

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA**



**TESIS**

**INTERACCIÓN ENTRE HARINA DE YACÓN Y ACEITE DE COPAIBA  
SOBRE LA MORFOMETRÍA INTESTINAL Y PARÁMETROS PRODUCTIVOS  
EN POLLOS DE ENGORDE EN CONDICIONES DE ALTURA**

**PRESENTADA POR:**

**Br. BASILICA LENA CALCINA ANDALUZ**

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO ZOOTECNISTA.**

**ASESORES:**

Ing. Zoot. JUAN ELMER MOSCOSO MUÑOZ, Ph.D.

Ing. Zoot. GARDENIA TUPAYACHI SOLÓRZANO, M.Sc.

MVZ. EDGAR ALBERTO VALDEZ GUTIERREZ, Dr.

**FINANCIADA POR EL PROGRAMA "YACHAYNINCHIS WIÑARINANPAQ" - UNSAAC**

**CUSCO - PERÚ**

**2023**

# INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: INTERACCIÓN ENTRE HARINA DE YACÓN Y ACEITE DE COPAIBA SOBRE LA MORFOMETRÍA INTESTINAL Y PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN POLLOS DE ENGORDE EN CONDICIONES DE ALTURA presentado por: BASICICA LENJA CALCINA ANDALUZ con DNI Nro.: 70329080 presentado por: ..... con DNI Nro.: ..... para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO ZOOTECNISTA

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 01 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 10%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 25 de SETIEMBRE de 2023



Firma

Post firma JUAN ELMER MOSCOSO MUÑOZ

Nro. de DNI 23940692

ORCID del Asesor 0000-0001-5884-9718  
ORCID 2 : 0000-0002-8131-7223 DNI: 42789402  
ORCID 3 : 0000-0002-2966-7605 DNI: 01285940

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid : 27259 : 269196973

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS-BASILICA LENA CALCINA ANDAL  
UZ.pdf**

AUTOR

**BASILICA CALCINA**

RECuento DE PALABRAS

**31373 Words**

RECuento DE CARACTERES

**160014 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**132 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**1.2MB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 25, 2023 9:56 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 25, 2023 9:58 AM GMT-5****● 10% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

## DEDICATORIA

*Con mucho amor y agradecimiento a mis padres: Eugenio Calcina a pesar de nuestra distancia física con sus llamadas diarias siempre lo sentí conmigo y a mi madre Lucía Andalu, quienes me brindaron su amor, apoyo, comprensión en todo momento, por ser parte fundamental en mi formación como persona, por depositar su confianza en mí y permitirme que cumpla mis sueños. ¡Los amo!*

*A mis hermanos Jesús y Héctor por sus enseñanzas, consejos y motivación en cada momento de mi vida.*

*A mi tía Eugenia Mamani, por ser como una segunda madre para mí durante mi estadía en esta bella ciudad.*

*Para los futuros investigadores, esperando que pueda ser de apoyo en sus trabajos de investigación.*

Lena

## AGRADECIMIENTO

La culminación de un trabajo involucra el esfuerzo y contribución de muchas personas quienes forman parte ya importante de mi vida académica, por ello agradezco:

A Dios por estar presente en mi vida, permitirme vivir, disfrutar cada día y acompañarme hasta este feliz momento.

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco por el financiamiento a través del convenio CONCYTEC-UNSAAC, según contrato de subvención N° 007-2018-UNSAAC, del Esquema Financiero: E053-2017-UNSAAC-02, denominado "Tesis de Título Profesional".

A mi Escuela Profesional de Zootecnia por permitirme formarme como profesional en la carrera que tanto me apasiona y servir a la sociedad con lo que respecta a seguridad alimentaria.

A los Laboratorios de: Nutrición Animal y Sanidad Animal por haberme dado la oportunidad de poder desarrollar y culminar el presente trabajo de investigación.

A mis Asesores: Ph.D. Juan Elmer Moscoso Muñoz, M.Sc. Gardenia Tupayachi Solorzano, quienes aportaron en la elaboración y desarrollo de la investigación, gracias a sus consejos y correcciones hoy puedo culminar este trabajo; así mismo agradezco al Ing. Zoot. M.Sc. Liz B. Chino Velásquez por su apoyo.

Mi más sincero agradecimiento a mi Asesor MVZ. Edgar Alberto Valdez Gutiérrez, por la confianza brindada, motivación, disposición constante en el desarrollo del proceso histológico, una gran persona a quien estimo; de igual manera agradecer al Ing. Zoot. Ciro Pacsi Achahui.

Al M.Sc. Jesús Camero De La Cuba por la orientación y apoyo incondicional en la redacción del presente trabajo de investigación.

A Luis Miguel Soncco Ch. por brindarme su ayuda, motivación en la parte experimental de este trabajo de investigación y por reforzar en mí la pasión por la avicultura.

A la Mgt. Luz Ramos por su constante motivación y sugerencias para la culminación de la tesis.

Mi agradecimiento al Ing. Zoot. M.Sc. Benjamín Zapata Echegaray, por la oportunidad brindada de participar en un proyecto de mi Escuela Profesional.

Mi profundo agradecimiento a Luís Jordan M. por sus consejos, palabras de aliento y apoyo. Comprendí que la ayuda idónea siempre llega justo a tiempo.

A Ruth, Nancy, Deysi, Keith, Amelia, Pamela, Carla y todos mis amigos de código con quienes compartí esta carrera de largo aliento y junto a los cuales viví muchas alegrías y experiencias propias de la carrera.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS.....</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS.....</b>	<b>x</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xv</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>3</b>
<b>OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>3</b>
1.1. Objetivos .....	3
1.1.1. Objetivo General: .....	3
1.1.2. Objetivos Específicos: .....	3
1.2. Justificación.....	4
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>5</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1. Antecedentes de Estudios .....	5
2.2. Bases Teóricas .....	9
2.2.1. Morfología General del Aparato Digestivo del Ave.....	9

2.2.1.1. Vellosidades y criptas intestinales .....	10
2.2.1.2. Enterocitos .....	11
2.2.1.3. Células caliciformes.....	12
2.2.1.4. Mucinas Intestinales.....	12
2.2.2. Microbiota Intestinal en Aves.....	13
2.2.2.1. Composición de la microbiota intestinal.....	13
2.2.2.2. Factores que afectan la microbiota .....	15
2.2.3. Disbiosis Intestinal.....	15
2.2.4. Importancia de la Integridad Intestinal .....	16
2.2.5. Antibióticos Promotores de Crecimiento en Aves.....	17
2.2.6. Alternativas al Uso de Antibióticos Promotores de Crecimiento .....	17
2.2.6.1. Prebióticos.....	18
2.2.6.2. Prebióticos en la alimentación de aves .....	18
2.2.7. Yacón ( <i>Smallanthus sonchifolius</i> ) .....	19
2.2.7.1. Aspectos generales.....	19
2.2.7.2. Taxonomía .....	20
2.2.7.3. Composición química .....	20
2.2.7.4. Carbohidratos.....	21
2.2.7.5. Fructooligosacáridos (FOS).....	22
2.2.7.6. Efecto prebiótico .....	23
2.2.8. Aceites Esenciales.....	23
2.2.8.1. Composición química de los aceites esenciales.....	24
2.2.8.2. Mecanismos de acción de los aceites esenciales.....	24
2.2.8.3. Uso de aceites esenciales en animales .....	25
2.2.9. Copaiba ( <i>Copaifera paupera</i> ).....	26

2.2.9.1. Aspectos generales.....	26
2.2.9.2. Taxonomía .....	26
2.2.9.3. Características .....	27
2.2.9.4. Composición química .....	27
2.2.9.5. Propiedades biológicas.....	27
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>29</b>
<b>MATERIALES Y METODOLOGÍA .....</b>	<b>29</b>
3.1. Ubicación Geográfica de la Investigación.....	29
3.1.1. Lugar de Ejecución.....	29
3.2. Materiales y Equipos.....	29
3.2.1. Equipos de Trabajo .....	29
3.2.2. Materiales de Laboratorio .....	30
3.2.3. Equipos de Laboratorio.....	32
3.2.4. Material Biológico .....	32
3.2.5. Procesamiento de la Harina de Yacón .....	32
3.2.6. Obtención del Aceite de Copaiba .....	35
3.3. Metodología de la Investigación .....	36
3.3.1. Sistema de Crianza .....	36
3.3.2. Tratamientos .....	36
3.3.3. Elaboración de las Dietas Experimentales .....	37
3.3.4. Evaluación de Parámetros Productivos.....	42
3.3.4.1. Peso Vivo.....	42
3.3.4.2. Ganancia de Peso .....	42
3.3.4.3. Consumo de Alimento .....	42

3.3.4.4. Conversión Alimenticia .....	43
3.3.4.5. Rendimiento de Carcasa .....	43
3.4. Metodología de la Morfometría Intestinal.....	43
3.4.1. Procedimiento Histológico .....	44
3.4.2. Mediciones Morfométricas .....	52
3.5. Análisis Estadístico .....	54
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>55</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>55</b>
4.1. Análisis de la Morfometría Intestinal .....	55
4.2. Parámetros Productivos en la Etapa de Inicio (1 a 21 días).....	64
4.3. Parámetros Productivos en la Etapa de Crecimiento (22 a 42 días) .....	65
4.4. Parámetros Productivos en la Etapa de Acabado (43 a 56 días).....	65
4.5. Rendimiento de Carcasa .....	71
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>72</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>72</b>
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>73</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>73</b>
<b>CAPÍTULO VII .....</b>	<b>74</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>74</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>88</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Composición química del yacón (en relación a 1 Kg de materia comestible de raíz fresca) .....	21
<b>Tabla 2</b> Porcentaje de azúcares en raíces reservantes de yacón (en relación al peso seco).....	22
<b>Tabla 3</b> Perfil de ácidos grasos de la oleoresina de <i>Copaifera reticulata</i> .....	35
<b>Tabla 4</b> Composición porcentual de ingredientes de las dietas experimentales empleadas en la etapa de inicio (1 a 21 días).....	38
<b>Tabla 5</b> Composición porcentual de ingredientes de las dietas experimentales empleadas en la etapa de crecimiento (22 a 42 días).....	39
<b>Tabla 6</b> Composición porcentual de ingredientes de las dietas experimentales empleadas en la etapa de acabado (43 a 56 días).....	40
<b>Tabla 7</b> Composición nutricional de las dietas experimentales para cada etapa .....	41
<b>Tabla 8</b> Protocolo de procesamiento para corte histológico de tejido intestinal.....	45
<b>Tabla 9</b> Protocolo de coloración para tejido intestinal.....	49
<b>Tabla 10</b> Morfometría intestinal en pollos de la línea Cobb 500 a los 7 días de edad en respuesta a las dietas experimentales .....	58
<b>Tabla 11</b> Morfometría intestinal en pollos de la línea Cobb 500 a los 14 días de edad en respuesta a las dietas experimentales .....	59
<b>Tabla 12</b> Respuesta productiva en pollos de carne de la línea Cobb 500 alimentados con las dietas experimentales en las tres etapas de vida (Período de 1 a 56 días).....	67
<b>Tabla 13</b> Rendimiento de carcasa por tratamiento.....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Tracto gastrointestinal en pollos.....	10
<b>Figura 2</b> Proceso de liofilización del yacón.....	33
<b>Figura 3</b> Proceso de molienda del yacón liofilizado en un molino de corte .....	34
<b>Figura 4</b> Muestras codificadas para su respectivo corte e inclusión de tejidos en cassettes.....	44
<b>Figura 5</b> Proceso de fijación, deshidratación y aclaramiento del tejido .....	46
<b>Figura 6</b> Embebido a parafina líquida a 56 °C .....	46
<b>Figura 7</b> Confección de bloques de los segmentos intestinales y bloques preparados para cortar .....	47
<b>Figura 8</b> Corte del bloque de la muestra de tejido con el Microtomo de Rotación tipo Minot ...	48
<b>Figura 9</b> Corte de bloque recogido en una lámina portaobjeto y secado por 18 horas .....	48
<b>Figura 10</b> Proceso de coloración de las láminas histológicas .....	50
<b>Figura 11</b> Lámina coloreada de tejido intestinal y observado al microscopio Leica DM 500 con un objetivo de 10x .....	50
<b>Figura 12</b> Mediciones morfométricas de cada lámina en el equipo de Cytation 5 .....	51
<b>Figura 13</b> Medición morfométrica de altura, acho de vellosidad y profundidad de cripta.....	53

