia alimenticia, mejora la absorción de nutrientes, incrementa el ritmo de crecimiento y el rendimiento productivo (Oliveira *et al.*, 2015).

La inclusión de polen de abeja al 1,5 % en la dieta para pollos de engorde puede mejorar el peso corporal de los animales a las 6 semanas de edad en un 35.1% comparado con animales que no reciben este aditivo funcional, dado que tiene un efecto positivo sobre las vellosidades intestinales a nivel del duodeno, yeyuno e íleon durante las dos primeras semanas de vida, sugiriendo la capacidad de promover el desarrollo temprano del sistema digestivo, proporcionando ciertos beneficios a los animales (Wang *et al.*, 2007).

Los resultados obtenidos por diferentes autores muestran efectos positivos en la utilización del polen como aditivo funcional en dietas de pollos de engorde en torno a mejora de parámetros productivos como el peso corporal y el peso de la canal (Guerra, 2015 y Heredia y Changoluisa, 2015) o sin mejoras en parámetros productivos como el caso de Oliveira *et al.* (2015). Sin embargo, estos autores han reportaron una mejor digestibilidad de la dieta y aumento en el tamaño de las vellosidades del duodeno, yeyuno e íleon en diferentes momentos del desarrollo del ave. De otro lado, se han observado mejoras en la respuesta del sistema inmune al disminuir la incidencia de algunas enfermedades a nivel respiratorio o digestivo (Luna, 2011) y generación de anticuerpos específicos frente a algunas enfermedades, con impactos positivos sobre el desempeño productivo de los animales (Heredia y Changoluisa, 2015).

## 2.3 MARCO CONCEPTUAL

**2.3.1 Aditivo funcional.** Aquella sustancia que al ser adicionada al alimento cumple con diversidad de funciones dentro del organismo del animal (Deborah, 2014).

**2.3.2 Sistema inmune.** Defensa natural del cuerpo contra las infecciones. Por medio de una serie de pasos el sistema inmune combate y destruye organismos infecciosos antes de causar daño al cuerpo. Para cumplir con esta tarea se produce anticuerpos, linfocitos, leucocitos y otros formados a medida que aparecen los agentes patógenos generando la memoria que permite reaccionar ante las enfermedades (Brandan y Codutti, 2007).

**2.3.3 Antibiótico.** Sustancias activas usadas a bajas dosis para tratar infecciones en humanos, animales o plantas; disminuyendo el crecimiento o destruyendo a las bacterias sensibles (sulfonamidas). Estas sustancias pueden ser de tipo natural (ej. penicilina), semi-sintético (ej. meticilina) o sintético (ej. sulfonamidas). Los antibióticos son empleados en la alimentación de

animales de producción para prevenir la aparición de enfermedades infecciosas, como promotores de crecimiento, mejorar el índice de conversión y la ganancia media de peso diaria (Seija y Vignoli, 2006).

**2.3.4 Antibiótico promotor de crecimiento.** Son sustancias no esenciales para el desarrollo biológico, pero que aumentan o modifican el metabolismo del animal con el fin de mejorar la eficiencia en la transformación del alimento administrado, disminuyen el tiempo de crecimiento o aumentando la síntesis proteica. Abarca desde hormonas sintetizadas por el mismo organismo hasta sustancias sintéticas esteroideas, anabólicas, de crecimiento y alimentos transgénicos (Fajardo *et al.*, 2011).

**2.3.5 Resistencia microbial.** Mecanismos biológicos propios de la evolución natural y genética de microorganismos, los cuales les permite adaptarse a diferentes condiciones medio ambientales; permitiéndole la subsistencia y fácil diseminación, donde los microbios producen genes resistentes, pasándolos a la siguiente generación lo cual los hace inmunes al agente antimicrobiano (Cabrera *et al.*, 2007).

**2.3.6 Residualidad.** Parte o porción que queda de un todo, bien sea a causa de su descomposición o destrucción. En el caso de los residuos de antibióticos, son moléculas o parte de ellas fijadas en productos de origen animal (carne, huevo, leche y subproductos), las cuales al ser consumidas por el humano puede llegar a generar la resistencia ante ciertas enfermedades aumentando la morbilidad y la mortalidad. La presencia de estos residuos está dada por el exceso en el uso de antibióticos, la aplicación de dosificaciones en mínima proporción, la falta de tiempo de retiro, entre otros (Lozano *et al* 2008).

**2.3.7 Antioxidante.** Cualquier molécula que forma parte del alimento, capaz de prevenir o retardar la oxidación (pérdida de electrones); generalmente son sustratos biológicos como lípidos, proteínas, vitaminas y ácidos nucleicos. Las frutas y los vegetales son fuente de antioxidantes, teniendo entre los más conocidos: beta carotenos, luteína, licopeno, selenio, vitamina A, C y E (Coronado *et al.*, 2015).

**2.3.8 Integridad intestinal.** Funcionamiento óptimo del tracto gastrointestinal, siendo la principal herramienta para garantizar el máximo desempeño productivo, índice de conversión alimenticia y rentabilidad de la producción esperada para cada línea genética (Sánchez, 2015).

**2.3.9 Requerimiento nutricional.** Promedio de un nutriente que necesita un organismo sano para realizar adecuadamente sus funciones, estos varían de acuerdo a la etapa productiva, condiciones medio ambientales y el tipo de actividad que realiza (Menchú, 2002).

**2.3.10 Alometría.** Cambio que sufren los órganos o partes del animal en las diferentes etapas del crecimiento (Hernández, 2009); determinada por la etapa de producción, la genética y la nutrición, caracterizando a los animales o técnicas de manejo superiores (Ortiz *et al.*, 2011).

**2.3.11 Proteínas totales o proteínas séricas.** Total, de macromoléculas proteicas que entran al cuerpo por medio de la dieta; el plasma sanguíneo está dividido en dos clases de proteínas encontradas en la porción líquida de la sangre: albumina y globulina (Ussa y Salgado, 2009).

**2.3.12 FENAVI.** Federación Nacional de Avicultores de Colombia.

**2.3.13 Tracto gastrointestinal.** Parte del cuerpo formada por esófago, estómago, hígado, páncreas, intestino delgado e intestino grueso; esta encargado de la transformación de los

alimentos deglutidos, comprendiendo un gran número de procesos para disminuir partículas de tal forma que el cuerpo los pueda absorber y utilizar según sus necesidades (Nieto, 2013).

### **3. DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Tipo de estudio**

Se realizó un estudio de tipo investigativo, cuyo propósito fue evaluar diferentes niveles de polen de abeja como aditivo funcional en un sistema de alimentación en pollo de engorde con el fin de determinar el nivel de inclusión más viable productiva y económicamente para su producción.

#### **3.2 Localización**

El proyecto se realizó en el municipio de Carcasí Santander, Vereda Saucara, finca Loma de Jurado, ubicada a una altura de 2.064 msnm, con una temperatura promedio de 17°C y humedad relativa de 75%, cuyas coordenadas son 6°37'19.6" latitud N y 72°38'29.0" longitud W.

#### **3.3 Materiales y métodos**

##### **3.3.1 Alojamiento, Animales y Manejo.**

Se utilizaron 200 pollos de un día de edad de la línea Ross 308, provenientes de un mismo lote, manteniendo condiciones similares de manejo y ambientales. Se realizó inicialmente el pesaje de la totalidad de animales, para su posterior distribución y asignación a los diferentes grupos experimentales. Se alojaron 10 aves por cada corral (1m<sup>2</sup>) en piso, con cama de viruta de arroz, siendo cada corral una réplica experimental (5 réplicas por tratamiento, 50 aves por tratamiento). Una criadora a luz fue compartida entre dos corrales y cada uno conto con un comedero BB (entre los días 1 – 6) y un bebedero automático de campana. Al día 6 de edad se colocó un comedero de

tolva por cada corral, hasta el final del experimento. La temperatura inicial de recepción fue de 24.4 °C y se manejó un sistema de cortinas móviles, anotando los valores de temperatura y humedad relativa durante los 42 días del experimento (mañana y tarde). Se manejó iluminación continua durante la primera semana de edad y se disminuyó paulatinamente de 18 horas a 12 horas luz, al día 20 de edad; con el fin de mantener una temperatura constante en los corrales. Las aves tuvieron acceso libre al agua de bebida y al alimento durante la totalidad del experimento. Al día 10 de edad se vacunaron contra New Castle (vía ocular).

### 3.3.2 Tratamientos Experimentales.

Las aves fueron distribuidas de manera aleatoria en cuatro tratamientos experimentales, los cuales fueron diseñados bajo un sistema de alimentación por fases, siendo estas: Iniciación del 1<sup>a</sup> al 21<sup>a</sup> día de edad (Tabla 4), Crecimiento del 22<sup>a</sup> al 35<sup>a</sup> día de edad (Tabla 5) y Finalización del 36<sup>a</sup> al 42<sup>a</sup> día de edad (Tabla 6) de acuerdo a los requerimientos nutricionales definidos para esta fase en las Tablas Brasileñas de Alimentación para Aves y Cerdos (Rostagno, 2011).

**Tabla 4.**

*Composición nutricional de las dietas experimentales de polen de abeja y la dieta control para la fase de inicio.*

<b>Dietas experimentales</b>				
<b>Ingredientes</b>	<b>Inicio (día 1 al 21 edad)</b>			
	<b>Control</b>	<b>Polen 0.5%</b>	<b>Polen 1.0%</b>	<b>Polen 1.5%</b>
Maíz	0.5035	0.4998	0.4962	0.4923
Torta Soya-45	0.3217	0.3207	0.3197	0.3187
Harina Arroz	0.1300	0.1300	0.1300	0.1300
Fosfato Tricálcico	0.0158	0.0158	0.0158	0.0159
Aceite de Palma	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100
Carbonato de Calcio	0.0049	0.0048	0.0048	0.0048
Sal	0.0035	0.0035	0.0035	0.0035
DL-Metionina	0.0032	0.0032	0.0032	0.0032
Premezcla Vit. y Min.	0.0030	0.0030	0.0030	0.0030
L-Lisina HCl	0.0026	0.0024	0.0022	0.0020
L- Treonina	0.0011	0.0010	0.0009	0.0008

(Continuación Tabla 4)

Cloruro Colina 60%	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007
Bicarbonato Sodio	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Polen Abeja		0.0050	0.0100	0.0150
<b>Análisis de nutrientes calculado</b>				
Energía Metabolizable (Mcal/kg)	2.982	2.985	2.988	2.990
Proteína (%)	21.0	21.0	21.0	21.0
Polen abeja (%)	0.0	0.5	1.0	1.5
Calcio (%)	0.91	0.91	0.91	0.92
Fósforo-disponible (%)	0.46	0.46	0.46	0.48
Balance. Electrolítico (mEq)	209.1	215.5	222.0	228.5
Lisina digestible (%)	1.19	1.19	1.19	1.19

Se realizó un análisis proximal y microbiológico del polen de abeja utilizado como aditivo funcional de acuerdo a los protocolos propuestos por la AOAC (1996) en el Laboratorio de Nutrición Animal y microbiología de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Las dietas diseñadas fueron isocalóricas e isoproteicas, manteniendo niveles similares de calcio y fósforo.