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Estadísticos descriptivos para morfometría intestinal día 7 .....	88
<b>Anexo 2</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para altura de vellosidades del duodeno día 7 .....	90
<b>Anexo 3</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para altura de vellosidades del yeyuno día 7	90
<b>Anexo 4</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para altura de vellosidades del íleon día 7 ....	90
<b>Anexo 5</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ancho apical de vellosidades del duodeno día 7 .....	91
<b>Anexo 6</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ancho basal de vellosidades del duodeno día 7 .....	91
<b>Anexo 7</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ancho apical de vellosidades del yeyuno día 7 .....	92
<b>Anexo 8</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ancho basal de vellosidades del yeyuno día 7 .....	92
<b>Anexo 9</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ancho apical de vellosidades del íleon día 7 .....	92
<b>Anexo 10</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ancho basal de vellosidades del íleon día 7 .....	93
<b>Anexo 11</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para profundidad de cripta del duodeno día 7 .....	93
<b>Anexo 12</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para profundidad de cripta del yeyuno día 7 .....	94
<b>Anexo 13</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para profundidad de cripta del íleon día 7 ..	94

<b>Anexo 14</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para la relación de altura de vellosidades y profundidad de criptas del duodeno día 7 .....	94
<b>Anexo 15</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para la relación de altura de vellosidades y profundidad de criptas del yeyuno día 7 .....	95
<b>Anexo 16</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para la relación de altura de vellosidades y profundidad de criptas del íleon día 7 .....	95
<b>Anexo 17</b> Estadísticos descriptivos para morfometría intestinal día 14.....	96
<b>Anexo 18</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para altura de vellosidades del duodeno día 14 .....	98
<b>Anexo 19</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para altura de vellosidades del yeyuno día 14 .....	98
<b>Anexo 20</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para altura de vellosidades del íleon día 14	98
<b>Anexo 21</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ancho apical de vellosidades del duodeno día 14 .....	99
<b>Anexo 22</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ancho basal de vellosidades del duodeno día 14 .....	99
<b>Anexo 23</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ancho apical de vellosidades del yeyuno día 14 .....	100
<b>Anexo 24</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ancho basal de vellosidades del yeyuno día 14 .....	100
<b>Anexo 25</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ancho apical de vellosidades del íleon día 14 .....	100

<b>Anexo 26</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ancho basal de vellosidades del íleon día 14.....	101
<b>Anexo 27</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para profundidad de cripta del del duodeno día 14.....	101
<b>Anexo 28</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para profundidad de cripta del yeyuno día 14 .....	102
<b>Anexo 29</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para profundidad de cripta del íleon día 14 .....	102
<b>Anexo 30</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para la relación de altura de vellosidades y profundidad de criptas del duodeno día 14 .....	102
<b>Anexo 31</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para la relación de altura de vellosidades y profundidad de criptas del yeyuno día 14 .....	103
<b>Anexo 32</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para la relación de altura de vellosidades y profundidad de cripta del íleon día 14.....	103
<b>Anexo 33</b> Estadísticos descriptivos para los parámetros productivos en la etapa de inicio .....	104
<b>Anexo 34</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para peso inicial .....	105
<b>Anexo 35</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para peso etapa de inicio.....	105
<b>Anexo 36</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ganancia de peso etapa de inicio.....	105
<b>Anexo 37</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para consumo de alimento etapa de inicio	106
<b>Anexo 38</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para conversión alimenticia etapa de inicio .....	106
<b>Anexo 39</b> Estadísticos descriptivos para los parámetros productivos en la etapa de crecimiento .....	107

<b>Anexo 40</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para peso vivo etapa de crecimiento.....	108
<b>Anexo 41</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ganancia de peso etapa de crecimiento .....	108
<b>Anexo 42</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para consumo de alimento etapa de crecimiento .....	108
<b>Anexo 43</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para conversión alimenticia etapa de crecimiento .....	109
<b>Anexo 44</b> Estadísticos descriptivos para los parámetros productivos en la etapa de acabado ...	110
<b>Anexo 45</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para peso vivo etapa de acabado.....	111
<b>Anexo 46</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ganancia de peso etapa de acabado...	111
<b>Anexo 47</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para consumo de alimento total etapa de acabado.....	111
<b>Anexo 48</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para conversión alimenticia etapa de acabado .....	112
<b>Anexo 49</b> Estadísticos descriptivos para el rendimiento de carcasa.....	113
<b>Anexo 50</b> Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para el rendimiento de carcasa.....	114
<b>Anexo 51</b> Elaboración de dietas experimentales .....	115
<b>Anexo 52</b> Recepción de los pollitos bb .....	115
<b>Anexo 53</b> Pollos en etapa de crecimiento.....	116
<b>Anexo 54</b> Pesaje semanal de los pollos .....	116
<b>Anexo 55</b> Pesaje de la carcasa .....	117

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la interacción entre harina de yacón y aceite de copaiba sobre la morfometría intestinal y parámetros productivos en pollos de engorde. Se emplearon 150 pollos BB de la línea Cobb 500, machos de un día de edad, distribuidos en cinco tratamientos, tres repeticiones por tratamiento y 10 animales por repetición. Los tratamientos evaluados fueron T1: Dieta basal (sin antibiótico); T2: Dieta basal (con antibiótico); T3: Dieta basal con harina de yacón (0.25 %); T4: Dieta basal con aceite de copaiba (0.15 ml/Kg); T5: Dieta basal con harina de yacón y aceite de copaiba (0.25 % + 0.15 ml/Kg de alimento) en un periodo de crianza de 56 días. Al día 7 y 14 se tomaron muestras del intestino delgado para realizar las mediciones morfométricas, donde se encontró diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0.05$ ) obteniendo mayor altura y ancho de vellosidad, una menor profundidad de cripta y mayor relación de altura de vellosidad y profundidad de cripta el T3 (harina de yacón) en los diferentes segmentos del intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon) tanto a los 7 como a los 14 días. En cuanto a los parámetros productivos en la etapa de inicio no se observó el efecto del uso de estos aditivos; sin embargo, hacia la etapa de acabado se encontró diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ), una mejor respuesta productiva se observó con el T3 (harina de yacón) presentando mayor ganancia de peso, un menor consumo de alimento, una mejor conversión alimenticia y mayor rendimiento de carcasa. El uso de harina de yacón determina una mejora sobre la morfometría intestinal y la respuesta productiva.

**Palabras claves:** pollos de engorde, morfometría intestinal, parámetros productivos, harina de yacón, aceite de copaiba.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of the interaction between yacon meal and copaiba oil on intestinal morphometry and productive parameters in broiler chickens. 150 BB chickens of the Cobb 500 line were used, one-day-old males, distributed in five treatments, three repetitions per treatment and 10 animals per repetition. The evaluated treatments were T1: Basal diet (without antibiotic); T2: Basal diet (with antibiotic); T3: Basal diet with yacon meal (0.25 %); T4: Basal diet with copaiba oil (0.15 ml/Kg); T5: Basal diet with yacon meal and copaiba oil (0.25 % + 0.15 ml/Kg of food) in a 56-day rearing period. On days 7 and 14 samples of the small intestine were taken to perform morphometric measurements, where significant differences were found between treatments ( $p < 0.05$ ) obtaining greater height and width of villus, a lower depth of crypt and a greater relationship of height of villus and depth of crypt in T3 (yacon flour) in the different segments of the small intestine. (duodenum, jejunum and ileum) both at 7 and 14 days. Regarding the productive parameters in the beginning stage, the effect of the use of these additives was not observed, however, towards the finishing stage, significant differences were found between treatments ( $p < 0.05$ ), a better productive response was observed. with T3 (yacon meal) presenting higher weight gain, lower feed consumption, better feed conversion and higher carcass yield. The use of yacon flour determines an improvement on the intestinal morphometry and the productive response.

**Keywords:** broilers, intestinal morphometry, productive parameters, yacon meal, copaiba oil.

## INTRODUCCIÓN

El consumo de carne de pollo ha ido incrementado en los últimos años en el Perú, reportándose así el consumo per cápita de 55 kg en el 2021 (MAP, 2022), debido a que representa una fuente proteica más accesible que garantiza la seguridad alimentaria de la población. Así mismo, en la avicultura se busca la optimización de los recursos que son utilizados en la producción, un punto clave muy importante es la alimentación ya que representa el 70% del costo total de la producción (Espinoza, 2017). La mayor demanda de la carne de pollo conlleva a que las grandes industrias avícolas empleen diferentes antibióticos promotores de crecimiento (APC), con el fin de mejorar los indicadores productivos y disminuir las incidencias de enfermedades gastrointestinales (Arce et al., 2008).

Sin embargo, la comisión de la Unión Europea prohibió el uso de APC en la dieta de los animales, debido a su capacidad de crear resistencia cruzada con los antibióticos que también son utilizados en la medicina humana, las mismas que pueden transmitir enfermedades al hombre; por lo tanto, es necesario buscar nuevas alternativas como los aditivos de origen natural que tengan efectos similares a los APC, para mejorar los parámetros productivos y salud intestinal en las aves (Arce et al., 2008).

Actualmente, en el sector avícola destacan los prebióticos, aceites esenciales, probióticos, ácidos orgánicos y enzimas, los cuales son considerados como alternativas de sustitución para los APC, debido a que cumplen funciones similares a los antibióticos, mejorando los parámetros productivos (Diarra & Malouin, 2014). Los aditivos son una alternativa eficaz en vista de que mejoran la salud del animal y el valor nutricional del alimento, a nivel fisiológico mantiene la salud intestinal, mejorando la absorción de nutrientes y evitando la fijación de bacterias patógenas al enterocito.

La inclusión de prebióticos en específico el yacón (*Smallanthus sonchifolius*) logra estimular el crecimiento de ciertos microorganismos en el colon que son beneficiosos para el huésped (Seminario et al., 2003). Por otra parte, se tiene a los aceites esenciales obtenidas de diferentes plantas que actualmente están siendo incluidas en las dietas alimentarias, los cuales ejercen efectos positivos en los parámetros productivos por sus componentes que brindan efectos benéficos anticoccidial, antifúngico, antioxidante, antibacteriano a nivel sistémico de las aves (Sugiharto, 2016).

Es así que, actualmente existen reportes indicando que el uso de ciertos productos naturales como los prebióticos (harina de yacón) y aceites esenciales (aceite de copaiba) tienen propiedades particulares de mejorar la salud intestinal reduciendo la carga microbiana patógena existente en el tracto gastrointestinal logrando un efecto similar a los obtenidos con los APC (Tupayachi, 2014).

Por lo tanto, en este contexto el objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar la interacción entre harina de yacón y aceite de copaiba sobre los índices productivos y la morfometría intestinal en los pollos de engorde.

# CAPÍTULO I

## OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

### 1.1. Objetivos

#### 1.1.1. Objetivo General:

Evaluar la interacción entre harina de yacón y aceite de copaiba sobre la morfometría intestinal y los parámetros productivos en pollos de engorde en condiciones de altura.

#### 1.1.2. Objetivos Específicos:

- Evaluar la altura, ancho de las vellosidades intestinales, profundidad de cripta y la relación entre la altura de vellosidad y la profundidad de cripta en el duodeno, yeyuno e íleon por efecto de la inclusión de la harina de yacón y aceite de copaiba.
  
- Analizar y comparar los parámetros productivos (peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y rendimiento de carcasa).