**Tabla 5.**

*Composición nutricional de las dietas experimentales de polen de abeja y la dieta control para la fase de crecimiento.*

<b>Dietas experimentales</b>				
<b>Crecimiento (día 22 al 35 de edad)</b>				
<b>Ingredientes</b>	<b>Control</b>	<b>Polen 0.5%</b>	<b>Polen 1.0%</b>	<b>Polen 1.5%</b>
Maíz	0.5255	0.5270	0.5240	0.5218
Torta Soya-45	0.2892	0.2875	0.2864	0.2851
Harina Arroz	0.1200	0.1200	0.1200	0.1200
Fosfato Tricálcico	0.0109	0.0109	0.0108	0.0108
Aceite de Palma	0.0310	0.0310	0.0310	0.0300
Carbonato de Calcio	0.0050	0.0050	0.0050	0.0050
Sal	0.0035	0.0035	0.0035	0.0035
DL-Metionina	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028
Premezcla Vit. y Min.	0.0030	0.0030	0.0030	0.0030
L-Lisina HCl	0.0021	0.0021	0.0019	0.0017
L- Treonina	0.0008	0.0008	0.0007	0.0006
Cloruro Colina 60%	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007
Bicarbonato Sodio	0.0013	0.0007	0.0002	0.0000
Polen Abeja		0.0050	0.0100	0.0150

(Continuación Tabla 5)

<b>Análisis de nutrientes calculado</b>				
Energía Metabolizable (Mcal/kg)	3.150	3.154	3.159	3.157
Proteína (%)	19.5	19.5	19.5	19.5
Polen abeja (%)	0.0	0.5	1.0	1.5
Calcio (%)	0.73	0.73	0.73	0.73
Fósforo-disponible (%)	0.37	0.37	0.37	0.37
Balance. Electrolítico (mEq)	216.0	210.0	210.0	214.2
Lisina digestible (%)	1.08	1.08	1.08	1.08

Los niveles de inclusión para las dietas experimentales con Polen de Abeja, fueron establecidos a través de la revisión de literatura. Las aves fueron pesadas con la ayuda de balanza electrónica (exactitud de 0.5g), los días 1, 7, 14, 21, 28, 35 y 42 de edad, simultáneamente se registró el consumo de alimento de cada comedero para calcular por diferencia el consumo de cada corral y se registró la mortalidad diaria para cada tratamiento. Los tratamientos experimentales utilizados fueron: Control; nivel de inclusión de 0.5% de polen de abeja (Polen 0.5%); nivel de inclusión de 1.0% de polen de abeja (Polen 1.0%) y nivel de inclusión de 1.5% de polen de abeja (Polen 1.5%).

**Tabla 6.**

*Composición nutricional de las dietas experimentales de polen de abeja y la dieta control para la fase de finalización.*

<b>Dietas experimentales</b>				
<b>Finalización (día 36 al 42 edad)</b>				
<b>Ingredientes</b>	<b>Control</b>	<b>Polen 0.5%</b>	<b>Polen 1.0%</b>	<b>Polen 1.5%</b>
Maíz	0.5755	0.5742	0.5697	0.5664
Torta Soya-45	0.2514	0.2509	0.2478	0.2467
Harina Arroz	0.1100	0.1120	0.1150	0.1150
Fosfato Tricálcico	0.0082	0.0081	0.0081	0.0082
Aceite de Palma	0.0305	0.0305	0.0305	0.0305
Carbonato de Calcio	0.0052	0.0052	0.0052	0.0052
Sal	0.0035	0.0035	0.0035	0.0035
DL-Metionina	0.0023	0.0023	0.0024	0.0024
Premezcla Vit. y Min.	0.0030	0.0030	0.0030	0.0030
L-Lisina HCl	0.0019	0.0019	0.0018	0.0016
L- Treonina	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005
Cloruro Colina 60%	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007
Bicarbonato Sodio	0.0024	0.0020	0.0018	0.0015
Polen Abeja		0.0050	0.0100	0.0150

(Continuación Tabla 6)

<b>Análisis de nutrientes calculado</b>				
Energía Metabolizable (Mcal/kg)	3.200	3.201	3.206	3.210
Proteína (%)	18.1	18.1	18.0	18.0
Polen abeja (%)	0.0	0.5	1.0	1.5
Calcio (%)	0.64	0.64	0.64	0.64
Fósforo-disponible (%)	0.32	0.32	0.32	0.32
Balance. Electrolítico (mEq)	214.0	210.0	214.0	216.5
Lisina digestible (%)	0.98	0.98	0.98	0.98

### 3.3.3 Parámetros productivos.

A partir de los datos recogidos, se obtuvieron los siguientes parámetros productivos: peso corporal (pesajes desde el día 1 de edad con intervalos de 7 días), consumo de alimento total, conversión alimenticia y mortalidad, el día 42 de edad se realizó una evaluación por replica y por tratamiento mediante indicadores productivos estándares como el factor de eficiencia europea (FEE), el % de eficiencia americana (%EA) y el índice de productividad (IP), utilizando las siguientes formulas:

- ❖ **FEE** = Viabilidad (%) \* Peso corporal vivo (kg) \* 100 / Edad (días) \* Conversión alimenticia.
- ❖ **%EA** = Peso vivo (kg) \* 100 / Conversión alimenticia.
- ❖ **IP** = % Eficiencia americana \* 100 / Conversión alimenticia.

### 3.3.4 Dinámica del desarrollo gastrointestinal.

Para describir la dinámica de desarrollo del TGI, se utilizó el protocolo descrito por Stringhini *et al.* (2006), donde cinco aves por tratamiento fueron sacrificadas por dislocación cervical los días 28 y 42 de edad. Posteriormente se realizó la disección del área abdominal, la extracción completa del TGI, para obtener el peso relativo de los órganos con respecto al peso corporal. Los componentes que se pesaron individualmente fueron: proventrículo, ventrículo, intestino delgado

(duodeno, identificado desde unión de la molleja hasta el punto de entrada del ducto de la bilis, yeyuno desde esta última zona hasta el divertículo de Meckel e íleon, desde el divertículo de Meckel hasta la unión ileocecal), ciegos y colón. Estos componentes fueron lavados en su interior con solución salina para la evacuación de su contenido intestinal. También se pesaron los órganos como: corazón, hígado y páncreas. Los componentes fueron pesados en una balanza electrónica (0.5 g de exactitud). Adicionalmente se midió la longitud (cm) del duodeno, yeyuno e íleon del intestino delgado.

### **3.3.5 Morfometría del tracto intestinal.**

Para definir la morfometría del tracto intestinal se utilizó el protocolo descrito por Maiorka *et al.* (2000), donde al día 42 de edad, tres aves seleccionadas al azar de cada tratamiento sin ayuno, fueron sacrificadas por dislocación cervical, se les removió el TGI completamente, buscando la menor manipulación del mismo y se colectaron muestras de 2 cm<sup>2</sup> de los diferentes segmentos del intestino delgado. Los sitios de muestra fueron: 1) el ápice del duodeno, 2) la mitad entre el punto de entrada del ducto de la bilis y el divertículo de Meckel (yeyuno) y 3) 10 cm proximales de la unión ileocecal (íleon). Las muestras se fijaron en una solución de formalina bufferada neutra por 72 horas. El procesamiento de las muestras se realizó por parte de un técnico especialista certificado, tomando cortes de 1 mm para la deshidratación de las muestras en alcohol, las cuales posteriormente se incluyeron en bloques de parafina para hacer cortes transversales de 2 µm con un micrótomo. Se prepararon láminas que se tiñeron con una coloración de hematoxilina-eosina. Las vellosidades fueron digitalizadas por medio de una cámara acoplada a un microscopio de contraste de fases Nikon® Eclipse 600 y analizadas por medio del programa para análisis de imágenes NIS-Elements BR 3.2®. Se seleccionaron diez vellosidades adyacentes por corte, a las

cuales se les tomaron las siguientes dimensiones: Altura de la vellosidad (desde el ápice hasta la base de la vellosidad), profundidad de la cripta (desde la base de la vellosidad hasta la lámina basal), la amplitud (tomando medición a la altura del ápice y la base de la vellosidad) y la relación vellosidad/cripta. El área de la superficie de la vellosidad fue calculada usando la siguiente formula  $= (((AV \text{ ápice} + AV \text{ base}) / 2) \times LV) / 2$  en la cual AV = ancho de la vellosidad y LV = largo de la vellosidad.

### **3.3.6 Proteínas totales en sangre.**

Se determinaron mediante el método de Biuret, donde se forma una reacción de color violeta por la formación de un complejo de cobre en un medio alcalino con compuestos que poseen más de un enlace peptídico como las proteínas. Este método presenta un rango de sensibilidad ( $\mu\text{g}$ ) entre 1000 – 10000, siendo un método específico para proteínas, con pocas interferencias y económico (Cano, 2013).

### **3.3.7 Rendimiento en canal.**

Al día 42 de edad se registró el peso corporal, seguidamente se sacrificaron 5 aves seleccionadas al azar por tratamiento, sacrificadas mediante sangría de la yugular a nivel del paladar, pasando por escaldado (55 - 60 °C), pelado y eviscerado manual. Una vez eviscerados se pesó la canal, grasa abdominal y las fracciones: pechuga, pierna-pernil, alas, costillar y rabadilla.

### **3.3.8 Análisis económico.**

El análisis de los efectos económicos del nivel de inclusión de polen de abeja se evaluó a través de técnicas de presupuestos parciales. Se realizará un análisis económico comparativo entre los tratamientos, basado en los costos e ingresos por tratamiento o grupo experimental. Para estimar

el costo por kilogramo de pollo en pie por tratamiento se utilizará el modelo descrito por Marini (1978). Para calcular el Costo por Kg de pollo en pie en pesos (Costo Kg/P/P) se utilizó la siguiente fórmula:

$$C=B / X + c (Y_i)$$

Dónde: B = Costo del ave de un día, (\$1.500); X = Peso corporal del pollo a los 42 días de edad; Y = Conversión de alimento; c = Costo del alimento a los 42 días de edad; i = Tratamiento experimental.

Los costos de las dietas para las diferentes fases de alimentación aparecen en la Tabla 9. Con referencia al precio del polen de abeja, se tuvo en cuenta el precio (\$) por kilogramos de polen.

**Tabla 7.**  
*Costo de las Dietas experimentales.*

Costo Dietas Experimentales						
Tratamiento	Fase					
	Inicio	Total (Kg) dieta/200 pollos	Crecimiento	Total (Kg) dieta/200 pollos	Finalización	Total (Kg) dieta/200 pollos
Control	1417.4	35,9	1568.1	75,6	1552.9	58,8
Polen 0.5%	1534.9	35,9	1582.3	74,0	1556.8	60
Polen 1.0%	1652.3	36,0	1698.7	74,8	1672.2	58,6
Polen 1.5%	1769.8	35,8	1812.2	75,5	1788.9	54,9

El Ingreso Neto Parcial por pollo en pie (INPPP) a los 42 días de edad por tratamiento se calculó de la siguiente forma:

$$INPPP = \frac{(Py * Yi) - (Px * Xi)}{n}$$

Dónde: Py = Precio de kg de pollo en pie, \$7.000; Y = Cantidad de pollo en kg a los 42 días de edad; Px = Precio del kg de alimento, \$ (Tabla 9); X = Cantidad de alimento consumido a los 42 días de edad; n = Número de pollos a los 42 días de edad / réplica; i = Tratamiento experimental.

El Ingreso Parcial por Pollo en Canal (IPPC) a los 42 días de edad se estimó mediante la ecuación:

$$IPPC = \frac{[Py (Y_i * X_i)] - INPPP}{n}$$

Dónde: INPPP = Ingreso neto parcial por pollo en pie a los 42 días, \$; Y = Cantidad de pollo en kg a los 42 días de edad; X = Rendimiento en canal, %; n = Número de pollos/tratamiento  
i = Tratamiento experimental;

El Ingreso Parcial por Pollo Fraccionado en Canal a los 42 días (IPPF) por tratamiento se estimó mediante la ecuación:

$$IPPF = \frac{[(Py_2Y_{2i} + Py_3Y_{3i} + Py_4Y_{4i} + Py_5Y_{5i} + Py_6Y_{6i}) - IPPC]}{n}$$

Dónde: IPC = Ingreso parcial por pollo en canal a los 42 días, \$; Py<sub>2</sub> = Precio de la pechuga, \$ 9.600; y = Cantidad de kg de pechuga a los 42 días; Py<sub>3</sub> = Precio de la pierna-pernil, \$ 7.500; y = Cantidad de kg de pierna-pernil a los 42 días; Py<sub>4</sub> = Precio de las alas, \$ 4.400; y = Cantidad de kg de alas a los 42 días; Py<sub>5</sub> = Precio de la costilla, \$ 2.400; y = Cantidad de kg de costilla a los 42 días; Py<sub>6</sub> = Precio de la rabadilla, \$ 2.400; y = Cantidad de kg de rabadilla a los 42 días  
n = Número de pollos/tratamiento; i = Tratamiento experimental.