## **1.2. Justificación**

La salud y el bienestar de los animales, así como de los consumidores se deben tener en cuenta en la crianza intensiva de las aves, con el fin de asegurar una inocuidad alimentaria ya que existe una demanda de productos orgánicos por parte del consumidor, junto con la conservación del medio ambiente. Por tal razón el presente trabajo de investigación se realizó con el propósito de desarrollar alternativas naturales para sustituir a los antibióticos promotores de crecimiento APC, los cuales puedan limitar el número de bacterias patógenas, que permitan favorecer la capacidad de absorción del intestino con una buena salud intestinal y mejorar los rendimientos productivos de la línea genética del ave. Entre las alternativas de reemplazo, existen varios recursos de origen natural que cumplen las mismas funciones a los APC, como las enzimas, probióticos, prebióticos, aceites esenciales, ácidos orgánicos y entre otros; sin el riesgo de dejar residuos en la carne.

En este trabajo se incorporó el uso de prebióticos en específico (harina de yacón) y los aceites esenciales (aceite de copaiba) que, según estudios de investigación desarrollados, cumplen efectos benéficos en el tracto intestinal por tener propiedades particulares que incrementan la población de bacterias benéficas disminuyendo las patógenas, promoviendo el desarrollo de las vellosidades para mantener una buena salud intestinal y por lo tanto un mayor rendimiento productivo.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de Estudios

Hernández (2016), al evaluar el efecto de la inclusión de la harina de hoja de yacón sobre los parámetros productivos y morfológicos en pollos de engorde Ross 308, encontró que los parámetros productivos no se ven influenciado por la inclusión de harina de hoja de yacón en la dieta al 1 %, pero si se encontró mayor integridad de las vellosidades del tejido intestinal.

Diaz (2015), quien evaluó el efecto de inclusión de la harina de cáscara del tubérculo de yacón (HCTY) a un nivel de 0.9 % versus una dieta control sobre los parámetros productivos, la morfología del intestino delgado y costos de producción, en las etapas de crecimiento y acabado en pollos de engorde Ross 308, donde no encontró diferencia significativa para los parámetros productivos, solo en la semana uno para la HCTY, que también presentó mayor integridad del tejido gastrointestinal.

Tupayachi (2014), evaluó el efecto de la relación entre harina de yacón y aceite de copaiba dietaria en la performance e integridad intestinal en pollos inoculados con coccidia, los tratamientos evaluados fueron T1, dieta basal (sin coccidiostato); T2 dieta basal + coccidiostato; T3 dieta basal + harina de yacón (0.25 %) y T4 dieta basal + aceite de copaiba (0.15 ml/kg) por 21 días; los resultados mostraron que ninguno de los parámetros productivos evaluados a los 14 días fueron afectados significativamente por los tratamientos, no obtuvo diferencias en la altura de vellosidades en los segmentos del intestino, pero si obtuvo mayor profundidad de cripta en el duodeno con el aceite de copaiba, en el íleon se observó mayor número de células caliciformes con la harina de yacón.

Fuentes et al., (2012), examinaron en su investigación el efecto de la harina de yacón como prebiótico en la etapa de engorde de patos Muscovy con cinco tratamientos: T0, (control sin antibiótico); T1, (zinc bacitracina 0.035 %); T2, (harina de yacón 0.25 %); T3, (harina de yacón 0.50 %) y T4, (harina de yacón 0.75 %). Encontraron que los tratamientos T1, T3 y T4 obtuvieron mayores ganancias de peso y una mejor conversión alimenticia, no observaron diferencias en cuanto al consumo de alimento; por consiguiente, concluyeron que la inclusión de 0.75 % de harina de yacón en la ración podría ser una alternativa al uso del antibiótico promotor de crecimiento en la dieta de patos en la etapa de engorde.

Saavedra (2010), quien realizó un estudio para determinar los niveles de anticuerpos en diferentes etapas de vida de las gallinas de postura y la eficiencia productiva, los tratamientos fueron: T1, (aceite de sacha inchi 0.15 %); T2, (harina de yacón 0.15 %) y T3 (control testigo); el tratamiento con yacón superó al tratamiento con aceite de sacha inchi y al tratamiento testigo ya que presentaron mayor eficiencia productiva, conversión alimenticia y porcentaje de producción de huevos; en ese orden, así mismo también mejoró los niveles inmunológicos con énfasis en la prevención de New Castle y Bronquitis infecciosa.

González (2009), realizó una investigación en pavos con cinco tratamientos: T0 control sin antibiótico; T1 zinc bacitracina 0.035 %; T2 harina de yacón al 0.25 %; T3 0.50 % y T4 0.75 %; donde T2 y T3 presentaron una mayor ganancia de peso frente al control, en el consumo de alimento se observaron diferencias para T1 y T4 obteniendo consumos menores; el índice de conversión alimenticia no fue afectado significativamente por los tratamientos, por tanto llegó a la conclusión que la harina de yacón al 0.25 % puede ser empleada como alternativa en la ración de pavos en la etapa de engorde.

Villegas (2019), al evaluar el efecto de la harina de yacón y harina de alcachofa sobre los parámetros productivos y la salud intestinal en pollos de engorde distribuido en 4 tratamientos (T1: harina de alcachofa al 3 %, T2: harina de yacón al 0.25 %, T3: harina de alcachofa + harina de yacón y T4: control), encontró como resultado que la harina de yacón tuvo efecto positivo en la respuesta productiva y salud intestinal siendo mayor con el nivel de inclusión de 0.25 %.

Griss et al., (2018), evaluaron el efecto del aceite de copaiba sobre la salud y el rendimiento de los pollos de engorde con dieta basal (control), dieta basal y antibiótico (bacitracina de zinc 25 mg/kl de alimento), dieta basal y aceite de copaiba (0.15 ml/kg de alimento) y dieta basal y aceite de copaiba (0.30 ml/kg de alimento); a los 7 y 15 días de edad obtuvieron mejor ganancia de peso los animales tratados con 0.15 ml/kg de alimento, el tamaño de las criptas y vellosidades fue menor en los animales teniendo efecto antiinflamatorio.

Lopez et al.,(2013), investigaron los efectos del aceite esencial de copaiba en el crecimiento y rendimiento de pollos de engorde los tratamientos comprendieron (control) promotor de crecimiento – virginiamicina y cuatro niveles de aceite de copaiba con los siguientes niveles de inclusión 0.15, 0.30, 0.45 y 0.60 ml/kg de alimento; los pollos alimentados con promotor de crecimiento presentaron mayor peso corporal que los pollos alimentados con aceite de copaiba, la eficiencia del índice productivo disminuye en proporción al aumento del nivel de inclusión del aceite de copaiba; llegaron a la conclusión que el aceite de copaiba se puede incluir en la dieta hasta un nivel de 0.15 ml/kg de alimento sin afectar el rendimiento de los pollos.

Almeida (2014), evaluó el aceite de copaiba y sucupira como aditivos antimicrobianos en pollos con cama reutilizada con cuatro tratamientos (control sin aditivos, dieta con avilamicina, dieta con aceite de copaiba y dieta con aceite de sucupira) a los 40 días se recolectó el intestino para histomorfometría, como resultado la adición de 0.5 g/kg de alimento de aceite de sucupira

empeoró el desempeño productivo con relación a los demás tratamientos y la adición de 2 g/kg de alimento de aceite de copaiba y el uso de avilamicina no influyeron en el rendimiento productivo ni en el desarrollo intestinal.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Morfología General del Aparato Digestivo del Ave**

En las aves la cavidad oral se inicia con el pico, la acción que realiza es el proceso de aprensión y deglución del alimento seguidamente el alimento pasa al buche y luego al esófago el cual es un conducto tubular elástico que se extiende y su función es el almacenamiento temporal, lubricación y reblandecimiento del alimento por el efecto de maceración y acción de la ptilina proveniente de la saliva de la cavidad oral; posteriormente pasa al estómago glandular también llamado proventrículo, el cual contiene glándulas gástricas que secretan el ácido clorhídrico y pepsina las mismas que actúan sobre las proteínas dando inicio a la proteólisis; la acción del jugo gástrico continúa después de que el alimento pasa al estómago muscular o molleja donde se da un proceso de digestión mecánica (molienda de alimentos) los músculos actúan como órgano de masticación ejerciendo presión de los alimentos convirtiendo en pequeñas partículas que se mezcla con los jugos gástricos según sea el origen de la dieta (Sergeant et al., 2014).

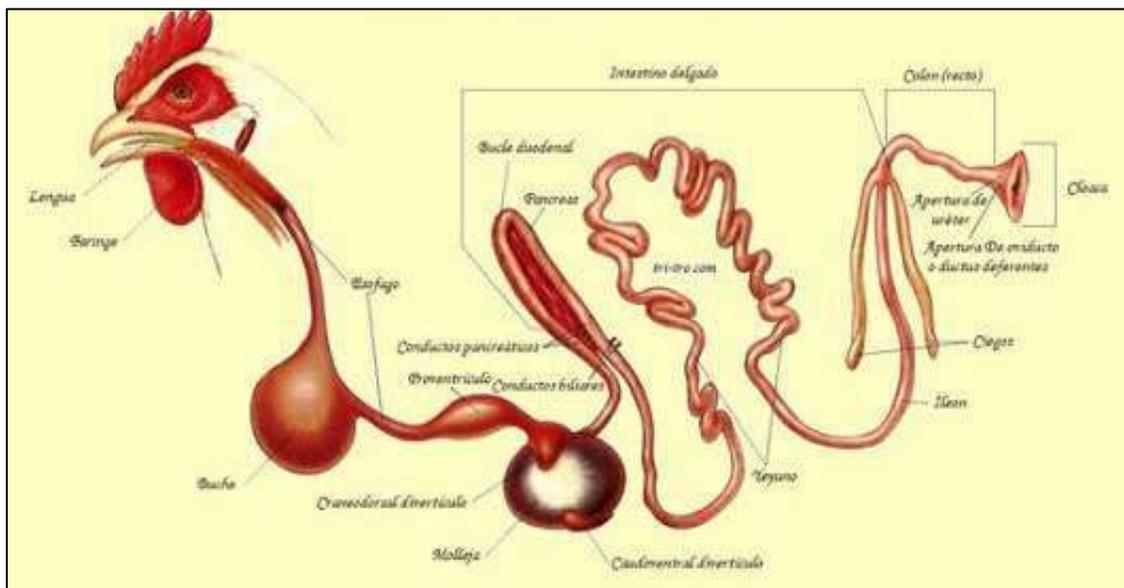
El lugar principal donde se da el mayor proceso de digestión enzimática y absorción de nutrientes es en el intestino delgado, se distingue histológicamente por la presencia de vellosidades, está conformada por tres segmentos el duodeno, yeyuno e íleon; las secreciones del intestino delgado proporcionan agua, moco, inmunoglobulinas, iones, bicarbonato y enzimas; los conductos pancreáticos y biliares desembocan en el duodeno, estas secreciones dan inicio a la digestión enzimática, siendo por ello el segmento más importante en la digestión (Kers et al., 2018). La mayor absorción de nutrientes se da en el yeyuno; el íleon desemboca en los ciegos, representa el último segmento del intestino delgado donde se mueven los contenidos sin digerir, ricos en fibra hacia el intestino grueso y se vacían cada 24 horas; la motilidad consta de una combinación de ondas peristálticas cortas con segmentación intermitente para lograr una mezcla

del contenido luminal, de forma que las enzimas procedentes del páncreas puedan digerir el almidón, la proteína y los lípidos; el intestino grueso va con la unión de los ciegos a través del colon y termina con la apertura de la cloaca (Clavijo & Flórez, 2018).

El primer segmento del intestino grueso son los ciegos se encuentra en la unión del íleon y el colon como sacos ciegos alargados, su función principalmente es la absorción de electrolitos y agua, se ve afectada por la dieta y su tamaño aumenta de acuerdo a la cantidad de material fermentable en la dieta y el conducto final es la cloaca el cual desemboca contenido residual del aparato digestivo que son las heces junto con la orina (Svihus, 2014).

## Figura 1

### *Tracto gastrointestinal en pollos*



Nota. Adaptado de (Gil & Aguinaga, 2016).

### **2.2.1.1. Vellosidades y criptas intestinales**

El epitelio intestinal está conformada de varias estructuras como son las vellosidades intestinales que se encuentran cubiertas por microvellosidades y criptas a lo largo del epitelio se

encuentra tres tipos de células los enterocitos, células caliciformes y células entero-endocrinas; los enterocitos son los encargados de la digestión y absorción de nutrientes, las células caliciformes son responsables de la secreción de moco (una sustancia viscosa que consiste en agua y glicoproteínas que proporciona una barrera protectora contra la invasión de patógenos) y las células entero-endocrinas regulan la actividad de las células epiteliales; la capacidad de digestión, absorción y protección está relacionada directamente con el tamaño y la densidad de las vellosidades, la altura del epitelio de la mucosa, la densidad y edad de los enterocitos, la población de la células caliciformes que producen mucina (Rocha et al., 2016).

Las criptas intestinales son invaginaciones del epitelio alrededor de las vellosidades, donde se encuentran las células jóvenes (hijas) que secretan electrolitos y fluidos; en la base de estas estructuras se encuentran las células totipotenciales (madres) que cada vez se dividen y pasan a través de procesos de proliferación, desarrollo y diferenciación dando origen a las células epiteliales de la mucosa, que permiten la regeneración y el reemplazo de las células de las vellosidades desprendidas o dañadas (Jaramillo, 2011).

#### ***2.2.1.2. Enterocitos***

Estas son células que recubren y forman el epitelio intestinal que protege y mantiene la salud intestinal, se originan en las criptas de Lieberkühn, las cuales migran a lo largo de la superficie de las vellosidades hasta la parte superior de la misma, son eliminadas al lumen en 48-96 horas; por lo tanto, una mayor altura de las vellosidades intestinales, significa una mayor superficie intestinal e incremento de la actividad de las enzimas del borde en el cepillo y de los sistemas de transporte de nutrientes, que conducen a la activación de las funciones de digestión y absorción (Moreno & Rodríguez, 2015).

### ***2.2.1.3. Células caliciformes***

Secretan moco o mucina que recubren la células epiteliales, se encuentran en las vellosidades y criptas, también cumplen un rol fundamental en el mantenimiento y desarrollo del epitelio intestinal, este moco protege la mucosa intestinal como una línea de defensa durante la digestión; las células caliciformes son una barrera de protección contra la entrada de patógenos y microorganismos de esa manera no permiten que se adhiera con las células epiteliales e iniciar un proceso infeccioso, por consiguiente las células aumentan en ayuno o modificaciones en la dieta, ya que esto podría causar la reducción del moco y acción bacteriana de patógenos que causan daño a la mucosa (Rocha et al., 2016).

### ***2.2.1.4. Mucinas Intestinales***

Las mucinas son proteínas de elevado peso molecular y glicosilación; un gel mucoso protector compuesto por estas proteínas que cubren el epitelio gastrointestinal, es sintetizada por las células caliciformes, forman un componente importante de la inmunidad natural que permite al huésped inhibir la entrada de patógenos a la mucosa y su secreción está asociada con una variedad de condiciones fisiológicas y patológicas (Zapata et al., 2015). Las mucinas pueden clasificarse bioquímicamente en neutras y ácidas; esta misma puede variar de acuerdo a los diversos factores ambientales y clínicos como enfermedades entéricas; las mucinas neutras están asociadas con la neutralización del pH y la protección de la mucosa intestinal, mientras que las mucinas ácidas actúan como lubricantes, estas permanecen constante en todo el tracto digestivo; sin embargo, este equilibrio puede variar debido a diversas enfermedades inflamatorias provocadas por desequilibrios en la microbiota intestinal (Galeano et al., 2015).

### **2.2.2. Microbiota Intestinal en Aves**

Un factor importante del ecosistema intestinal es la microbiota que está conformada por la población microbiana que vive en el tracto gastrointestinal, el cual es un refugio cálido para una microbiota compleja compuesta principalmente por bacterias anaeróbicas; el tracto gastrointestinal de las aves alberga una variedad de bacterias, hongos, protozoos y virus que interactúan constantemente con el huésped; los más importantes son las bacterias (Pan & Yu, 2014).

La microbiota intestinal del pollo inicia su desarrollo en el momento de la eclosión, los pollitos recién nacidos están expuestos desde un principio a microbios que están en la superficie de la cáscara del huevo, que consiste en bacterias del intestino de la madre y su entorno, por lo tanto el inculo microbiano obtenido en la edad temprana del periodo posterior a la eclosión es fundamental para el establecimiento de la microbiota intestinal, este primer efecto puede durar toda la vida de un pollo (Rinttilä & Apajalahti, 2013). La comunidad microbiana que habitan en el tracto gastrointestinal influyen en la salud y el crecimiento del huésped; los criaderos limpios y las prácticas de incubación en la industria avícola comercial pueden llevar a la adquisición de microbiota irregular en el tracto gastrointestinal de los pollos y a un nivel muy alto de variación de ave en ave (Donaldson et al., 2017).

La microbiota intestinal de las aves muestra el reflejo del desarrollo de microorganismos en el huésped, los cambios que se generan dentro pueden tener efectos beneficiosos o también dañinos sobre la salud y por ende en el rendimiento productivo del animal (Jha et al., 2020).

#### ***2.2.2.1. Composición de la microbiota intestinal***

La composición de la microbiota intestinal presenta variaciones temporales que se ven afectados por la edad del ave, la genética y por factores externos como la dieta; en el buche se encuentran microorganismos aerobios y anaerobios facultativos como *Lactobacillus spp.*,

*Streptococos spp.*, y *Enterobacteriáceas* aumentando significativamente anaerobios facultativos y especies bacterianas anaerobias estrictas (Lu et al., 2003). El *Lactobacillus spp* produce ácido láctico, es el componente principal de la microbiota del intestino delgado (Crippen et al., 2019).

El 90 % de bacterias en el duodeno y yeyuno lo conforman el género *Lactobacillus*, los géneros más relevantes son los *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Pediococcus* y *Streptococcus*; se encuentran niveles altos de bacterias anaerobias como *Clostridium spp*, *Bacteroides spp* y *Bifidus spp* en el íleon terminal (Yeoman et al., 2012). Por otra parte el número total de bacterias es menor en el intestino delgado en comparación con el buche y los ciegos; la secreción de ácido clorhídrico, la mezcla completa de la digesta y los tiempos de retención relativamente bajos en el duodeno aseguran que niveles mínimos de bacterias patógenas colonicen el intestino delgado (Osho, 2020).

El intestino contiene bacterias benéficas como los lactobacilos grampositivos y las bifidobacterias y por otro lado también están las bacterias patógenas, como *Escherichia coli*, *Clostridium spp.* y *Salmonella* es aceptable que un equilibrio de bacterias benéficas sea al menos de 85 % del total para el huésped (Sugiharto, 2016).

La microbiota intestinal es un activo positivo para la salud de las aves, que está asociada con el desarrollo estructural y funcional normal de la respuesta inmunitaria de la mucosa, el cual requiere un control preciso y una capacidad inmunosensorial para distinguir las bacterias comensales de las bacterias patógenas; la manipulación de la microbiota intestinal con el fin de mejorar los componentes beneficiosos, representa una estrategia terapéutica prometedora para el futuro (Kogut, 2019).

### ***2.2.2.2. Factores que afectan la microbiota***

Cuando el ave sufre agresiones como: interrupciones en la alimentación o cambios de dieta frecuentemente, desequilibrio nutricional, uso excesivo de antibióticos, antecedentes genéticos, presencia de toxinas en el alimento que también afectan la salud intestinal causando intoxicaciones, factores estresantes como son el: (mal transporte, inadecuado manejo, sobrepoblación, vacunas, contaminantes ambientales, alteración del ritmo biológico diario como cambios de los tiempos de luz/oscuridad, etc.), como también las sustancias que alteran el pH del intestino; ocasionan una alteración causando un desequilibrio en la microbiota y en consecuencia perjudica la salud del ave (Aguavil, 2012; Teirlynck et al., 2011).

### **2.2.3. Disbiosis Intestinal**

La disbiosis intestinal o disbacteriosis viene a ser un síndrome secundario, que consiste en la alteración de la microbiota intestinal causada por el aumento en número, especies y funciones de bacterias patógenas con respecto a las bacterias benéficas, teniendo como consecuencia un desequilibrio de la microbiota intestinal provocado por el estrés ambiental, infección viral o bacteriano, trastorno intestinal, coccidiosis o en respuesta a un cambio en la dieta; la disbiosis hace que sea deficiente la absorción de nutrientes, disminuye los pesos y desmejora la conversión alimenticia (Vega et al., 2022).

Cuando las toxinas de las bacterias patógenas se liberan en el intestino, provocan inflamación, lo que crea una respuesta inmune anormal asociada a la debilidad del epitelio intestinal, lo que aumenta su permeabilidad, permitiendo el paso de toxinas y moléculas grandes como consecuencia de una mala digestión, esto conlleva a las diferentes enfermedades que se observa con frecuencia en la avicultura (Barbagelata, 2021).

#### **2.2.4. Importancia de la Integridad Intestinal**

La integridad intestinal se define como una función intestinal óptima un tracto digestivo saludable con su población microbial balanceada, es decir con la capacidad para realizar funciones fisiológicas manteniendo adecuadamente la homeostasis; lo que respalda su capacidad para resistir infecciones y agentes no infecciosos, el cual es esencial para lograr un buen rendimiento de acuerdo al potencial genético del pollo (Faus, 2008).

El intestino del pollo es responsable de una correcta asimilación, cuando el tracto gastrointestinal está sano y equilibrado los nutrientes se absorben de manera más eficiente, debe realizar una correcta metabolización del alimento, limitar la adhesión y la replicación de los patógenos en la pared intestinal, cualquier agresión que comprometa al intestino es respondida desde el aparato digestivo; muy aparte de los resultados el sistema inmunológico se activa, pero desviará energía que debería ser aprovechado para el rendimiento productivo (Faus, 2008).

El tracto gastrointestinal es un ecosistema de interacciones complejas que permite la interacción del lumen intestinal, microorganismos y células epiteliales de absorción, que brindan una barrera de defensa inmunitaria; cuando la salud intestinal es óptima, la fisiología digestiva funciona adecuadamente para la salud y producción animal (Tavernari et al., 2008).

Para atenuar problemas que afecten la integridad intestinal se han probado diversos aditivos en el alimento como son los probióticos, prebióticos, simbióticos, ácidos orgánicos, enzimas, entre otros, los cuales previenen enfermedades entéricas y por lo tanto mejoran el rendimiento de los animales (Fernandes et al., 2014).

### **2.2.5. Antibióticos Promotores de Crecimiento en Aves**

Los antibióticos promotores de crecimiento APC, son los aditivos que más se usan en la alimentación animal, son agregados en el alimento en cantidades subterapéuticas que promueven el crecimiento del animal; generan cambios en los procesos digestivos y metabólicos de los animales, lo que aumenta la eficiencia del alimento y presenta mejoras significativas de ganancia de peso, también producen cambios en la composición de la microbiota intestinal disminuye agentes patógenos, reduce la aparición de enfermedades y mejora la digestión (Carro & Ranilla, 2002). La respuesta a los APC depende de la edad, etapa de producción y las condiciones ambientales donde se crían las aves (Laxminarayan et al., 2015).

Los APC cumplieron un rol fundamental en el desarrollo de la industria avícola, su uso preventivo reduciendo la carga de patógenos y las enfermedades intestinales y con ello mejorar la absorción de nutrientes y como resultado mayores ganancias de peso en las aves; sin embargo, a pesar de estos efectos beneficiosos el mal uso y la falta de control en el tratamiento a provocado que los microorganismos se adapten y aumenten la resistencia bacteriana a ciertos antibióticos, convirtiéndose en un problema grave para la salud humana y animal (Berglund, 2015).