### 3.3.9 Análisis estadístico.

Para determinar el efecto de los diferentes tratamientos sobre las variables consumo de alimento, peso corporal al sacrificio, ganancia de peso corporal, conversión alimenticia, Factor de Eficiencia Europea, % Eficiencia Americana, Índice de productividad, alometría del TGI, morfometría del intestino delgado, rendimiento en canal, peso de la grasa abdominal, peso de fracciones de la canal:

pechuga, pierna-pernil, alas, costillar y rabadilla y los indicadores calculados a partir del análisis económico se utilizó un diseño completamente al azar (Steel y Torrie, 1992), cuya descripción es:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

$\mu$ : Media poblacional

$A_i$ : Efecto del i-enésimo tratamiento

$\epsilon_{ij}$ : Error experimental

i: 4 tratamiento

j: 5 réplicas

$Y_{ij}$ : Valor observado de la variable

Los datos fueron analizados por ANOVA usando el procedimiento GLM de SAS versión 9.2 (2007). Cuando se presentaron diferencias significativas se utilizó la prueba de Tukey para separar la media de los tratamientos experimentales ( $P < 0.05$ ). En el caso de la variable supervivencia, al no cumplir con el supuesto de normalidad del error, se realiza una comparación estadística a través de una prueba de Kruskal Wallis (Prueba de Chi-cuadrado).

## RESULTADOS

### 3.4 Verificación de supuestos estadísticos

Para comprobar el efecto de los diferentes tratamientos experimentales sobre parámetros productivos, morfometría del intestino delgado, dinámica de desarrollo del tracto gastrointestinal, rendimiento en canal y análisis económico, se validaron los supuestos del diseño completamente al azar en torno la homogeneidad de la varianza mediante test de Leven ( $Pr > F$ ,  $alpha$  0.05), una

media del error igual a 0 (T de Student  $Pr > |t|$ ,  $alpha$  0.05) y la normalidad del error con un Test de Shapiro Wills ( $Pr < W$ ,  $alpha$  0.05). La variable supervivencia, mostró problemas de normalidad del error, razón por la cual se analizó mediante una prueba no paramétrica (Kruskal Wallis,  $Pr > Chi$ -cuadrado,  $alpha$  0.05).

### 3.5 Análisis composicional y microbiológico del polen de abeja

En la Tabla 8 se aprecia la composición química del polen de abeja utilizado en el experimento, procedente del municipio de Molagavita, Santander específicamente de los robledales presentes en la parte alta (2800msnm).

**Tabla 8.**  
*Análisis composicional del polen de abeja.*

<b>Análisis</b>	<b>Base húmeda (%)</b>	<b>Base seca (%)</b>
Materia seca	84,4	
Proteína cruda (N x 6.25)	20,2	23,9
Cenizas	1,5	1,8
Calcio	0.2	0.2
Fosforo	0.4	0.4
Energía bruta (Mcal/kg)		5.6

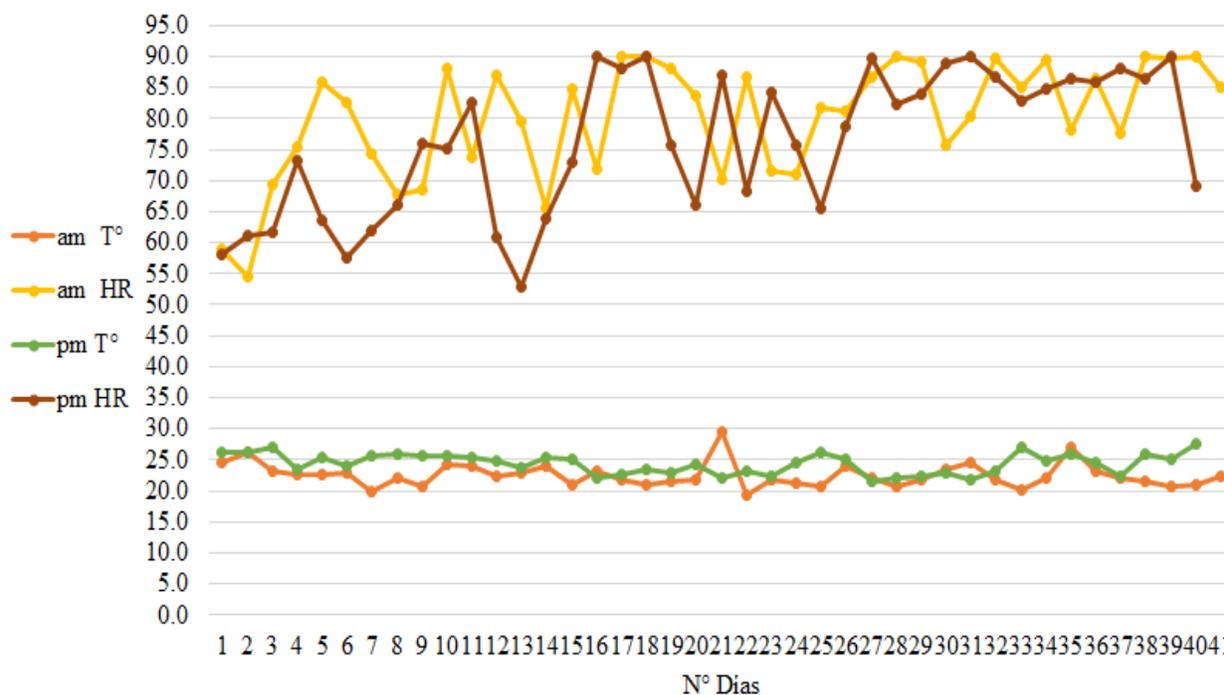
El análisis microbiológico del polen de abeja se observa en la Tabla 9. En este no se encontró ningún agente microbiano que cause alteración en la salud de humanos y animales.

**Tabla 9.**  
*Análisis microbiológico del polen de abeja.*

<b>Recuento</b>	<b>UFC/g</b>
Mesofilos	$< 1 \times 10^{-1}$
Mohos	$< 1 \times 10^{-1}$
<i>Clostridium perfringens</i>	$< 1 \times 10^{-1}$

### 3.6 Temperatura y humedad relativa

Los valores de temperatura ambiental y la humedad relativa fueron registrados durante la totalidad del experimento (Figura 1). La temperatura promedio fue de 23.5 °C y la humedad relativa de 78%. Las mayores variaciones fueron registradas en los valores de humedad relativa, coincidiendo con la presentación de lluvias en la zona.



**Figura 1.** Relacion de la temperatura (T°) y humedad relativa (HR) en horas de la mañana (AM) y tarde (PM), durante los 42 días del experimento.

### 3.7 Peso corporal inicio del experimento

En la tabla 10 se observan los valores de peso corporal al día 1 de edad de las aves para cada uno de los tratamientos experimentales, donde no se encontraron diferencias (P>0.05) entre los diferentes grupos para esta variable.

**Tabla 10.**

*Pesos corporales promedios al día uno de edad de las aves para cada tratamiento e inicio del experimento.*

Variable	Tratamiento				CME
	Control	Polen 0.5%	Polen 1.0%	Polen 1.5%	
Peso Corporal	42.0±0.3	41.8±0.3	41.6±0.1	42.1±0.6	0.169

CME: Cuadrado Medio del Error.

### 3.8 Parámetros productivos

Los parámetros productivos al día 21 y 42 de edad se observan en las Tablas 11 y 12, respectivamente. No se encontraron diferencias ( $P>0.05$ ) entre los tratamientos para las variables: peso corporal (g), ganancia de peso acumulada (g), consumo acumulado (g) y conversión acumulada al día 21 de edad de las aves.

**Tabla 11.**

*Parámetros productivos a partir de la inclusión de tres niveles (0.5%, 1.0% y 1.5%) de polen de abeja al día 21 de edad de los pollos.*

Variable	Tratamiento				CME
	Control	Polen 0.5%	Polen 1.0%	Polen 1.5%	
Peso Corporal	752.5±26.8	760.0±18.1	748.7±12.8	729.0±23.5	9.387
Ganancia de Peso Acumulada	710.5±27.1	718.2±17.9	707.1±12.8	686.9±19.9	8.977
Consumo Acumulado	998.5±18.2	993.8±13.0	1009.8±9.7	997.6±13.7	6.258
Conversión Acumulada	1.4±0.06	1.4±0.03	1.4±0.03	1.5±0.06	0.021

CME: Cuadrado Medio del Error.

En la Tabla 12 se observan diferencias significativas ( $P<0.05$ ) entre los tratamientos al día 42 de edad de los pollos sobre parámetros productivos a excepción de la variable supervivencia. El Polen 1.5% y 0.5% mostraron un mayor peso corporal (2440.0±52.4 y 2439.3±23.4) y ganancia de peso (2397.9±52.2 y 2397.5±23.4) frente a los demás tratamientos experimentales. El Control obtuvo un mayor consumo acumulado (g) (3764.3±46.8) frente al Polen 1.5% que mostro el menor

valor para esta variable (3670.1±33.2), donde el Polen 0.5% y 1.0% se comportaron de manera intermedia (3724.4±56.6 y 3748.5±52.6, respectivamente). La mayor conversión fue para el Polen 1.0% (1.6±0.01), seguido del Polen 0.5% (1.6±0.03) y Control (1.6±0.02) quienes obtuvieron valores intermedios, mientras el menor valor fue para el Polen 1.5% (1.5±0.02).

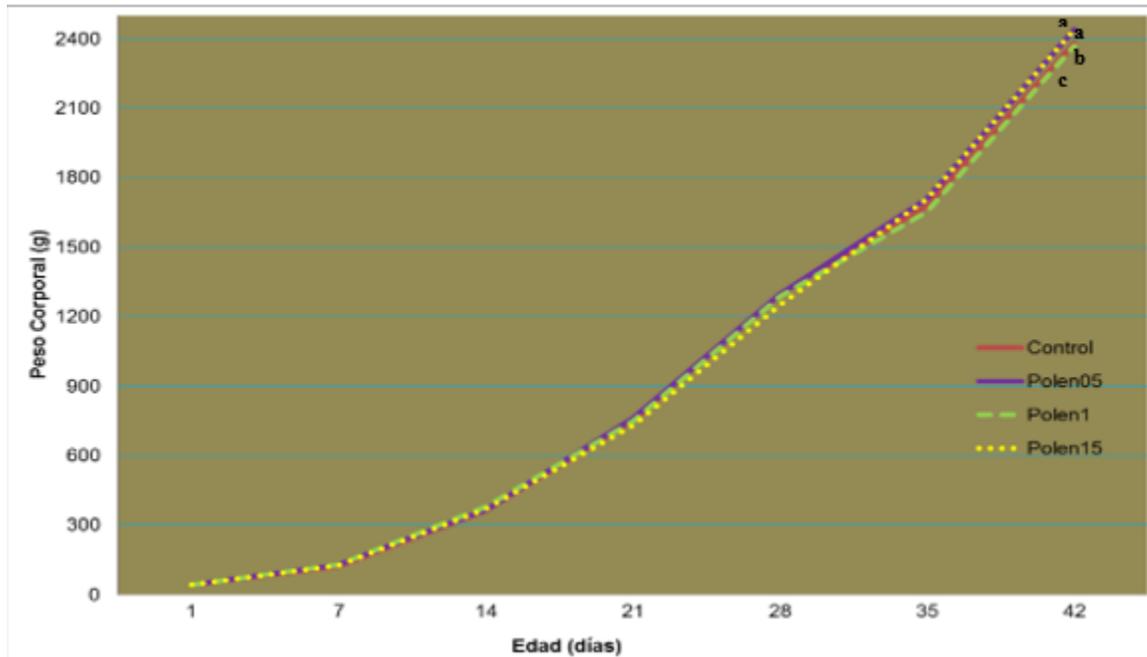
**Tabla 12.**

*Parámetros productivos a partir de la inclusión de tres niveles (0.5%, 1.0% y 1.5%) de polen de abeja en un ciclo completo de pollo de engorde (día 42 de edad).*

Variable	Tratamiento				CME
	Control	Polen 0.5%	Polen 1.0%	Polen 1.5%	
Peso Corporal	2379.9±17.4 <sup>ab</sup>	2439.3±23.4 <sup>a</sup>	2365.3±45.4 <sup>b</sup>	2440.0±52.4 <sup>a</sup>	16.82
Ganancia de Peso Acumulada	2337.8±17.6 <sup>ab</sup>	2397.5±23.4 <sup>a</sup>	2323.7±45.5 <sup>b</sup>	2397.9±52.2 <sup>a</sup>	16.816
Consumo Acumulado	3764.3±46.8 <sup>a</sup>	3724.4±56.6 <sup>ab</sup>	3748.5±52.6 <sup>ab</sup>	3670.1±33.2 <sup>b</sup>	21.514
Conversión Acumulada	1.6±0.02 <sup>ab</sup>	1.6±0.03 <sup>bc</sup>	1.6±0.01 <sup>a</sup>	1.5±0.02 <sup>c</sup>	0.009
Supervivencia*	96.0±8.94	96.0±5.48	98.0±4.47	96.0±5.48	2.83

Cuadrado Medio del Error; \* Prueba de Kruskal Wallis (Pr >Chi-cuadrado 0.894).