### **2.2.6. Alternativas al Uso de Antibióticos Promotores de Crecimiento**

En la alimentación animal lo que se busca actualmente es la reducción o eliminación del uso de antibióticos, por lo que la industria avícola ha venido investigando alternativas al uso de los antibióticos, ya que cada vez es más necesario encontrar alternativas naturales efectivas para mantener o mejorar la salud y el rendimiento de las aves; algunas de las alternativas propuestas incluyen las enzimas exógenas, prebióticos, probióticos, aceites esenciales o extractos de plantas y acidificantes, que podrían limitar el número de bacterias patógenas, optimizar la absorción del intestino y mejorar el rendimiento productivo (López et al., 2009).

### **2.2.6.1. Prebióticos**

Son compuestos o sustancias que no se digieren en el intestino delgado, sino que se fermentan en el colon desempeñan un papel fisiológico en el intestino y estimulan selectivamente el crecimiento y la actividad de las bacterias benéficas como las (*Bifidobacterium* y *Lactobacillus*), alteran la microbiota intestinal de manera favorable para el huésped (Ardoino et al., 2017).

Para que un ingrediente alimenticio sea clasificado como prebiótico, debe reunir las siguientes propiedades y efectos: resistencia a la acidez gástrica, capacidad de fermentar a través de un grupo de microorganismos potencialmente benéficos, que se encuentran principalmente en el colon, estimulando su crecimiento y actividad metabólica; deben ser capaces de modificar la microbiota del colon de manera favorable en las especies benéficas permitiendo regular el sistema inmune del huésped (Gibson & Roberfroid, 1995).

### **2.2.6.2. Prebióticos en la alimentación de aves**

Los prebióticos más utilizados en la industria avícola son los carbohidratos tales como: oligosacáridos, fructooligosacáridos (FOS), xilooligosacáridos (XOS), manano oligosacáridos (MOS), galactooligosacáridos e inulina; los prebióticos incluyen almidón, polisacáridos, pectinas, ácidos grasos, principalmente acético, propiónico y butírico; los ácidos modifican el pH del intestino y por ende afectan a los microorganismos patógenos, de igual manera sirven como sustrato para los probióticos de esta manera compiten con las bacterias patógenas evitando que se adhieran a la pared intestinal (Peralta et al., 2018).

## **2.2.7. Yacón (*Smallanthus sonchifolius*)**

### **2.2.7.1. Aspectos generales**

El yacón es una planta herbácea perenne, mide de 1 a 2.5 m presenta dos tipos de raíces: fibrosas (tienen la función de fijación de la planta al suelo y la absorción de agua y nutrientes), las reservantes (presentan estructuras de almacenamiento de forma fusiforme u ovalada, de color blanco, crema o purpura), las hojas son grandes, opuestas y sagitadas con márgenes aserrados y sus flores son múltiples de color amarillo-naranja de 3 cm (Manrique et al., 2003). La variedad de sus estructuras y partes son determinadas por el tipo de suelo, la localidad; lo que podría afectar en la forma y tamaño de las raíces (Lachman et al., 2003).

El lugar y condición ideal para la producción del yacón está en el piso alto de la región yunga y el piso medio de la región quechua de 1100 a 2500 de altura, aunque en ocasiones se les puede encontrar desde el nivel del mar hasta los 3500 m.s.n.m. demostrando ser un cultivo adaptable y que podría sembrarse en varios lugares de la costa y selva del Perú; siendo los lugares de mayor producción en: Amazonas, Ancash, Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Cerro de Pasco, Cusco (Urubamba, Cusco, Calca, Paucartambo, La Convención), Huánuco, Junín, La Libertad, Lambayeque, Lima, Piura y Puno; se comporta mejor en suelos sueltos, francos a francos arenosos de pH desde ligeramente ácido hasta el neutro (Seminario et al., 2003).

### **2.2.7.2. Taxonomía**

El género *Smallanthus* presenta 21 especie, de las cuales 7 se han registrado en el Perú (Manrique et al., 2003).

DIVISIÓN: Fanerógamas o Antofitas

SUBDIVISIÓN: Angiospermas

CLASE: Dicotiledóneas

SUBCLASE: Simpétalas

ORDEN: Campanulales

FAMILIA: Asterácea o Compositae

SUB-FAMILIA: Asteroidea

GÉNERO: *Smallanthus*

ESPECIE: *Smallanthus sonchifolius*

### **2.2.7.3. Composición química**

Las raíces reservantes del yacón son comestibles con mayor cantidad de agua en promedio con 85 y 90 % del peso fresco de las raíces; no almacena almidón sino en forma de fructooligosacáridos (FOS) y azúcares libres; en base seca se puede tener en cuenta la siguiente composición: FOS 40 a 70 %, sacarosa 5 a 15 %, fructosa 5 a 15 % y glucosa menos del 5 %; las proteínas entre 2.4 a 4.3 % y los lípidos de 0.14 a 0.43 % (Manrique et al., 2003). En cuanto a los minerales, el potasio se encuentra en mayor proporción de 230 mg/100 g en base fresca y en bajas proporciones está el calcio, fósforo, magnesio, sodio y hierro; no obstante, la composición varía de acuerdo a diversos factores ambientales, épocas de siembra y cosecha (Seminario et al., 2003).

**Tabla 1***Composición química del yacón (en relación a 1 Kg de materia comestible de raíz fresca)*

Variable		Promedio	Rango
Materia Seca	g	115.0	98.0 – 136.0
Carbohidratos totales	g	106.0	89.0 – 127.0
Fructanos	g	62.0	31.0 – 89.0
Sacarosa libre	g	14.0	10.0 – 19.0
Fructosa libre	g	8.5	3.9 – 21.1
Glucosa libre	g	3.4	2.3 – 5.9
Proteína	g	3.7	2.7 – 4.9
Fibra	g	3.6	3.1 – 4.1
Lípidos	mg	244.0	112.0 – 464.4
Calcio	mg	87.0	56.0 – 131.0
Fósforo	mg	240.0	182.0 – 309.0
Potasio	mg	2282.0	1843.0 – 2946.0

*Nota:* (Hermann et al., 1999).

#### **2.2.7.4. Carbohidratos**

El peso seco de las raíces del yacón está representado por el 90 % de carbohidratos, de los cuales el 50 y 70 % son fructooligosacáridos (Seminario et al., 2003).

Los FOS presentan una baja absorción por el sistema digestivo, debido a que no tiene una enzima que lo hidrolice, la principal función de los carbohidratos de baja digestibilidad en el tracto gastrointestinal de las aves; está asociada principalmente con el ecosistema del ciego y la producción de ácidos grasos de cadena corta y consecuentemente reduce el pH de los alimentos en el intestino y ayuda en la proliferación de las bacterias benéficas (Juśkiewicz et al., 2006).

### 2.2.7.5. Fructooligosacáridos (FOS)

Los fructooligosacáridos FOS, conocidos también como oligofructanos u oligofructosa que pertenece a los fructanos; presentan un esqueleto de unidades de fructosa unidas entre sí por enlaces glucosídicos  $\beta$  (2  $\rightarrow$  1) y  $\beta$  (2  $\rightarrow$  6), desde el punto nutricional los fructanos más importantes son los FOS y la inulina (Seminario et al., 2003). No pueden ser degradados por las enzimas digestivas que son específicas para uniones  $\alpha$ -glucosídicas por su estructura que lo define como oligosacáridos no digestibles, sirven como sustratos para la fermentación por bacterias benéficas en el colon y con ello aumentar la microflora benéfica (*Bifidobacterias* y *Lactobacilos*) aportando energía para el crecimiento microbiano (Lachman et al., 2003).

Los FOS del yacón tienen propiedades físico-químicas, como retención de agua, solubles en el agua en un rango de pH de 4.0 – 7.0, estabilidad a altas temperaturas de refrigeración; su función más relevante de los FOS es actuar como un componente prebiótico, favoreciendo el crecimiento de bifidobacterias las mismas que promueven la producción del complejo B y el ácido fólico e inhibiendo el desarrollo de microorganismos patógenos como *Salmonella*, *Shigella*, *Staphylococcus* y *Cándida* (Fernández, 2003).

#### Tabla 2

*Porcentaje de azúcares en raíces reservantes de yacón (en relación al peso seco)*

Tipo de azúcar	Promedio	Rango
FOS	54	27 – 77
Sacarosa	12	9 - 17
Fructosa	8	3 – 18
Glucosa	3	2 - 5

*Nota:* Evaluación de diez cultivares de yacón de diferentes procedencias: Argentina (1), Bolivia (3), Ecuador (1) y Perú (5), adaptado de (Hermann et al., 1999).

#### **2.2.7.6. Efecto prebiótico**

Una dieta que es rica en fructooligosacáridos favorece y promueve el crecimiento de bifidobacterias y lactobacilos, generando como resultado altos niveles de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) en el material cecal la mejora de la densidad celular y la formación de criptas en el tejido ciego, siendo un indicador de beneficios para la salud del colon (Campos et al., 2012). La raíz del yacón contiene inulina y fructooligosacáridos que nos son digeribles, pero que benefician al consumidor, porque favorece selectivamente el crecimiento y actividad de las bacterias presentes en el colon, como *Bifidobacterium* y *Lactobacillus* e inhibe el crecimiento de bacterias patógenas que a menudo producen toxinas o contribuyen al desarrollo de enfermedades gastrointestinales; la proliferación de esas bacterias benéficas intestinales es conocida como efecto prebiótico (Alvarez et al., 2008).

#### **2.2.8. Aceites Esenciales**

Son líquidos volátiles con aroma, sabor y olor característico que se encuentran en los tejidos de almacenamiento y secreción de las plantas, el cual se adquiere por un proceso físico (Martínez et al., 2015). Así mismo, es el resultado de metabolitos secundarios de las plantas con componentes químicos activos variados; que está compuesto por una proporción de hidrocarburos del grupo de los terpenos asociado con otras mezclas oxigenadas; no están relacionados con los procesos fisiológicos de fotosíntesis, formación de carbohidratos, transporte de solutos, respiración, síntesis de proteína (Flores, 2010). Los aceites esenciales se pueden extraer de diferentes partes de las plantas como flores, pétalos, tallos, raíces y cortezas; últimamente se han evaluado como una alternativa en la nutrición avícola (Martínez et al., 2015).

### ***2.2.8.1. Composición química de los aceites esenciales***

Son mezclas complejas de compuestos químicos que presentan más de 100 elementos, de las cuales están los alifáticos de bajo peso molecular (alcanos, alcoholes, cetonas, aldehídos, ésteres y ácidos), monoterpenos, sesquiterpenos y fenilpropanos; por lo general contienen compuestos como el timol, carvacrol,  $\gamma$ -terpineno, p-cimeno, sabineno,  $\alpha$ -tujeno,  $\alpha$ -terpineno, eugenol y linalol, estos compuestos varían en cada planta (Martinez et al., 2015).

Los aceites esenciales forman parte de dos grupos: la primera los terpenos están conformados por 5 unidades de carbonos llamados isopreno (2-metil-1,3-butadieno) y se clasifican en monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos y triterpenos; los terpenos están en forma de alcoholes, aldehídos, cetonas, lactonas y ésteres y finalmente el conjunto de los compuestos aromáticos que resulta del fenilpropano con 6 carbonos, que son menos frecuentes (Roldan, 2010).

### ***2.2.8.2. Mecanismos de acción de los aceites esenciales***

A los aceites esenciales se les atribuye principalmente la de antimicrobiana, que depende del carácter lipofílico o hidrofílico del aceite esencial; los fenólicos tienen actividad antibacteriana,  $\gamma$ -terpineno actúa como antioxidante, antifúngica, anticancerígena, analgésica anticoccidial y además como un potencial para reemplazar a los APC (Roldan, 2010).

Los efectos más importantes sobre los microorganismos es el de ser bactericidas y bacteriostáticos (capsaicina, cinamaldehído, carvacrol, alicina, eugenol, cineol y curcumina), coccidiostáticos (carvacrol), y como regulador digestivo (fenogreco o alhova) optimizan la actividad de las enzimas pancreáticas e intestinales (capsaicina, piperina, zingerona, curcumina), optimizan la actividad de enzimas antioxidantes mejora la salud de las microvellosidades; pueden también mejorar el sistema inmune actuando con mayor eficiencia los granulocitos y los

macrófagos, que puede ocurrir en casos de estrés intestinal (coccidios), otras funciones son antiinflamatorias, antioxidantes, endocrinas y diuréticas (Padilla, 2009).