En la gráfica 2 se observan las curvas de crecimiento para la totalidad del periodo evaluado. Se observaron diferencias (P<0.05) entre los diferentes tratamientos a la sexta semana. Los tratamientos con inclusión de Polen 1.5% y 0.5% obtuvieron los mayores pesos corporales frente al Polen 1.0%, donde el Control se comportó de manera intermedia.



**Grafica 2.** Curva de crecimiento evaluada durante los seis periodos del día 1 al 42 de edad para cada tratamiento.

### 3.9 Indicadores productivos

Las variables Índice de Eficiencia Europea (NPE), Índice de Eficiencia Americana (EA) e índice de productividad (IP) se muestran en la Tabla 13. Para la variable NPE no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos. En las variables EA e IP se encontraron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos, siendo el Polen 1.5% y 0.5% los tratamientos que obtuvieron los mayores valores frente a los tratamientos Control y Polen 1.0%, comportándose de manera similar entre ellos.

**Tabla 13.**

*Indicadores productivos obtenidos a partir de la suplementación de polen de abeja en 0.5%, 1.0% y 1.5% en un ciclo completo de pollos de engorde (día 42 de edad).*

Variable	Tratamiento				
	Control	Polen 0.5%	Polen 1.0%	Polen 1.5%	CME
NPE	356.6±10.2	359.0±17.2	342.2±20.5	364.7±26.3	8.7
EA	150.8±2.4 <sup>b</sup>	157.1±3.0 <sup>a</sup>	146.6±3.0 <sup>b</sup>	159.4±3.0 <sup>a</sup>	1.3
IP	95.6±2.6 <sup>b</sup>	101.2±3.6 <sup>a</sup>	90.9±2.2 <sup>b</sup>	104.2±2.4 <sup>a</sup>	1.2

NPE: Índice de Eficiencia Europea; EA: Índice de Eficiencia Americana; IP: Índice de Productividad; CME: Cuadrado Medio del Error.

### 3.10 Dinámica de desarrollo del tracto gastrointestinal (TGI)

El efecto de los tratamientos experimentales suplementados con polen de abeja en diferentes niveles de inclusión sobre la dinámica del TGI al día 28 y 42 de edad de los pollos se observan en la Tabla 14, 15, 16 y 17. Todos los componentes del TGI aumentaron su peso y longitud a través del tiempo.

En la Tabla 14 se muestra el peso de los componentes del tracto gastrointestinal al día 28 de edad de las aves en los tratamientos experimentales. Se encontraron diferencias ( $P < 0.05$ ) en el 71% de los componentes del TGI (peso del TGI, corazón, páncreas, hígado, proventrículo, ventrículo, colon, ciego lleno y ciego vacío) entre los tratamientos. En la variable TGI, el Polen 1.5% ( $12.551 \pm 0.447$ ) y Polen 1.0% ( $12.545 \pm 0.325$ ) obtuvieron los valores más altos, frente al Polen 0.5% ( $11.750 \pm 0.335$ ) que presentó un menor valor del TGI y el Control ( $12.277 \pm 0.265$ ) mostro un comportamiento intermedio ( $P < 0.05$ ).

**Tabla 14.**

*Efecto de la suplementación de polen de abeja sobre el peso los componentes del TGI de los pollos de engorde al día 28 de edad.*

Variable	Tratamiento				CME
	g / 100 g de peso vivo				
	Control	Polen 0.5%	Polen 1.0%	Polen 1.5%	
TGI	12.277±0.265 <sup>ab</sup>	11.750±0.335 <sup>b</sup>	12.545±0.325 <sup>a</sup>	12.551±0.447 <sup>a</sup>	0.156
Corazón	0.632±0.007 <sup>c</sup>	0.773±0.016 <sup>a</sup>	0.661±0.016 <sup>b</sup>	0.652±0.012 <sup>cb</sup>	0.006
Páncreas	0.317±0.005 <sup>a</sup>	0.315±0.009 <sup>a</sup>	0.280±0.008 <sup>b</sup>	0.302±0.016 <sup>a</sup>	0.005
Hígado	2.714±0.063 <sup>a</sup>	2.604±0.071 <sup>ab</sup>	2.526±0.060 <sup>b</sup>	2.502±0.103 <sup>b</sup>	0.034
Proventrículo	0.667±0.014 <sup>a</sup>	0.619±0.017 <sup>b</sup>	0.698±0.023 <sup>a</sup>	0.662±0.030 <sup>a</sup>	0.010
Ventrículo	2.323±0.039 <sup>cb</sup>	2.280±0.045 <sup>c</sup>	2.627±0.052 <sup>a</sup>	2.380±0.069 <sup>b</sup>	0.024
Colon	0.173±0.006 <sup>a</sup>	0.151±0.005 <sup>b</sup>	0.143±0.006 <sup>b</sup>	0.148±0.012 <sup>b</sup>	0.003
Ciego lleno	0.682±0.016 <sup>a</sup>	0.548±0.005 <sup>c</sup>	0.588±0.011 <sup>b</sup>	0.497±0.018 <sup>d</sup>	0.006
Ciego vacío	0.123±0.004 <sup>c</sup>	0.373±0.006 <sup>b</sup>	0.388±0.008 <sup>a</sup>	0.361±0.010 <sup>b</sup>	0.003
Duodeno	0.724±0.025	0.728±0.032	0.694±0.031	0.748±0.051	0.016
Yeyuno	1.265±0.042	1.333±0.048	1.357±0.054	1.323±0.081	0.026
Íleon	1.076±0.022	1.088±0.029	1.068±0.039	1.105±0.026	0.013
IDP	3.086±0.091	3.163±0.110	3.080±0.056	3.202±0.191	0.055
IGCV	0.614±0.015 <sup>a</sup>	0.524±0.010 <sup>cb</sup>	0.535±0.014 <sup>b</sup>	0.508±0.015 <sup>c</sup>	0.006

IDP: Peso Intestino Delgado; IGCV: Peso Intestino Grueso (ciegos vacíos); CME: Cuadrado Medio del Error

Con relación al corazón, el Polen 0.5% mostro un mayor peso (0.773±0.016), mientras el Control obtuvo el menor valor (0.632±0.007), seguido del Polen 1.0%, mientras el Polen 1.5% mostro un valor intermedio entre estos dos últimos. Para la variable páncreas, el Control (0.317±0.005), Polen 0.5% (0.315±0.009) y Polen 1.5% (0.302±0.016) mostraron mayores valores mayor frente al Polen 1.0% (0.280±0.008), comportándose similares entre ellos (P<0.05).

El tratamiento Control (2.714±0.063) mostro el mayor peso del hígado comparado al Polen 1.0% (2.526±0.060) y Polen 1.5% (2.502±0.103), los cuales obtuvieron los menores valores sin diferencias entre ellos, mientras que el Polen 0.5% (2.604±0.071) mostro un comportamiento intermedio frente a los demás tratamientos.

En la variable proventrículo, el Polen 1.0% ( $0.698 \pm 0.023$ ), Control ( $0.667 \pm 0.014$ ) y Polen 1.5% ( $0.662 \pm 0.030$ ) obtuvieron mayores pesos frente al Polen 0.5% ( $0.619 \pm 0.017$ ) ( $P < 0.05$ ). En el caso del ventrículo, el mayor peso fue para Polen 1.0% ( $2.627 \pm 0.052$ ) y el menor para el Polen 0.5% ( $2.280 \pm 0.045$ ), seguido del Polen 1.5% ( $2.380 \pm 0.069$ ), mientras el Control ( $2.323 \pm 0.039$ ) mostro un comportamiento intermedio entre estos dos últimos.

Con relación al colon, el Control presento un valor más alto entre los tratamientos, mientras que el Polen 0.5% ( $0.151 \pm 0.005$ ), 1.5% ( $0.148 \pm 0.012$ ) y 1.0% ( $0.143 \pm 0.006$ ) obtuvieron los menores pesos sin diferencias entre ellos. En el peso del ciego lleno todos los tratamientos son diferentes ( $P < 0.05$ ), donde el Control ( $0.682 \pm 0.016$ ) obtuvo un valor más alto, seguido del Polen 1.0% ( $0.588 \pm 0.011$ ), Polen 0.5% ( $0.548 \pm 0.005$ ) y el menor para el Polen 1.5% ( $0.497 \pm 0.018$ ). En el peso del ciego vacío el valor más alto fue para el Polen 1.0% ( $0.388 \pm 0.008$ ), mientras el Polen 0.5% ( $0.373 \pm 0.006$ ) y Polen 1.5% ( $0.361 \pm 0.010$ ) se comportaron similar entre ellos y el Control mostro el menor valor ( $0.123 \pm 0.004$ ).

Con relación a las variables duodeno, yeyuno, íleon e IDP no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos. Con relación al intestino grueso, en la variable IGCV, el Control ( $0.614 \pm 0.015$ ) obtuvo un mayor peso, frente al Polen 1.5% que mostro el menor valor ( $0.508 \pm 0.015$ ) seguido del Polen 1.0% ( $0.535 \pm 0.01$ ) y el Polen 0.5% ( $0.524 \pm 0.010$ ) mostro un comportamiento intermedio entre estos dos y diferente al Control.

En la Tabla 15 se observan los valores de longitud para los componentes del TGI en valores relativos al día 28 de edad. No se observaron diferencias significativas. Numéricamente, a los 28 días de edad, el tratamiento Polen 1.5% mostro los valores más altos.

**Tabla 15.**

*Efecto de la suplementación de polen de abeja sobre la longitud de los componentes del TGI de los pollos de engorde al día 28 de edad.*

Variable	Tratamiento				
	cm / 100 g de peso vivo				
	Control	Polen 0.5%	Polen 1.0%	Polen 1.5%	CME
Duodeno	2.152±0.110	2.145±0.140	2.072±0.115	2.216±0.090	0.052
Yeyuno	5.117±0.262	5.072±0.314	4.766±0.273	5.202±0.212	0.120
Íleon	4.613±0.255	4.895±0.321	4.760±0.264	5.071±0.450	0.148
IDL	11.887±0.630	12.114±0.777	11.599±0.652	12.703±1.107	0.364

IDL: Longitud Intestino Delgado; CME: Cuadrado Medio del Error.

En la Tabla 16 se muestra el peso de los componentes del tracto gastrointestinal al día 42 de edad de las aves en los tratamientos observando diferencias significativas.