### ***2.2.8.3. Uso de aceites esenciales en animales***

Los promotores de crecimiento en la producción avícola han sido utilizados indiscriminadamente, por lo que algunas bacterias han adquirido resistencia a los antimicrobianos, siendo los aceites esenciales una alternativa de reemplazo en muchos casos demostró una mejora productiva; los aceites de gran beneficio en la alimentación de aves son los extraídos de jengibre, escobilla, enebro, anís retamilla, parda, tomillo blanco y manzanilla (Martinez et al., 2015). Algunos tienen propiedades antioxidantes, mientras que otros estimulan la digestión y mejoran la absorción de nutrientes al estimular la actividad enzimática en la mucosa intestinal y pancreática (Padilla, 2009).

Isabel y Santos (2009), demostraron una mejor conversión alimenticia en pollos con una mezcla comercial de clavo y orégano. Los efectos obtenidos en aves es similar en los cerdos, los aceites esenciales de orégano, ajo, menta, tomillo y salvia sirven como antioxidantes y mejoran los parámetros productivos favoreciendo la digestión y absorción de los nutrientes en los vacunos tiene la propiedad de transformar la fermentación ruminal aprovechando los nutrientes y mejorando la eficiencia de producción en la leche y carne; en los peces reduce el nivel de estrés, lesiones, mortalidad y enfermedades en el momento de transporte y manejo, sin embargo se debe usar las dosis recomendadas (Martinez et al., 2015).

## **2.2.9. Copaiba (*Copaifera paupera*)**

### **2.2.9.1. Aspectos generales**

El nombre copaiba se utiliza para todo el género *Copaifera*, se encuentra distribuida en la región Amazónica, generalmente desde los 50 hasta los 1200 m.s.n.m. en ámbitos con pluviosidad elevada y constante; siendo una especie esciófita (ambiente sombrío), se desarrolla en suelos arcillosos a limosos, fértiles y bien drenados, con pedregosidad baja a media (Reynel et al., 2003). Crecen lentamente, pueden alcanzar una altura de 40 m, con un diámetro de 0.80 m y una vida de 400 años aproximadamente; se encuentra en las regiones de Loreto, Madre de Dios y Ucayali del Perú (Francia, 2013).

### **2.2.9.2. Taxonomía**

*Copaiba paupera* fue descrita como tal por primera vez por el botánico John D. Dwyer en 1951 la descripción taxonómica es la siguiente:

NOMBRE CIENTÍFICO: *Copaifera paupera*

REINO: Plantae

DIVISIÓN: Magnoliophyta

CLASE: Equisetopsida

SUBCLASE: Magnoliidae

ORDEN: Fabales

FAMILIA: Fabaceae Lindl.

GÉNERO: *Copaifera* L.

ESPECIE: *Copaifera paupera* (Herzog) Dwyer

Nombre común: “Copaiba”, “Copaifera”.

### ***2.2.9.3. Características***

El copaiba es un árbol que se encuentra principalmente en la región amazónica de América del Sur (Perú, Brasil, Colombia y Venezuela), de cuyo tronco se obtiene una oleorresina (aceite de copaiba) compuesto de ácidos resinosos y volátiles, este exudado a manera de líquido que se espesa con el contacto del aire; el color va desde transparente, amarillo a marrón claro, un olor característico y sabor amargo (Arroyo et al., 2009).

### ***2.2.9.4. Composición química***

La oleorresina generalmente es la mezcla de sesquiterpenos, principalmente B-cariofileno y diterpenos (Sachetti et al., 2011). En su composición química el copaiba presenta 85 % resinas y ácidos grasos y en baja proporción de 15 % aceites volátiles, la resina lo conforman los: sesquiterpenos y diterpenos (ácido Copalico y ácido Kaurenico) y ácido terpenico; con respecto a los ácidos grasos está conformado por un 60 % de ácidos grasos insaturados y un 36 % de ácidos grasos saturados como son el Vaccenico, Linoleico, Elaídico, Palmítico, 10 octadinoico, Behénico y el Lignocerico; el 4 % restante lo conforman el: ácido araquídico, 11- eicosano, esqualeno, butil hidroxitolueno y vitamina E (Francia, 2013).

### ***2.2.9.5. Propiedades biológicas***

El aceite de copaiba es usado ampliamente en la medicina convencional, se le atribuye varias propiedades curativas tales como: antiinflamatoria, antitumoral, dermatológicos, úlceras, cicatrizante, antioxidante, antimicrobiana, analgésica (Arroyo et al., 2009).

Pueden ser fuentes potenciales para el tratamiento de enfermedades infecciosas, antibacterianas mostrando una actividad bactericida frente a organismos Gram- positivos y una actividad moderada contra los dermatofitos, esto de acuerdo a cada especie y composición química del aceite de copaiba (Oliveira et al., 2008). Este aceite tiene la capacidad de impedir el desarrollo

de las bacterias: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa* (Mendonça & Onofre, 2009).

Arroyo et al. (2011), concluyeron en su estudio que los pacientes con úlceras tratados con capsulas de aceite de copaiba lograron una tasa de cicatrización de 65 % a 75 % sin efectos secundarios. Deus et al. (2011), hallaron resultados positivos como inhibidor frente a los hongos del género *Aspergillus* y de levaduras del género *Cándida*, lo que indica su potencial antimicrobiano.

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y METODOLOGÍA**

#### **3.1. Ubicación Geográfica de la Investigación**

##### **3.1.1. Lugar de Ejecución**

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el sector denominado Alto Qosqo que está ubicado en la zona Noreste del Distrito de San Sebastián en la Provincia, Departamento y Región Cusco, con una altitud de 3400 m.s.n.m.

La evaluación de los parámetros productivos, se realizó durante los meses de noviembre y diciembre del 2018; previo a la parte experimental se realizó la liofilización del yacón en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Escuela Profesional de Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, en cuanto a la histología y mediciones morfométricas de las vellosidades intestinales se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Sanidad Animal (Área de Histopatología) de la Escuela Profesional de Zootecnia de la misma Universidad; en los meses de setiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2019.

#### **3.2. Materiales y Equipos**

##### **3.2.1. Equipos de Trabajo**

- Comederos tipo tolva
- Bebederos manuales
- Campanas de cría
- Balones de gas
- Ventilador de 360 grados.
- Focos

- Termómetro digital
- Nordex
- Viruta
- Mochila de desinfección
- Desinfectantes (Germon 80, vanodine y cal viva)
- Lanzallamas
- Arpillera
- Balanza de plataforma marca Patricks de 100 Kg
- Balanza electrónica marca Patricks de 5 Kg
- Balanza electrónica gramera de 1 Kg
- Papel periódico
- Registro de evaluación
- Mameluco, mascarilla y guantes
- Materiales de limpieza (escoba, recogedor, baldes)

### **3.2.2. Materiales de Laboratorio**

Para la liofilización del yacón

- Cuchillo de acero inoxidable
- Recipiente de plástico
- Paño secador
- Frasco de plástico con tapa desenroscable

Para el procesamiento histológico

- Sustituto de Xilol - Reactivo Ottix Plus
- Sustituto de alcohol - Reactivo Ottix Shaper

- Formol taponado al 10%
- Agua destilada
- Alcohol de 96°
- Alcohol ácido al 1%
- Agua amoniacal al 1%
- Colorante Hematoxilina de Harris
- Colorante de Eosina
- Cassette porta tejido marca SNK LAB (modelo celda)
- Parafina sólida en lenteja 3 Kg marca Histaflex
- Moldes de inclusión
- Cuchilla para micrótopo perfil bajo A35 caja de 10 unidades marca Feather
- Hojas de bisturí
- Portaobjetos
- Cubreobjetos
- Táper hermético de 2 litros con tapa rosca
- Equipo de cirugía menor
- Brocha pequeña
- Papel periódico
- Papel toalla
- Lápiz 2B
- Plumón de tinta indeleble
- Cronómetro
- Barbijo, gorra y guante quirúrgico

### **3.2.3. Equipos de Laboratorio**

Para la liofilización del yacón

- Balanza marca Henkel de 30 Kg
- Congeladora Electrolux
- Analizador de humedad
- Liofilizador marca Ilshin
- Molino de corte y de martillo marca Ika

Para el procesamiento histológico

- Microscopio marca Leica DM500
- Microtomo de rotación tipo Minot marca Thermo Scientific
- Dispensador de parafina marca J.P. Selecta
- Incubadora de temperatura con rango alto marca Memmert
- Baño de flotación marca Leica
- Congeladora marca Electrolux
- Cytation 5 marca Biotek

### **3.2.4. Material Biológico**

Se utilizaron 150 pollos BB de la línea Cobb 500 machos de un día de edad, con un peso promedio de 46 g con una desviación estándar  $\pm 1$  g; la parte experimental de los tratamientos se realizó desde la etapa de inicio hasta acabado.

### **3.2.5. Procesamiento de la Harina de Yacón**

La harina de yacón fue obtenida mediante el proceso de liofilización, que es un método de deshidratación de alimentos, proteínas o material biológico que emplea la congelación y se sublima el agua congelada al ejercer suficiente vacío al sistema; este procedimiento permite una

conservación de calidad superior que otras formas de secado, manteniendo el color, forma, sabor y los valores nutricionales de la materia prima (Orrego, 2003).

Se trabajó con muestras de yacón, recolectadas de la granja Kayra, perteneciente a la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, al momento de la recolección se seleccionaron las raíces íntegras, luego para el proceso de liofilización se llevó al Laboratorio de Nutrición Animal de la Escuela Profesional de Zootecnia, donde se procedió al lavado con abundante agua potable con el objetivo de eliminar la tierra adherida, las raíces lavadas fueron secadas individualmente con un paño para retirar la humedad, posteriormente fueron cortadas en rodajas con un espesor aproximado de 3 mm, inmediatamente se sometieron a congelación a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas, después del periodo de congelación las rodajas fueron introducidas en la cámara de sublimación del liofilizador por el periodo de 72 horas a  $-54\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) de temperatura y 20 mTorr de presión, en total se realizó cinco tandas de liofilización (cada tanda fue de aproximadamente 2.5 kg de material vegetal fresco). En la figura 2 se puede observar al equipo con las muestras de yacón en el proceso de liofilización.

## **Figura 2**

*Proceso de liofilización del yacón*



Al inicio se determinó el porcentaje de humedad del yacón en promedio fue de 90.92 % y la materia seca 9.08 %.

Al finalizar cada tanda del proceso de liofilización, se procedió a retirar las rodajas de yacón deshidratadas y se tomó una muestra para determinar la humedad del producto, cuyo resultado fue de 2.5 % ( $\pm 0.5$ ), el restante del producto fue inmediatamente molido en un molino de corte con una criba de 3 mm, como se puede apreciar en la figura 3. Finalmente se envasó en un frasco de plástico hermético, con el fin de aislar de la humedad del medio ambiente y contribuir con su conservación.

### **Figura 3**

*Proceso de molienda del yacón liofilizado en un molino de corte*



### 3.2.6. Obtención del Aceite de Copaiba

El aceite de copaiba fue obtenido de una empresa confiable y autorizada de la ciudad de Lima. El cual tiene un contenido referencial de ácidos grasos como el que se muestra en la tabla 3, donde se aprecia que los ácidos grasos en mayor proporción son el oleico (14.72 %), linoleico (7.43 %) y el palmítico (4.45 %); en general el 30 % corresponde a ácidos grasos, el porcentaje restante corresponde a la fracción de sesquiterpenos presentes en la oleorresina.