**Tabla 16.**

*Efecto de la suplementación de polen de abeja sobre el peso de los componentes del TGI en pollos de engorde al día 42 de edad.*

Variable	Tratamiento				
	g / 100 g de peso vivo				
	Control	Polen 0.5%	Polen 1.0%	Polen 1.5%	CME
TGI	9.970±0.319 <sup>a</sup>	9.230±0.127 <sup>b</sup>	9.948±0.244 <sup>a</sup>	9.988±0.230 <sup>a</sup>	0.107
Corazón	0.606±0.004 <sup>b</sup>	0.650±0.006 <sup>a</sup>	0.531±0.012 <sup>c</sup>	0.520±0.013 <sup>c</sup>	0.004
Páncreas	0.263±0.008 <sup>a</sup>	0.246±0.003 <sup>b</sup>	0.216±0.006 <sup>c</sup>	0.215±0.007 <sup>c</sup>	0.003
Hígado	2.177±0.074 <sup>a</sup>	2.067±0.027 <sup>b</sup>	2.045±0.046 <sup>b</sup>	1.923±0.051 <sup>c</sup>	0.023
Proventrículo	0.538±0.018 <sup>a</sup>	0.492±0.006 <sup>b</sup>	0.522±0.016 <sup>a</sup>	0.493±0.015 <sup>b</sup>	0.006
Ventrículo	1.967±0.051 <sup>b</sup>	1.925±0.019 <sup>b</sup>	2.202±0.041 <sup>a</sup>	1.973±0.037 <sup>b</sup>	0.017
Colon	0.127±0.006 <sup>a</sup>	0.117±0.002 <sup>b</sup>	0.101±0.004 <sup>c</sup>	0.087±0.005 <sup>d</sup>	0.002
Ciego lleno	0.550±0.010 <sup>a</sup>	0.510±0.002 <sup>b</sup>	0.498±0.009 <sup>b</sup>	0.395±0.009 <sup>c</sup>	0.004
Ciego vacío	0.099±0.003 <sup>c</sup>	0.326±0.002 <sup>a</sup>	0.321±0.006 <sup>a</sup>	0.263±0.009 <sup>b</sup>	0.003
Duodeno	0.518±0.027 <sup>a</sup>	0.504±0.011 <sup>a</sup>	0.467±0.020 <sup>b</sup>	0.487±0.021 <sup>ab</sup>	0.009
Yeyuno	0.925±0.044 <sup>ab</sup>	0.985±0.017 <sup>a</sup>	0.953±0.036 <sup>ab</sup>	0.898±0.035 <sup>b</sup>	0.015
Íleon	0.890±0.026 <sup>a</sup>	0.871±0.011 <sup>a</sup>	0.768±0.027 <sup>c</sup>	0.813±0.027 <sup>b</sup>	0.011
(Continuación Tabla 16)					
IDP	2.323±0.101 <sup>ab</sup>	2.356±0.039 <sup>a</sup>	2.187±0.082 <sup>b</sup>	2.195±0.084 <sup>b</sup>	0.036
IGCV	0.482±0.018 <sup>a</sup>	0.444±0.004 <sup>b</sup>	0.420±0.011 <sup>c</sup>	0.348±0.014 <sup>d</sup>	0.006

IDP: Peso Intestino Delgado; IGCV: Peso Intestino Grueso (ciegos vacíos) Ciegos; CME: Cuadrado Medio del Error.

Con relación al peso del tracto gastrointestinal al día 42 de edad de los pollos, el Polen 1.5% ( $9.988 \pm 0.230$ ), Control ( $9.970 \pm 0.319$ ) y Polen 1.0% ( $9.948 \pm 0.244$ ) fueron similares para esta variable, mientras que el Polen 1.5% ( $9.988 \pm 0.230$ ) mostro el menor valor. De otro lado, se observó un mayor peso del corazón para el Polen 0.5% ( $0.650 \pm 0.006$ ), mientras el Polen 1.0% y Polen 1.5% ( $0.531 \pm 0.012$  y  $0.520 \pm 0.013$ , respectivamente) mostraron los menores valores sin ser diferentes entre ellos y el Control ( $0.606 \pm 0.004$ ) se comportó de manera intermedia.

Con relación al páncreas se observó un peso más alto en el Control ( $0.263 \pm 0.008$ ), el Polen 1.0% y 1.5% se comportaron semejantes entre ellos y presentaron los valores de peso más bajos ( $0.216 \pm 0.006$  y  $0.215 \pm 0.007$ ). En la variable de peso del hígado los tratamientos Polen 0.5% y 1.0% ( $2.067 \pm 0.027$  y  $2.045 \pm 0.046$ ) se comportaron semejantes y de manera intermedia entre los tratamientos para esta variable, el Control ( $2.177 \pm 0.074$ ) tuvo un mayor peso del hígado y el Polen 1.5% obtuvo el menor peso ( $1.923 \pm 0.051$ ).

De otro lado, el tratamiento Control y Polen 1.0% ( $0.538 \pm 0.018$  y  $0.522 \pm 0.016$ ) se comportaron significativamente semejantes y con un valor más alto de peso del proventrículo, frente al Polen 1.5% y 0.5% que obtuvieron los pesos más pequeños ( $0.493 \pm 0.015$  y  $0.492 \pm 0.006$ ) para esta variable. En la variable peso del ventrículo el tratamiento Polen 1.0% ( $2.202 \pm 0.041$ ) alcanzó el valor más alto, siendo diferente de los tratamientos Polen 1.5%, Control y Polen 0.5% los cuales se comportaron significativamente semejantes con valores de peso menores ( $1.973 \pm 0.037$ ,  $1.967 \pm 0.051$  y  $1.925 \pm 0.019$ , respectivamente).

En cambio, en las variables peso del colon e IGCV se observó que todos los tratamientos obtuvieron valores diferentes de peso. El tratamiento control mostro un mayor promedio de peso, seguido del Polen 0.5% y 1.0% y alcanzando el menor promedio de peso el Polen 1.5% para estas variables. Entre tanto, en el peso del ciego lleno el tratamiento que presento un valor más alto

( $0.550 \pm 0.010$ ) fue el Control, observándose un menor peso en el Polen 1.5% para esta variable, presentando el Polen 0.5% y 1.0% pesos semejantes menores al Control y mayores al Polen 1.5%. De otro lado, el Polen 0.5% y 1.0% ( $0.326 \pm 0.002$  y  $0.321 \pm 0.006$ ) obtuvieron los valores de peso más altos del ciego vacío siendo diferentes del Polen 1.5% y Control, en el cual Polen 1.5% mostro el tercer valor ( $0.263 \pm 0.009$ ) más alto entre los tratamientos, obteniendo el valor más bajo de peso del ciego vacío el Control ( $0.099 \pm 0.003$ ).

Acerca de la variable peso del duodeno cabe destacar que el tratamiento Control y Polen 0.5% son semejantes y mostraron los valores ( $0.518 \pm 0.027$  y  $0.504 \pm 0.011$ ) más altos de peso, frente al Polen 1.5% que tuvo un valor intermedio para esta variable entre los tratamientos, obteniendo el menor valor de peso el polen 1.0% ( $0.467 \pm 0.020$ ). Por el contrario, en la variable peso del yeyuno el Polen 0.5% y 1.5% difieren entre ellos, mientras el Polen 1.0% y Control se comportaron con un valor promedio ( $0.953 \pm 0.036$  y  $0.925 \pm 0.044$ ) de peso intermedio entre los tratamientos.

Por lo que se refiere, a la variable peso del íleon el Control y Polen 0.5% presentaron niveles significativos semejantes con promedios de peso más altos ( $0.890 \pm 0.026$  y  $0.871 \pm 0.011$ ), frente al Polen 1.5% y Polen 1.0%, este último obtuvo el menor valor de peso ( $0.768 \pm 0.027$ ) para esta variable. Por el contrario, el tratamiento con Polen 0.5% mostro el mejor promedio de peso ( $2.356 \pm 0.039$ ) del intestino delgado, frente al Polen 1.5% y 1.0% que se comportaron semejantes con los valores de peso ( $2.195 \pm 0.084$  y  $2.187 \pm 0.082$ ) más bajos entre los tratamientos, el Control ( $2.323 \pm 0.101$ ) obtuvo un peso intermedio entre los tratamientos suplementados.

Con respecto a la alometria del intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon) en pollos de engorde al día 42 de edad no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos como se observa en la Tabla 17.

**Tabla 17.**

*Efecto de la suplementación de polen de abeja sobre la longitud de los componentes del TGI de los pollos de engorde al día 42 de edad.*

Variable	Tratamiento				
	cm / 100 g de peso vivo				
	Control	Polen 0.5%	Polen 1.0%	Polen 1.5%	CME
Duodeno	1.324±0.097	1.241±0.038	1.269±0.066	1.323±0.073	0.032
Yeyuno	3.149±0.231	3.020±0.088	2.872±0.154	3.105±0.171	0.076
Íleon	2.741±0.215	2.828±0.088	2.910±0.152	2.897±0.164	0.072
IDL	7.379±0.283	7.086±0.214	7.049±0.372	7.417±0.318	0.135

IDL: Longitud Intestino Delgado; CME: Cuadrado Medio del Error

Sin embargo, es importante hacer notar que la longitud del duodeno y yeyuno fue mayor para los tratamientos Control y Polen 1.5%. En la longitud del íleon el Polen 1.0% (2.910±0.152) tuvo un mayor valor frente al Control (2.741±0.215) que fue el menor. No obstante, en la longitud del intestino delgado (IDL) en Polen 1.5% (7.417±0.318) obtuvo la mayor longitud, seguido del Control (7.379±0.283) y Polen 0.5% (7.086±0.214), presentando un menor (7.049±0.372) IDL el tratamiento con la inclusión de Polen 1.0%.

### 3.11 Morfometría del intestino delgado

El efecto de suplementación de polen de abeja al 0.5%, 1.0% y 1.5% sobre la morfometría (altura de la vellosidad, profundidad de la cripta, área aparente de la vellosidad y relación vellosidad/cripta) del intestino delgado en pollos de engorde al día 42 de edad, se muestra en la Tabla 18.

A nivel del duodeno se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en las variables altura de la vellosidad, profundidad de la cripta y relación vellosidad/cripta, con excepción del área aparente de la vellosidad entre los tratamientos experimentales. El Polen 1.5% fue mayor para la

variable altura de la vellosidad (1903.84µm), el tratamiento Control (1720.2µm) mostro un comportamiento intermedio entre Polen 0.5% (1769.7µm) y Polen 1.0% presentando el menor valor para esta variable el Polen 1.0% (1633.7.8µm).

**Tabla 18.**

*Comparación de la altura, profundidad de cripta, área aparente y relación vellosidad-cripta en el intestino delgado (Duodeno, Yeyuno e Íleon) al día 42 de edad de las aves, por tratamiento.*

Tratamiento	Variable			
	Duodeno			
	Altura Vell	Prof.Crip.Vell	Área Apa. Vell	Relación Vell/Crip
Control	1720.2±148.2 <sup>cb</sup>	282.7±46.2 <sup>a</sup>	117491.8±16695.0	6.3±1.3 <sup>b</sup>
Polen 0.5%	1769.7±165.1 <sup>b</sup>	292.2±33.6 <sup>a</sup>	114091.7±12563.8	6.4±1.1 <sup>b</sup>
Polen 1.0%	1633.7±192.8 <sup>c</sup>	264.5±50.9 <sup>a</sup>	124440.8±15823.4	6.7±0.94 <sup>b</sup>
Polen 1.5%	1903.8±116.4 <sup>a</sup>	189.9±47.4 <sup>b</sup>	122805.4±16164.6	14.0±1.6 <sup>a</sup>
CME	34.2	9.4	3902.7	0.3
	Yeyuno			
	Altura Vell	Prof.Crip.Vell	Área Apa. Vell	Relación Vell/Crip
Control	1298.3±67.7 <sup>b</sup>	247.4±27.2 <sup>a</sup>	70536.7±9911.1 <sup>b</sup>	4.9±1.4 <sup>c</sup>
Polen 0.5%	1421.7±97.2 <sup>a</sup>	253.2±41.1 <sup>a</sup>	70286.7±9416.2 <sup>b</sup>	5.9±1.3 <sup>cb</sup>
Polen 1.0%	1379.1±85.2 <sup>ab</sup>	214.6±35.0 <sup>b</sup>	67197.8±5422.5 <sup>b</sup>	6.2±1.4 <sup>b</sup>
Polen 1.5%	1403.2±87.6 <sup>a</sup>	139.7±26.6 <sup>c</sup>	81763.7±7585.0 <sup>a</sup>	10.5±1.9 <sup>a</sup>
CME	19.8	7.2	1890.0	0.3
	Íleon			
	Altura Vell	Prof.Crip.Vell	Área Apa. Vell	Relación Vell/Crip
Control	1289.5±79.2 <sup>a</sup>	231.7±18.3 <sup>a</sup>	45977.8±7396.8 <sup>b</sup>	5.5±0.8 <sup>cb</sup>
Polen 0.5%	1134.2±71.5 <sup>b</sup>	210.5±18.3 <sup>b</sup>	54675.3±7704.9 <sup>a</sup>	5.2±0.5 <sup>c</sup>
Polen 1.0%	1013.9±51.1 <sup>c</sup>	152.1±18.8 <sup>c</sup>	56274.7±7456.2 <sup>a</sup>	5.9±0.8 <sup>b</sup>
Polen 1.5%	905.3±45.5 <sup>d</sup>	123.0±17.9 <sup>d</sup>	44710.3±5599.2 <sup>b</sup>	6.6±0.6 <sup>a</sup>
CME	14.2	4.0	1603.4	0.1

Altura Vell: Altura de la Vellosidad; Prof. Crip. Vell: Profundidad de Cripta de la Vellosidad; Área Apa. Vell: Área Aparente de la Vellosidad; Relación Vell/Crip: Relación Vellosidad/Cripta; CME: Cuadrado Medio del Error.