**Tabla 3**

*Perfil de ácidos grasos de la oleorresina de *Copaifera reticulata**

Ácido graso		Resultado (g/100 g)
Ácido hexanoico	C6:0	0.53
Ácido caprílico	C8:0	0.03
Ácido caproico	C10:0	1.52
Ácido mirístico	C14:0	0.23
Ácido pentadecanoico	C15:0	0.11
Ácido cis-10 pentadecanoico	C15:0	0.64
Ácido palmítico	C16:0	4.45
Ácido palmitoleico	C16:1	0.08
Ácido esteárico	C18:0	0.8
Ácido cis-9 oleico	C18:1	14.72
Ácido linoleáidico	C18:2	0.07
Ácido linoleico	C18:2	7.43
Ácido araquídico	C20:0	0.08
Ácido linolénico	C18:3	0.06
Ácido cis 11 – 14 eicosadienoico	C20:2	0.08
Ácido erúxico	C22:1	0.06
Ácido nervónico	C24:1	2.24

*Nota:* (Espitia et al., 2018).

### **3.3. Metodología de la Investigación**

#### **3.3.1. Sistema de Crianza**

Se utilizó un sistema de crianza confinado, donde los animales permanecieron dentro del galpón durante la investigación; los pollos BB se alojaron en 15 box separados con mallas hexagonales, con soporte de listones de madera y forradas con nordex en la etapa de inicio; el área total para los 5 tratamientos fue de 45 m<sup>2</sup> los cuales fueron divididos en partes iguales para la distribución de las repeticiones por tratamiento, la medida del box por cada repetición en la etapa de inicio fue de 1.10 m de largo por 0.70 m de ancho, para las etapas de crecimiento y acabado se fueron ampliando (Anexo 52).

Cada área contó con el alimento y agua a disposición en forma *ad libitum*, el suministro de alimento se realizó por las mañanas (07:00 a.m.) y por la tarde previo un lavado de los comederos y bebederos; el galpón se adecuó con arpilleras a modo de cortinas por dentro para mantener la temperatura óptima, se usó focos blancos ahorradores de 25 watts esto también ayudó en la temperatura de las primeras semanas de los pollos bebes; el manejo de la temperatura se controló con un termómetro digital y se reguló con la campana criadora iniciando con 33 °C promedio y se fue disminuyendo de acuerdo a la edad del ave hasta llegar a la temperatura ambiental de 18 °C; la ventilación se manejó a través de las cortinas y un ventilador; en todo momento se tomó en cuenta el aspecto de bioseguridad (Anexo 53).

#### **3.3.2. Tratamientos**

Los tratamientos evaluados en esta investigación fueron cinco (Sin antibiótico, con antibiótico, con harina de yacón al 0.25 %, aceite de copaiba 0.15 ml/Kg de alimento y con harina de yacón (0.25 %) más aceite de copaiba (0.15 ml/kg de alimento). Cada tratamiento estuvo conformado por tres repeticiones y cada repetición por 10 pollos.

Los tratamientos fueron los siguientes:

**T1:** Alimento balanceado sin antibiótico (Control negativo sin ningún tipo de aditivo promotor en el alimento).

**T2:** Alimento balanceado con antibiótico (Control positivo con zinc bacitracina).

**T3:** Alimento balanceado con harina de yacón (0.25 %).

**T4:** Alimento balanceado con aceite de copaiba (0.15 ml/Kg de alimento).

**T5:** Alimento balanceado con harina de yacón (0.25 %) más aceite de copaiba (0.15 ml/Kg de alimento).

### **3.3.3. Elaboración de las Dietas Experimentales**

La formulación de las dietas se realizó utilizando el software Mixit de acuerdo a los requerimientos nutricionales de la línea genética Cobb 500 y con el uso de insumos disponibles en el mercado, con la inclusión de la harina de yacón y el aceite de copaiba (Anexo 51).

El programa de alimentación se elaboró para las tres etapas: inicio de 1 a 21 días, crecimiento de 22 a 42 días y acabado de 43 a 56 días; como se muestra en las tablas 4, 5 y 6 respectivamente y los valores de la composición nutricional de las dietas se muestra en la tabla 7.

La presentación física del alimento fue en harina.

**Tabla 4**

*Composición porcentual de ingredientes de las dietas experimentales empleadas en la etapa de inicio (1 a 21 días)*

Ingredientes (%)	T1	T2	T3	T4	T5
Maíz amarillo duro (molido)	64.369	64.369	64.369	64.369	64.369
Torta de soya	29.207	29.207	29.207	29.207	29.207
Aceite de soya	1.746	1.746	1.746	1.746	1.746
Sal	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216
Carbonato de calcio	1.052	1.052	1.052	1.052	1.052
Fosfato dicálcico	1.917	1.917	1.917	1.917	1.917
DL-Metionina	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283
Lisina	0.268	0.268	0.268	0.268	0.268
Bicarbonato de sodio	0.211	0.211	0.211	0.211	0.211
Premix*	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
Cloruro de Colina 60%	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Anticoccidiostato	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
Antifúngico	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
Secuestrante de Micotoxinas	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
Material Inerte (grit)	0.260	0.210	0.010	0.260	0.010
L-Treonina	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
Zinc Bacitracina	0.000	0.050	0.000	0.000	0.000
Harina de yacón	0.000	0.000	0.250	0.000	0.250
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

Aceite de copaiba 15.00 ml 15.00 ml

\*Premix (Premezcla de vitaminas y minerales) PROAPAK® Composición por Kg de producto: Retinol: 12 000 000 UI; Colecalciferol: 5 000 000 UI; DL Alfa Tocoferol Acetato: 30 000 UI; Menadiona Bisulfito: 3 g; Tiamina: 2 g; Riboflavina: 10 g; Piridoxina: 3 g; Cianocobalamina: 0.015 g; Ácido Pantoténico: 11 g; Ácido Fólico: 2 g; Niacina: 30 g; Biotina: 0.15 g; Mn 80 g; Zn: 80 g; Fe: 50 g; Cu: 12 g; I: 1 g; Se: 0.30 g; Excipientes c.s.p. 1 Kg.

**Tabla 5**

*Composición porcentual de ingredientes de las dietas experimentales empleadas en la etapa de crecimiento (22 a 42 días)*

Ingredientes (%)	T1	T2	T3	T4	T5
Maíz amarillo duro (molido)	63.858	63.858	63.858	63.858	63.858
Torta de soya	28.602	28.602	28.602	28.602	28.602
Aceite de soya	3.275	3.275	3.275	3.275	3.275
Sal	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
Carbonato de calcio	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995
Fosfato dicálcico	1.743	1.743	1.743	1.743	1.743
DL-Metionina	0.213	0.213	0.213	0.213	0.213
Lisina	0.163	0.163	0.163	0.163	0.163
Bicarbonato de sodio	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235
Premix*	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
Cloruro de Colina 60%	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Anticoccidiostato	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
Antifúngico	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
Secuestrante de Micotoxinas	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
Material Inerte (grit)	0.270	0.220	0.020	0.270	0.020
Zinc Bacitracina	0.000	0.050	0.000	0.000	0.000
Harina de yacón	0.000	0.000	0.250	0.000	0.250
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Aceite de copaiba 15.00 ml 15.00 ml

\*Premix (Premezcla de vitaminas y minerales) PROAPAK® Composición por Kg de producto: Retinol: 12 000 000 UI; Colecalciferol: 5 000 000 UI; DL Alfa Tocoferol Acetato: 30 000 UI; Menadiona Bisulfito: 3 g; Tiamina: 2 g; Riboflavina: 10 g; Piridoxina: 3 g; Cianocobalamina: 0.015 g; Ácido Pantoténico: 11 g; Ácido Fólico: 2 g; Niacina: 30 g; Biotina: 0.15 g; Mn 80 g; Zn: 80 g; Fe: 50 g; Cu: 12 g; I: 1 g; Se: 0.30 g; Excipientes c.s.p. 1 Kg.

**Tabla 6**

*Composición porcentual de ingredientes de las dietas experimentales empleadas en la etapa de acabado (43 a 56 días)*

Ingredientes (%)	T1	T2	T3	T4	T5
Maíz amarillo duro (molido)	68.512	68.512	68.512	68.512	68.512
Torta de soya	19.399	19.399	19.399	19.399	19.399
Soya integral	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Aceite de soya	3.133	3.133	3.133	3.133	3.133
Sal	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187
Carbonato de calcio	0.920	0.920	0.920	0.920	0.920
Fosfato dicálcico	1.566	1.566	1.566	1.566	1.566
DL-Metionina	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
Lisina	0.144	0.144	0.144	0.144	0.144
Bicarbonato de sodio	0.256	0.256	0.256	0.256	0.256
Premix*	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
Cloruro de Colina 60%	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Anticoccidiostato	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
Antifúngico	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
Secuestrante de Micotoxinas	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
Material Inerte (grit)	0.270	0.220	0.020	0.270	0.020
Zinc Bacitracina	0.000	0.050	0.000	0.000	0.000
Harina de yacón	0.000	0.000	0.250	0.000	0.250
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Aceite de copaiba 15.00 ml 15.00 ml

\*Premix (Premezcla de vitaminas y minerales) PROAPAK® Composición por Kg de producto: Retinol: 12 000 000 UI; Colecalciferol: 5 000 000 UI; DL Alfa Tocoferol Acetato: 30 000 UI; Menadiona Bisulfito: 3 g; Tiamina: 2 g; Riboflavina: 10 g; Piridoxina: 3 g; Cianocobalamina: 0.015 g; Ácido Pantoténico: 11 g; Ácido Fólico: 2 g; Niacina: 30 g; Biotina: 0.15 g; Mn 80 g; Zn: 80 g; Fe: 50 g; Cu: 12 g; I: 1 g; Se: 0.30 g; Excipientes c.s.p. 1 Kg.

**Tabla 7***Composición nutricional de las dietas experimentales para cada etapa*

Nutrientes (%)	Inicio	Crecimiento	Acabado
Materia seca	89.65	89.77	89.80
Proteína	19.48	19.00	17.00
Extracto etéreo	4.35	5.77	6.56
Fibra	2.96	2.92	2.85
Energía Metab. Kcal/kg	2990.00	3086.02	3191.01
Lisina	1.15	1.05	0.90
Metionina	0.59	0.52	0.45
Metionina-cistina	0.88	0.80	0.70
Treonina	0.77	0.74	0.67
Triptófano	0.27	0.27	0.23
Ac linoleico	2.36	3.14	3.55
Ac linolénico	0.16	0.26	0.31
Fósforo total	0.62	0.58	0.54
Fósforo disponible	0.45	0.42	0.38
Sodio	0.16	0.16	0.16
Potasio	0.78	0.76	0.68
Calcio	0.90	0.84	0.76
Cloro	0.17	0.16	0.15
Arginina	1.24	1.22	1.08
Valina	0.94	0.92	0.84
Isoleucina	0.81	0.80	0.71
Leucina	1.70	1.67	1.54
Fenilalanina	0.93	0.92	0.83
Histidina	0.47	0.46	0.41
Fen+tir	1.78	1.75	1.56
Gli+ser	1.72	1.69	1.49
Na+K-Cl (meq/Kg)	220.40	219.7	200.38

### **3.3.4. Evaluación de Parámetros Productivos**

#### **3.3.4.1. Peso Vivo**

Las aves fueron pesadas el día de la recepción, considerando como peso inicial y los siguientes pesos al final de cada semana (cada 7 días) hasta la octava semana, el pesaje se realizó a la misma hora (7:00 a.m.) por cada unidad experimental, utilizando una balanza electrónica de 5 kg con una precisión de 1 gr (marca Patricks) y un cuaderno de registros; los datos fueron utilizados para obtener los pesos promedios de cada pollo por repetición en cada tratamiento (Anexo 54).