En lo referente a la profundidad de cripta el Polen 1.5% presento el menor valor (189.9µm), frente al Polen 0.5% (292.2µm), Control (282.7µm) y Polen 1.0% (264.5µm) estos se comportaron semejantes significativamente. En la variable relación vellosidad/cripta, el Polen 1.5% mostro el valor más alto (14.0µm), mientras que el Polen 1.0% (6.7µm), Polen 0.5% (6.4µm) y el Control (6.3µm) fueron semejantes y con valores menores.

En la morfometría a nivel del yeyuno, se observaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos. En la variable altura de la vellosidad el Polen 0.5% y Polen 1.5% ( $1421.7\mu\text{m} \pm 97.2$  y  $1403.2\mu\text{m} \pm 87.6$ ) mostraron los valores más altos con niveles de significancia semejantes, frente al tratamiento Control ( $1298.3\mu\text{m} \pm 67.7$ ) que obtuvo el menor valor en altura de la vellosidad, el Polen 1.0% ( $1379.1\mu\text{m} \pm 85.2$ ) se comportó con un valor intermedio los tratamientos. Respecto a la profundidad de cripta del yeyuno el Polen 1.5% ( $123.0\mu\text{m} \pm 17.9$ ) presentó el menor valor antecedido del Polen 1.0%, el Control y Polen 0.5% ( $247.4\mu\text{m} \pm 27.2$  y  $253.2\mu\text{m} \pm 41.1$ ) son mayores con un comportamiento semejante.

Con relación al área aparente de la vellosidad a nivel del yeyuno el Polen 1.5% ( $81763.7\mu\text{m}$ ) obtuvo un mayor valor promedio, este difiere del Polen 0.5% ( $70286.7\mu\text{m}$ ), Polen 1.0% ( $67197.8\mu\text{m}$ ) y Control ( $45977.8\mu\text{m}$ ) los cuales mostraron valores menores, pero significativamente semejantes. En la variable relación vellosidad/cripta el Polen 1.5% mostró el valor más alto ( $10.5\mu\text{m} \pm 1.9$ ), este tratamiento difiere del Polen 1.0% y Control con valores más bajos, presentando el Polen 0.5% ( $5.9\mu\text{m} \pm 1.3$ ) un valor intermedio entre el Polen 1.0% ( $6.2\mu\text{m} \pm 1.4$ ) y Control ( $4.9\mu\text{m} \pm 1.4$ ).

En las variables morfométricas evaluadas a nivel de la microestructura del íleon se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos experimentales. En la variable altura de la vellosidad y profundidad de la cripta todos los tratamientos difieren uno del otro, presentando un mayor valor promedio el Control ( $1289.5\mu\text{m} \pm 79.2$  -  $231.72\mu\text{m} \pm 18.3$ ), seguido del Polen 0.5% ( $1134.2\mu\text{m} \pm 71.5$  -  $210.5\mu\text{m} \pm 18.3$ ) y Polen 1.0% ( $1013.9\mu\text{m} \pm 51.1$  -  $152.1\mu\text{m} \pm 18.8$ ), teniendo el menor valor promedio para estas variables el Polen 1.5% ( $905.3\mu\text{m} \pm 45.5$  -  $123.0\mu\text{m} \pm 17.9$ ) entre los tratamientos experimentales.

En lo referente, al área aparente de la vellosidad a nivel del íleon los tratamientos Polen 0.5% (54675.3µm) y Polen 1.0% (56274.7µm) mostraron un mayor valor promedio semejante, frente al Control (45977.8µm) y Polen 1.5% (44710.3µm) los cuales obtuvieron un menor valor promedio para esta variable.

En la variable relación vellosidad/cripta del íleon los tratamientos experimentales suplementados con polen de abeja difieren el uno del otro. Donde el Polen 1.5% (6.6µm±0.6), obtuvo un mayor valor promedio, el tratamiento Control (5.9µm±0.8) se comportó con un valor intermedio entre el Polen 1.0% (5.5µm±0.8) y Polen 0.5% (5.2µm±0.5), este último obtuvo el menor valor en la relación vellosidad cripta a nivel del íleon.

### 3.12 Proteínas totales en sangre

Acerca de las proteínas totales en sangre no se encontraron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre los tratamientos experimentales como se muestra en la Tabla 19. Sin embargo, numéricamente el tratamiento Control obtuvo un mayor valor promedio (41.5±2.5) de proteínas totales en sangre al día 42 de edad de los pollos, seguido del Polen 1.5% con un valor de 41.2±2.6 y Polen 0.5% con valor promedio de 39.7±1.4, siendo el Polen 1.0% (38.1±2.0) el tratamiento con promedio más bajo de proteínas totales en sangre.

**Tabla 19.** Promedio ( $\pm DS$ ) y cuadrado medio del error (CME) de proteínas totales en sangre por tratamiento al día 42 de edad.

Variable	Tratamiento				CME
	Control	Polen 0.5%	Polen 1.0%	Polen 1.5%	
Proteína T.	41.5±2.5	39.7±1.4	38.1±2.0	41.2±2.6	1.3

Proteína T: Proteínas totales; CME: Cuadrado medio del error.

### 3.13 Rendimiento en canal y análisis económico

En la Tabla 20 se observan los valores para las variables rendimiento de la canal (%), grasa abdominal, alas, rabadilla, costillar y pierna pernil en kg, donde no se encontraron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre los tratamientos, con excepción de las variables peso corporal en pie, peso en canal y pechuga en kg al día 42 de edad de las aves. A continuación, en la variable de peso corporal en pie los tratamientos Polen 0.5% y Polen 1.5% mostraron un mayor peso promedio de 2.428kg y 2.427kg comportándose significativamente semejante entre ellos y difiriendo del Control, que fue el tratamiento con un menor peso promedio de 2.340kg.

Por otra parte, en el peso en canal el tratamiento Polen 1.5% obtuvo un mayor promedio ( $1.728\pm 0.017$ ), el Polen 1.0% ( $1.658\pm 0.026$ ) y Control ( $1.656\pm 0.023$ ) fueron semejantes y con los menores pesos, comportándose el Polen 0.5% ( $1.694\pm 0.032$ ) intermedio entre los tratamientos. En los kilogramos de pechuga el Control ( $0.652\pm 0.008$ ) y Polen 1.5% ( $0.650\pm 0.011$ ) presentaron los más altos valores de peso, comportándose significativamente semejantes, el Polen 1.0% ( $0.625\pm 0.013$ ) obtuvo el valor más pequeño.

**Tabla 20.**

*Peso corporal en pie, peso en canal, rendimiento en canal y peso de las fracciones de los pollos de engorde al suplementar tres niveles de polen de abeja al día 42 de edad.*

Variable	Tratamiento				
	Control	Polen 0.5%	Polen 1.0%	Polen 1.5%	CME
Peso Corporal Pie (Kg)	$2.340\pm 0.051^b$	$2.428\pm 0.031^a$	$2.357\pm 0.043^{ab}$	$2.427\pm 0.035^a$	0.018
Peso Canal (Kg)	$1.656\pm 0.023^b$	$1.694\pm 0.032^{ab}$	$1.658\pm 0.026^b$	$1.728\pm 0.017^a$	0.011
Rendimiento Canal (%)	$70.509\pm 1.186$	$70.250\pm 1.117$	$70.411\pm 1.270$	$71.499\pm 1.041$	0.517
Grasa Abdominal (Kg)	$0.036\pm 0.006$	$0.041\pm 0.004$	$0.036\pm 0.006$	$0.040\pm 0.005$	0.002
Pechuga (Kg)	$0.652\pm 0.008^a$	$0.638\pm 0.014^{ab}$	$0.625\pm 0.013^b$	$0.650\pm 0.011^a$	0.005
Alas (Kg)	$0.156\pm 0.006$	$0.169\pm 0.008$	$0.163\pm 0.014$	$0.167\pm 0.012$	0.005
Rabadilla (Kg)	$0.195\pm 0.018$	$0.202\pm 0.018$	$0.192\pm 0.016$	$0.211\pm 0.020$	0.008
Costillar (Kg)	$0.151\pm 0.003$	$0.156\pm 0.007$	$0.152\pm 0.006$	$0.157\pm 0.008$	0.003
Pierna Pernil (Kg)	$0.480\pm 0.023$	$0.510\pm 0.019$	$0.497\pm 0.012$	$0.502\pm 0.022$	0.009

CME: Cuadrado Medio del Error.

Los resultados del análisis económico se muestran en la Tabla 21. Se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos para las variables: costo del pollo en pie por kilogramo, Ingreso Neto Parcial por Pollo en Pie (INPP), Ingreso Neto Parcial por Pollo en Canal (INPC) e Ingreso Parcial por Pollo Fraccionado (IPPF). Los tratamientos Polen 1.5% y 1.0% ( $3173.62 \pm 25.61$  y  $3198.66 \pm 34.97$ ) fueron semejantes y obtuvieron un mayor costo/kilogramo de pollo en pie, frente al Control ( $2937.02 \pm 33.91$ ) con un menor costo/kg pollo.

**Tabla 21.**

*Análisis económico al suplementar pollos de engorde con polen de abeja como aditivo funcional al día 42 de edad.*

Tratamiento	Variable			
	Costo Pollo Pie (Kg)	INPP	INPC	IPPF
Control	$2937.02 \pm 33.91^c$	$10889.09 \pm 188.52^a$	$9570.48 \pm 147.31^a$	$7360.54 \pm 415.67^a$
Polen 0.5%	$3061.05 \pm 36.32^b$	$11113.54 \pm 120.36^a$	$9366.34 \pm 297.81^a$	$7417.90 \pm 273.72^a$
Polen 1.0%	$3173.62 \pm 25.61^a$	$10169.68 \pm 117.90^b$	$8590.68 \pm 184.37^b$	$6519.70 \pm 309.55^b$
Polen 1.5%	$3198.66 \pm 34.97^a$	$10345.10 \pm 226.04^b$	$8911.00 \pm 156.79^b$	$6408.42 \pm 285.26^b$
CME	14.74	75.84	91.91	145.76

*INPP: Ingreso Neto Parcial por Pollo en Pie; INPC: Ingreso Neto Parcial por Pollo en Canal; IPPF: Ingreso Parcial por Pollo Fraccionado; CME: Cuadrado Medio del Error.*

En el ingreso neto parcial por pollo en pie (INPP) y el ingreso neto parcial por pollo en canal (INPC) los tratamientos Polen 0.5% y Control ( $11113.54$  y  $10889.09$ ) presentaron valores mayores semejantes, el Polen 1.5% y Polen 1.0% obtuvieron un comportamiento menor y semejante entre ellos.

Finalmente, con relación al ingreso neto por pollo fraccionado (IPPF), el Polen 1.0% y 1.5% mostraron un menor ingreso, difiriendo del Control y Polen 0.5% comportándose semejantes entre ellos, pero con un mayor IPPF.

#### 4 DISCUSIÓN

La utilización de antibióticos promotores de crecimiento llevo en épocas pasadas a mejorar el desempeño productivo de las aves, con las consecuencias actuales de resistencia a los antibióticos y la residualidad en producto terminado que su uso pueda generar. En los últimos años se han encaminado esfuerzos a nivel mundial para restringir o prohibir su uso en la producción animal, surgiendo diferentes alternativas en torno a enzimas, probióticos, prebióticos, ácidos orgánicos, antioxidantes, extractos vegetales y otros, cuyo fin es restringir el número de bacterias patógenas, optimizar la capacidad de absorción del intestino y mejorar los parámetros productivos en los animales (López *et al.*, 2009; Brufau, 2012). Para aportar en cierta manera con dichos esfuerzos se evaluó como alternativa natural el efecto de la inclusión de polen de abeja como aditivo funcional en un sistema de alimentación para pollo de engorde (del día 1 al 42 de edad) sobre parámetros productivos, dinámica de desarrollo del tracto gastrointestinal (TGI), morfometría del tracto intestinal, proteínas totales en sangre, rendimiento en canal y un análisis económico del estudio.

A nivel internacional existen normas que reglamentan los parámetros físico-químicos del polen apícola como lo indico Mesa (2015) en países como Argentina, Brasil y algunos de la unión europea. En Argentina el Valor mínimo de materia seca oscila entre 15 y 28%, cenizas máximo del 4%, Proteína del 15 -28% y humedad máxima del 8% (código alimentario argentino, 2003). En este estudio el polen cumplió con lo establecido en la norma Argentina a excepción de la humedad que fue de un 15.6%, esto coincide con lo reportado por Mesa (2015), quien afirma que el polen apícola colombiano tiene inconvenientes en la humedad debido a los procesos de secado artesanales que se utilizan.

En estudios realizados con polen de abeja y otros componentes apícolas en diferentes niveles de inclusión, han mostrado mejoras leves en parámetros productivos como peso corporal, peso de la canal, peso de las menudencias y rendimiento de la canal del pollo, como lo reporto Haščík *et al.*, (2015) suplementando una dosis de  $400\text{mg/Kg}^{-1}$  en el alimento en un ciclo completo (día 1 - 42 de edad). En el presente estudio el polen de abeja 1.5% y 0.5% mejoraron el peso corporal, peso en canal, consumo de alimento y conversión alimenticia de los pollos. Este efecto posiblemente puede estar asociado a sus propiedades prebióticas y antioxidantes (acción sobre microorganismos patógenos del TGI y protección frente a radicales libres) y enzimas digestivas, los cuales en conjunto mejoran la mucosa y salud intestinal de las aves con llevando a una mayor absorción de nutrientes y por lo tanto un mejor desempeño productivo.

En la morfometría del intestino delgado la inclusión de Polen 1.5% obtuvo el mejor desarrollo de las vellosidades a nivel de duodeno y yeyuno, presentando una menor profundidad de cripta, una mayor área aparente de absorción, relación vellosidad cripta y altura de la vellosidad. Esto se puede relacionar con la absorción de nutrientes, mejorando los parámetros productivos de las aves como peso corporal, ganancia de peso y conversión alimenticia. Según lo reportado por López *et al.*, (2008) al utilizar levaduras comerciales y naturales obtuvo mejoras en la relación vellosidad vs. profundidad de la cripta y área aparente de la vellosidad a nivel de duodeno y yeyuno al día 22 de edad. A nivel del íleon Polen 1.5% mostro una menor altura de vellosidad, junto con una menor profundidad de cripta, alcanzando la mayor relación vellosidad/cripta entre los tratamientos. La altura de la vellosidad funciona como un indicador de la salud intestinal, ya que, si estas son más cortas, pueden indicar daño con la presencia de enterocitos mas inmaduros en su punta, afectado su funcionalidad. La profundidad de la cripta permite conocer si la tasa de renovación celular es elevada, al ser relacionada dicha profundidad con la producción de una mayor cantidad de células.

Por lo tanto, la relación entre estos dos indicadores, visto como la relación altura de la vellosidad profundidad de la cripta va a indicar con una relación alta una mayor superficie de absorción de nutrientes y una mayor funcionalidad de los enteros maduros en la punta de la vellosidad

Relacionado con lo anterior, Chávez *et al.* (2016) realizaron un estudio para observar el crecimiento y desarrollo intestinal de pollos de engorde alimentados con cepas probióticas (*Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus* o *Enterococcus faecium*) en el agua de bebida, la inclusión de la cepa probiótica específicamente *Enterococcus faecium*, mejoro el peso, desarrollo y crecimiento de órganos de importancia digestiva específicamente el intestino lo cual se vio reflejado en mayor altura y amplitud de las vellosidades y criptas menos profundas, lo que podría mejorar la absorción de nutrientes y por ende la salud de las aves. de otro lado, Jue, et al., (2007) indica que los porcentajes de inclusión de polen al 1.5% en pollos de engorde en las dos primeras semanas de vida, puede promover el desarrollo temprano del sistema digestivo, convirtiéndolo en un aditivo funcional beneficioso para situaciones como el síndrome del intestino corto.

En este trabajo los órganos de mayor importancia en la dinámica del tracto gastrointestinal como: hígado, páncreas, intestino delgado e intestino grueso al día 28 y 42 de edad tuvieron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). El tratamiento con Polen 1.5% al día 42 de edad en el hígado, páncreas e IDP presento los menores pesos y longitud, mientras que para el día 28 de edad ocurrió lo contrario donde el Control presento los mayores valores de peso para cada una de las variables mencionadas. Esto se asocia a las propiedades prebióticas que posee el polen apícola con llevando una mejora de los mecanismos de digestión, absorción de los nutrientes y salud intestinal. Según Jaramillo (2012) el crecimiento alométrico del hígado fue mayor cuando incluía la mezcla de un prebiótico y un ácido orgánico, frente a un antibiótico al día 8 de edad.

En el estudio realizado por Oliveira *et al.* (2013) evaluaron el efecto de los niveles de inclusión de polen en 0, 0.5, 1.0 y 1.5% en títulos de inmunoglobulinas G y M, peso de órganos linfoides, medidas morfométricas y mineralización de la tibia en pollos de engorde del día 21 al 42 de edad, donde la suplementación 1.5% de polen de abeja mejora la inmunidad de las aves. En relación a las proteínas totales en sangre, en este estudio no se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos. Indirectamente y numéricamente se puede deducir que el tratamiento control tuvo la mejor concentración de proteínas totales en sangre, seguido del Polen 1.5%, 0.5% y 1.0% al día 42 de edad de los pollos de engorde, dejando claro que no es confiable decir que el polen de abeja en diferentes niveles de específico de las inmunoglobulinas. Fazayeli-Rad, Afzali y Asghari (2015), indican que la suplementación con polen de abeja (0. 1.0%, 1.5% y 2.0%) mejora el crecimiento y el sistema inmunológico en las aves del 1 al 21 día de edad, por lo tanto, se puede utilizar como aditivo alimentario en la industria avícola para mejorar el sistema inmunológico.

En esta investigación se encontraron diferencias en las variables relacionadas con el peso corporal, peso en canal y pechuga siendo el Polen 1.5% y 0.5% los que mostraron mejores pesos corporales y en canal, a diferencia del Control y Polen 1.5% el cual obtuvo el mejor valor de peso de la pechuga.

Por lo que se refiere al análisis económico del presente estudio, se observó que tratamiento Control y Polen 0.5% tuvieron los mejores valores en términos económicos. Dicho de otra manera, el tratamiento con Polen al 0.5% obtuvo el segundo valor menor de  $3061.05 \pm 36.32$  para el costo de producción de pollo por kilogramo en pie y mostro los mejores valores en el INPP y IPPF frente al tratamiento Control que so obtuvo un mejor INPC y costo de kilogramo de pollo en pie. En cierta medida los resultados de este estudio coinciden con Caicedo (2018) al evaluar la inclusión

de lactosa 0.5%, polen al 0.5% y la mezcla de los anteriores, reporto que la adición de polen al 0.5% es más rentable al tener una mayor producción frente al testigo.

## 5 CONCLUSIONES

El polen de abeja procedente de los robledales del municipio de Molagavita, Santander mostro valores aptos para su utilización en la alimentación humana y animal, los cuales se asemejan a los obtenidos en otros países como Brasil y Argentina.

La inclusión de Polen al 0.5% y 1.5% mejora la respuesta productiva en pollos de engorde (Ross308) como: peso corporal, ganancia de peso, consumo acumulado y conversión acumulada al día 42 de edad, convirtiendo a este aditivo funcional como una alternativa viable en la producción avícola.

En la morfometría del intestino delgado el Polen 1.5% mejora las vellosidades intestinales, a nivel de duodeno y yeyuno tuvo una mayor altura de la vellosidad, área aparente de absorción, relación vellosidad/cripta y menor profundidad de cripta.

El Pole 1.5% presento un menor peso a nivel del hígado, páncreas e IDP al día 42 de edad, mientras que el Control fue mejor al día 28 de edad.

Para las proteínas totales en sangre no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) debido al tipo de análisis realizado. Es posible que al realizar un análisis más detallado el Polen muestre mejoras en el sistema inmune.

Económicamente el Control y Polen 0.5% fueron los tratamientos con el mejor ingreso económico, por el menor costo de la dieta. Sin embargo, se afirma que la inclusión de Polen 0.5% en pollos de engorde le da un valor agregado a la canal por lo que sería buena implementación en los sistemas avícolas.

## 6 RECOMENDACIONES

En próximos estudios, realizar un análisis composicional y microbiológico más completo del polen de abeja para conocer a profundidad sus componentes (aminoácidos, ácidos grasos, vitaminas, minerales entre otros) y poder buscar correspondencia más precisa frente a la mejora de los parámetros productivos.

Para obtener datos más precisos sobre el efecto que tiene el polen de abeja en el sistema inmunológico de las aves, se recomienda cuantificar las inmunoglobulinas y un hemograma, aumentando el número de muestras por tratamiento (mínimo de 8 muestras), dada la variabilidad presente en cada individuo y el grado de determinación de la metodología de cuantificación a emplear.

Se sugiere en futuras investigaciones, tener en cuenta la evaluación de órganos indicadores del estado inmunológico como: timo, bazo y bolsa de Fabricio.

Incluir en próximos estudios un testigo positivo con el uso de antibióticos promotores de crecimiento, comparándolo con el mejor nivel de inclusión de Polen de abeja como aditivo funcional.

Se propone hacer una evaluación del posible efecto del polen de abeja en las características organolépticas de la canal en animales suplementados con este.

## BIBLIOGRAFÍA

- Nieto Martínez, Ramfis. Fisiología gastrointestinal, digestión y absorción de nutrientes (Fisiología II). Barquisimeto, Venezuela: UCLA. <http://docplayer.es/28683692-Fisiologia-gastrointestinal-digestion-y-absorcion-de-nutrientes-fisiologia-ii.html>
- Aerstrup, F. Bager, F. Jensen, N. Madsen, M. Meyling, A and Wegner, H. (1998). Surveillance of antimicrobial resistance in bacteria isolated from food animals to antimicrobial growth promoters and related therapeutic agents in Denmark. APMIS, V.1, p. 106:606.
- Avicultura busca alcanzar un mayor nivel en el sector agroalimentario. (4 de octubre de 2012). La republica. Recuperado de <https://www.larepublica.co/archivo/avicultura-busca-alcanzar-un-mayor-nivel-en-el-sector-agroalimentario-2022333>
- Brandan, N., Aquino, J. y Codutti, Alexis. (2007) Respuesta inmunitaria (Tesis pregrado). Recuperado de <http://www.uaz.edu.mx/histo/Biologia/FaiUnneAr/Pdf/inmunitaria.pdf>
- Bohórquez, D. (2014). Perspectiva de la producción avícola en Colombia. (Tesis de posgrado). Recuperado de <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/12149/1/AVICULTURA.pdf>
- Cabrera, C., Gómez, R. y Zuñiga, A. (2007). Resistencia de las bacterias a antibióticos, antisépticos y desinfectantes, una manifestación de los mecanismos de supervivencia y adaptación. Revista Colombia Médica, V.38 (2), 149-158. Recuperado de <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/4679/1/Resistance%20to%20bacterial.pdf>
- COBB. (2013). Guía de manejo del pollo de engorde. Recuperado de <http://www.pronavicola.com/contenido/manuales/Cobb.pdf>

- Coronado, M., Vega, S., Gutiérrez, L., Vásquez, M. y Radilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista chilena de nutrición*, 42 (2), 206-212. Recuperado de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182015000200014](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182015000200014)
- Dai, M. y Buttow, F. (2014). Estrés calórico en la producción de pollo. En H. Talavera (Presidencia). *Manejo de sistemas operativos en pollo de engorde*. Asociación Colombiana de Médicos Veterinarios y Zootecnistas especialistas en avicultura. Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://www.elsitioavicola.com/articles/2674/estras-calarico-en-la-produccian-de-pollos-1-introduccian/>
- Errecalde, Jorge O. (2004). Uso de antimicrobianos en animales de consumo, incidencia del desarrollo de resistencia en la salud pública. Roma, Italia: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/007/y5468s/y5468s00.htm#Contents>
- Fajardo, A., Méndez, F. y Molina, L. (2010). Residuos de fármacos anabolizantes en las carnes destinadas en carnes destinadas al consumo humano. *Revistas científicas de América Latina, América, España y Portugal*. 16 (1), 77-91. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49917579007>
- Feás, X., Vásquez, M., Estevinho, L., Seijas, J. y Iglesias, A. (2012). Organic bee pollen: Botanical Origin, Nutritional Value, Bioactive Compounds, Antioxidant Activity and Microbiological Quality. *Journal molecules* 17 (7), 8359-8377. Recuperado en <http://www.mdpi.com/1420-3049/17/7/8359>

Federación Nacional de Avicultores y Fondo Nacional Avícola (s.f). Producto interno bruto avícola, información económica. Bogotá. Colombia: FENAVI. Recuperado de [http://www.fenavi.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2162&Itemid=1266](http://www.fenavi.org/index.php?option=com_content&view=article&id=2162&Itemid=1266)

Federación Nacional de Avicultores (2018). Consumo per cápita de carne de pollo, programa de estudios económicos, estadísticas. FENAVI. Bogotá. Colombia: FENAVI. Recuperado de [http://www.fenavi.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2160&Itemid=556#magictabs\\_joozw\\_1](http://www.fenavi.org/index.php?option=com_content&view=article&id=2160&Itemid=556#magictabs_joozw_1)

Fuenmayor, C., Zuluaga, C., Díaz, C., Quicazán, M., Cosio, M. y Mannino, S. (2014). Evaluación de las propiedades físico químicas y funcionales del polen apícola colombiano. Revista Medicina Veterinaria y Zootecnia de Córdoba, 19 (1), 4003-4014. Recuperado de <http://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/revistamvz/article/view/120/189>

Guerra, Y. (2015). Evaluación de parámetros zootécnicos en pollos parrilleros con la suplementación de miel, polen y propóleos en el agua de bebida, en el centro experimental Uyumbicho (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6667/1/T-UCE-0014-021.pdf>

Heredia, C. y Changoluisa, V. (2015). Evaluación de la respuesta inmunitaria en pollos parrilleros con aplicación de productos de la colmena (propóleo, polen y miel) en el cantón mejía, provincia de pichincha (tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2876/1/T-UTC-00400.pdf>

Hernández, A. (2009). Efecto de la utilización de aceites de orégano en las dietas de pollos de engorde sobre el crecimiento alométrico del tracto gastrointestinal, glándulas anexas y

- parámetros productivos (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/6733/T13.09%20H442e.pdf?sequence=1&isAllowed=yshi>
- Kelly, D. (2004). Regulation of gut function and immunity in: Interfacing immunity, Gut health and performance. Nottingham University Press. V.106 p. 15.
- Kroyer, G. y Hegedus, N. (2001). Evaluation of bioactive properties of pollen extracts as functional dietary food supplement. *Journal innovate food science & emerging technologies*, 2 (1), 171-174. Recuperado de [https://sci-hub.tw/10.1016/S1466-8564\(01\)00039-X](https://sci-hub.tw/10.1016/S1466-8564(01)00039-X)
- Lozano, M. y Arias, D. (2008). Residuos de fármacos en alimentos de origen animal: Panorama actual en Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, V.21 p.121-135. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v21n1/v21n1a12.pdf>
- Luna, C. (2011). Estudio del efecto de dos promotores inmunológicos de origen natural (propóleo, polen) y su incidencia en la producción de pollos de engorde, en el sector el Tejar, provincia de Imbabura (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://doczz.es/doc/395834/pontificia-universidad-cat%C3%B3lica-del-ecuador-sede-ibarra>
- Maiorka, A, Silva, A. V. F. Santin, E. Borges, S. A. Boleli, I. C. Macari, M. (2000). Influência da suplementação de glutamina sobre o desempenho e o desenvolvimento de vilos e criptas do intestino delgado de frangos. *Arq Bras Med Vet Zootec*. V.52. p. 40.
- Martínez Anzola, Telmo. (2006). Diagnóstico de la Actividad Apícola y de la Crianza de Abejas en Colombia. [Bogotá?]. Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural: IICA. p. 212. Recuperado de

<https://sioc.minagricultura.gov.co/Apicola/Documentos/004%20%20Documentos%20Competitividad%20Cadena/004%20-%20D.C.%20-%202011%20Abril%20%20Diagnostico%20Apicola.pdf>

Mărgăoan, R., Mărghițaș, L., Dezmirean, D., Mihai, C. y Bobiș, O. (2010). Bee Collected Pollen – General Aspects and Chemical Composition. Journal animal Science and Biotechnologies, 67(1-2), 254-259. Recuperado de <http://journals.usamvcluj.ro/index.php/zootehnie/article/viewFile/5305/4733>

Menchu, Teresa. y Santizo, Claudia. (2002). Propuesta de indicadores para la vigilancia de la seguridad alimentaria y nutricional. Guatemala: INCAP. Recuperado de <http://santic.rds.hn/wp-content/uploads/2013/06/Propuesta-de-indicadores-para-la-vigilancia-de-la-SAN.-Guatemala-2002.pdf>

Mesa, A. (2015). Caracterización fisicoquímica y funcional del polen de abejas (*Apis mellifera*) como estrategia para generar valor agregado y parámetros de calidad al producto apícola (Tesis de maestría). Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/50079/1/8126033.2015.pdf>

Monserate, Y. (2015). Valoración *in vitro* del potencial antimicrobiano de extractos etanólicos de polen de *Apis mellifera* y de *tetragonisca angustula*, en busca de posibles usos terapéutico (Tesis de maestría). Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/51696/1/yurleypaolamonserraterojas.2015.pdf>

Neu, H. (1992). The crisis of antimicrobial resistance. Science, V. 257, p.1064.

Oliveira, M., Loch, C., Montes, D., Carneiro, P., Teixeira, A., y Cunha, D. (2015). Uso del polen de abeja en la alimentación de pollos de engorde. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 6(3), 263-273. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265643100003>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2015). *Perspectivas agrícolas 2015-2024*. París, Francia: OCDE: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i4738s.pdf>

Organización Mundial de la Salud. (2017). *Resistencia a los antimicrobianos*. Ginebra, Suiza: OMS. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs194/es/>

Organización Mundial de la Salud (2018). *Resistencia a los antimicrobianos ¿Por qué es motivo de preocupación mundial?*. Ginebra, Suiza: OMS. Recuperado de <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/resistencia-a-los-antimicrobianos>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). *Perspectivas alimentarias: resúmenes de mercado*. París, Francia: FAO. ISSN 0251-1541. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i5703s.pdf>

Ortiz, J., Martínez, C., Jiménez, A., Manrique, C. y Elzo, M. (2011) Estimación de la heredabilidad para la relación alométrica existente entre el área del ojo del lomo y el peso de bovinos cruzados en Colombia. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*. Córdoba. España. V.1 p. 437-440. Recuperado de

[http://www.uco.es/conbiand/aica/templatemo\\_110\\_lin\\_photo/articulos/2011/Ortiz2011\\_1\\_437\\_440.pdf](http://www.uco.es/conbiand/aica/templatemo_110_lin_photo/articulos/2011/Ortiz2011_1_437_440.pdf)

¿Porque la industria avícola colombiana está volando alto? (2017). Revista Dinero. Recuperado de <https://www.dinero.com/edicion-impresa/negocios/articulo/como-va-la-industria-avicola-en-colombia/242959>

Puerto, N., Prieto, G. y Castro, R. (2015). Composición química y capacidad antioxidante del polen, revisión. Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences, 31 (2), 115-126. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Nataly\\_Puerto/publication/301589318\\_Chemical\\_composition\\_and\\_antioxidant\\_activity\\_of\\_pollen\\_review/links/5aa7e605a6fdcc1b59c61f7f/Chemical\\_composition-and-antioxidant-activity-of-pollen-review.pdf?origin=publication\\_list](https://www.researchgate.net/profile/Nataly_Puerto/publication/301589318_Chemical_composition_and_antioxidant_activity_of_pollen_review/links/5aa7e605a6fdcc1b59c61f7f/Chemical_composition-and-antioxidant-activity-of-pollen-review.pdf?origin=publication_list)

Rábago, D. (2014). Maltodextrina, aditivo funcional. Revistas ÉAlimentación. Recuperado de <http://www.alimentacion.enfasis.com/articulos/69896-maltodextrina-aditivo-funcional>

Ravindran, V. (2012). Disponibilidad de piensos y nutrición de aves de corral en países en desarrollo, avances en la nutrición de las aves de corral. Norte de Palmestorn, Nueva Zelanda: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/016/al707s/al707s00.pdf>

ROSS 308. (2017). Objetivos de rendimiento, America Latina pollo de engorde. Recuperado de <http://www.sanmarino.com.co/images/descargas/ross308/Ross308AP-objetivos-de-rendimiento.pdf>

Rostagno, S. ... [y otros] (2011). Tablas brasileras para aves y cerdos, 3<sup>ra</sup> edición. Brasil: Universidad Federal de Vicosa, Recuperado de <http://www.lisina.com.br/arquivos/Geral%20Espa%C3%B1ol.pdf>

Sánchez, L. (2015). Importancia de la integridad intestinal y uso de probióticos en gallinas de postura. Argentina: AGROVET. Recuperado de [http://www.agrovetmarket.com/resources/investigacion\\_y\\_desarrollo/articulos\\_tecnicos/articulo-integridad-intestinal-2071d612b.pdf](http://www.agrovetmarket.com/resources/investigacion_y_desarrollo/articulos_tecnicos/articulo-integridad-intestinal-2071d612b.pdf)

Seija, V. y Vignoli, R. (2006). Temas de bacteriología y virología médica. Montevideo. Uruguay: UDELAR : FEFMUR. ISBN 9974-31-194-2.p. 631-647. Recuperado de <http://www.higiene.edu.uy/cefa/2008/BacteCEFA34.pdf>

Steel R. G. D. y Torrie J. H. (1992). Bioestadística. Principios y Procedimientos. México. Editorial Graf América.

Stringhini, J. H. Andrade, M. L. Andrade, L. Xavier, S. A. G. Cafe, M. B. and Leandro, N. S. M. (2006). Performance, nutrient balance and retention and biometrical measures of digestive organs of broilers fed different dietary protein levels in the prestarter period. Revista Brasileira de Zootecnia, V.35 p. 2350-2358.

Ulusoy, E. y Kolayli, S. (2013). Phenolic composition and antioxidant properties of anzer bee pollen. Journal of food biochemistry, V. 38 (2014), 73-82. Recuperado de <https://scihub.tw/https://doi.org/10.1111/jfbc.12027>

Universidad Industrial de Santander (2013). Manual de prácticas de laboratorio de química. Bucaramanga: UIS. Recuperado de [http://quimica.uis.edu.co/portalanterio/sites/default/files/paginas/archivos/V00Man10Bioqca\\_MFOQ-BQ.01\\_08072013.pdf](http://quimica.uis.edu.co/portalanterio/sites/default/files/paginas/archivos/V00Man10Bioqca_MFOQ-BQ.01_08072013.pdf)

Ussa, J. y Salgado, J. U (2009). Determinación de hematocrito, proteínas plasmáticas Totales y albumina en caballos de salto antes y después de cada entrenamiento en Bogotá (tesis pregrado).

Recuperado

de

<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/6059/T14.09%20U1d.%20pdf?sequence=1>

Wang, J., Li, S., Wang, Q., Xin, B. y Wang, H. Trophic Effect of Bee Pollen on Small Intestine in Broiler Chickens. *Journal of Medicinal Food*, 10 (2), 276-280. Recuperado de <http://www.ddcclinic.org/docs/Bee%20Pollen.pdf>

Yildiz, O., Can, Z., Saral, O., Yulug, E., Öztürk, F., Aliyazicioglu, R., Canpolat, S. y Kolayli, S. (2013). Hematoprotective potential of chestnut bee pollen on carbon tetrachloride-induced hepatic damages in rats. *Journal HINDAWI, evidence-based complementary and alternative medicine*, 2013 V.9 (1). Recuperado de <https://www.hindawi.com/journals/ecam/2013/461478/abs/>