#### **3.3.4.2. Ganancia de Peso**

La ganancia de peso fue determinada a partir de los registros semanales de peso, mediante la diferencia de los pesos entre semanas; la ganancia de peso acumulada se obtuvo mediante la diferencia del último pesaje y pesaje inicial, aplicando la siguiente formula.

$$\text{Ganancia de peso acumulada (g/pollo)/semana} = \text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}$$

#### **3.3.4.3. Consumo de Alimento**

El alimento se suministró de manera *ad libitum*, siendo pesado y registrado el alimento ofrecido a cada repetición por tratamiento, así como el rechazo del alimento al final de cada semana. Se evaluó el consumo de alimento acumulado a diario mediante la diferencia entre la cantidad total de alimento ofrecido y el rechazo al finalizar la semana; para luego determinar el consumo de alimento promedio por ave.

$$\text{Consumo de alimento (g)} = \text{Alimento suministrado (g)} - \text{Alimento rechazado (g)}$$

$$\text{Consumo de alimento (g/pollo/semana)} = \frac{\text{Consumo de alimento semanal (g)}}{\text{Número de pollos}}$$

#### **3.3.4.4. Conversión Alimenticia**

La conversión alimenticia se calculó mediante el consumo de alimento dividido con la ganancia de peso vivo acumulado.

$$\text{Conversión Alimenticia} = \frac{\text{Consumo de alimento (g)}}{\text{Ganancia de peso (g)}}$$

#### **3.3.4.5. Rendimiento de Carcasa**

Para la evaluación del rendimiento de la carcasa, se realizó el pesaje previo oreado de 1 hora de la canal el cual fue sin vísceras, cabeza y patas; los resultados se expresaron en porcentajes para ello se utilizó la siguiente formula.

$$\text{Rendimiento en carcasa} = \frac{\text{Peso de canal}}{\text{Peso vivo}} \times 100$$

### **3.4. Metodología de la Morfometría Intestinal**

A los 7 y 14 días se colectaron 3 segmentos del intestino delgado de 3 cm cada uno aproximadamente en el centro de la distancia de cada sección, considerando el primer segmento duodeno, que se ubicó desde el final de la molleja hasta el final del conducto pancreático y biliar; el segundo yeyuno, desde el final del conducto pancreático y biliar hasta el divertículo de Meckel; mientras que el tercero corresponde al íleon, desde el divertículo de Meckel hasta la división de los ciegos, se tomó como referencia lo realizado por Martínez (2012). Para ello se sacrificaron 3 aves por tratamiento por la técnica de dislocación cervical, las aves fueron tomadas al azar, todas con un tamaño y peso promedio representativo de los tratamientos y con un buen estado sanitario.

Las muestras fueron tomadas en el Laboratorio de Sanidad Animal (Área de Histopatología) Escuela Profesional de Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio

Abad del Cusco, donde fueron lavadas con agua destilada para eliminar el contenido y fueron conservadas en frascos estériles con formol al 10 % debidamente etiquetadas, para luego realizar los cortes histológicos.

El procedimiento histológico en el laboratorio se realizó siguiendo una adaptación empleada por Zea (2011).

### 3.4.1. Procedimiento Histológico

1. **Corte de tejido:** Se realizó cortes de un espesor de 3 a 4 mm de cada una de las muestras tomadas, como se puede apreciar en la figura 4.

#### Figura 4

*Muestras codificadas para su respectivo corte e inclusión de tejidos en cassettes*



2. **Inclusión de los tejidos en los cassettes:** Los tejidos fueron introducidos al interior de los cassettes previamente codificados para ello se utilizó un lápiz 2B, el cual no se borra al ser sumergido en los reactivos.

3. **Fijación del tejido:** Las muestras fueron sumergidas en un envase hermético de 2 litros con formol al 10%, posteriormente fue sumergido en un envase con agua corriente para quitar

el exceso de formol. En este proceso se estandarizó los tiempos adecuados para los cortes histológicos y luego se elaboró el protocolo, como se muestra en la figura 5 y tabla 8.

**Tabla 8**

*Protocolo de procesamiento para corte histológico de tejido intestinal*

Orden	Material	Tiempo	Función
1	Formol taponado al 10%	5- minutos	Fijador
2	Agua Corriente	Lavado	Eliminar el exceso de formol
3	Ottix Shaper 1	1 - hora	Deshidratante
4	Ottix Shaper 2	1 - hora	Deshidratante
5	Ottix Shaper 3	1 - hora	Deshidratante
6	Ottix Plus 1	1 - hora	Aclarante
7	Ottix Plus 2	1 - hora	Aclarante
8	Ottix Plus 3	1 - hora	Aclarante
9	Parafina 1	1 - hora	Rigidez y dureza
10	Parafina 2	1 - hora	Rigidez y dureza

*Nota:* Elaboración propia

**4. Deshidratación:** Para el proceso de deshidratación las muestras fueron sumergidas en 3 envases herméticos de 2 litros con Ottix Shaper (sustituto de escala alcohólica), de acuerdo a tiempos establecidos, como se puede apreciar en la figura 5 y tabla 8.

**5. Aclaramiento:** Para este proceso de aclaramiento de igual manera las muestras fueron sumergidas en 3 envases herméticos de 2 litros con Ottix Plus (sustituto de xilol), de acuerdo a tiempos establecidos, como se puede apreciar en la figura 5 y tabla 8.

**Figura 5**

*Proceso de fijación, deshidratación y aclaramiento del tejido*



**6. Embebido a parafina:** Posteriormente las muestras se sumergieron en frascos de vidrio con contenido de parafina líquida calentada a una temperatura constante de 56 °C, donde las muestras fueron sometidas en 2 tiempos establecidos parafina (1) una hora y luego se pasó las muestras a la parafina (2) una hora también, tal como se puede apreciar en la figura 6 y tabla 8.

**Figura 6**

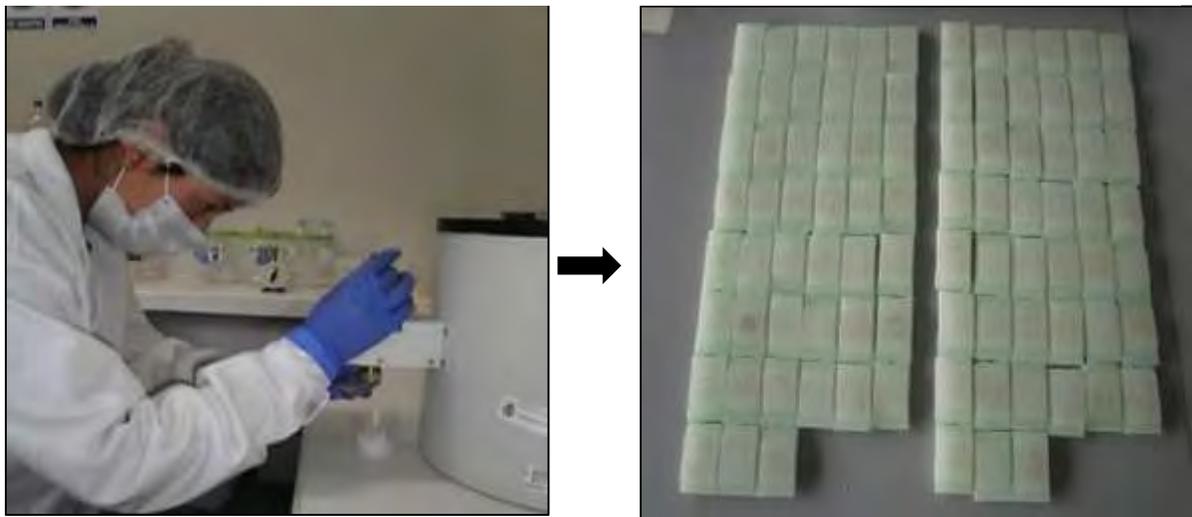
*Embebido a parafina líquida a 56 °C*



**7. Confección de bloques:** Una vez que fueron retirados del parafinado, se derritió la parafina en un dispensador para la obtención de un bloque sólido con la muestra del tejido, se utilizó un molde previamente relleno con parafina líquida donde se colocó el tejido, luego se colocó en una superficie fría, donde se solidificó el molde para su respectivo corte histológico, como se puede apreciar en la figura 7.

**Figura 7**

*Confección de bloques de los segmentos intestinales y bloques preparados para cortar*



**8. Corte histológico o microtomía:** Los bloques de parafina con las muestras de tejido se llevaron al Microtomo de Rotación tipo Minot y se realizaron cortes de 3 micras de espesor, como se aprecia en la figura 8.

## Figura 8

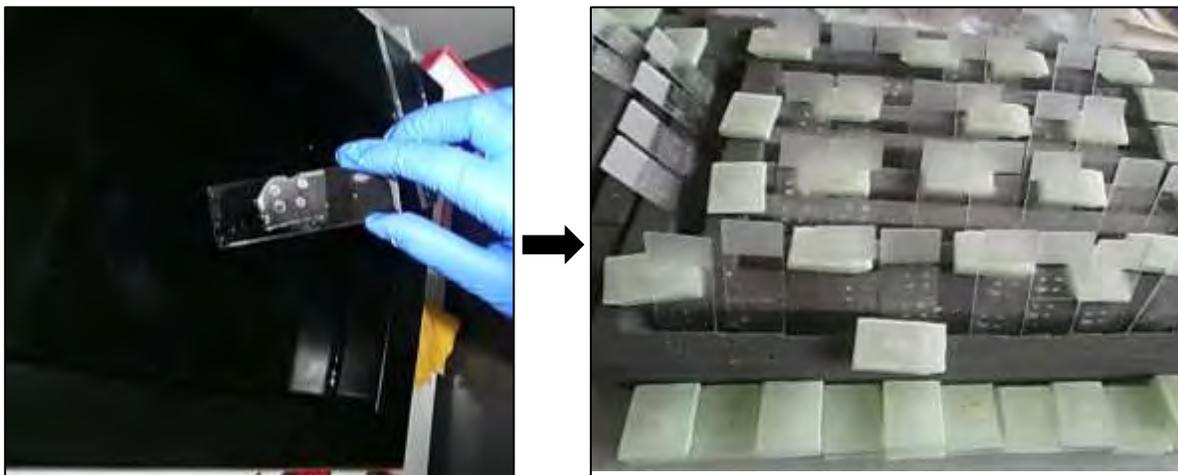
*Corte del bloque de la muestra de tejido con el Microtomo de Rotación tipo Minot*



**9. Confección de las láminas histológicas:** Para confeccionar las láminas correspondientes, la tira fue recogida del microtomo y se colocó en la superficie del baño de flotación a una temperatura constante de 48 °C para que se suelte y se estire, posteriormente se recogió los cortes con una lámina de portaobjetos previamente codificados y se dejó secando por 18 horas, como se puede apreciar en la figura 9.

## Figura 9

*Corte de bloque recogido en una lámina portaobjeto y secado por 18 horas*



**10. Coloración de las láminas histológicas:** Se realizó la coloración de Hematoxilina-Eosina, previa estandarización de los tiempos de coloración en cada envase o fase, luego se elaboró el protocolo de coloración, tal como se muestra en la tabla 9 y figura 10.

**Tabla 9**

*Protocolo de coloración para tejido intestinal*

Orden	Material	Tiempo	Función
1	Ottix Plus 1	7 min	Sustituto de la escala alcohólica y el xilol
2	Ottix Plus 2	7 min	Sustituto de la escala alcohólica y el xilol
3	Ottix Shaper 1	7 min	Amortiguador de interface
4	Ottix Shaper 2	7 min	Amortiguador de interface
5	Agua corriente	5 min	Lavado de sustitutos
6	Hematoxilina	15 min	Colorante de núcleos
7	Agua corriente	3 seg	Lavado de exceso de colorante
8	Alcohol ácido	2 seg	Elimina el exceso de Hematoxilina
9	Agua corriente	3 seg	Lavado
10	Agua Amoniacal	2 min	Generan viraje de morado azul
11	Agua corriente	3 seg	Lavado
12	Eosina	5 min	Colorante de citoplasma
13	Agua corriente	3 seg	Lavado de exceso de colorante
14	Ottix Shaper 3	1.5 min	Amortiguador de interface
15	Ottix Shaper 4	3 min	Amortiguador de interface
16	Ottix Plus 3	4 min	Sustituto de la escala alcohólica y el xilol
17	Ottix Plus 4	3.5 min	Sustituto de la escala alcohólica y el xilol

*Nota:* Elaboración propia (el tiempo de lavado puede variar según sea necesario).

## Figura 10

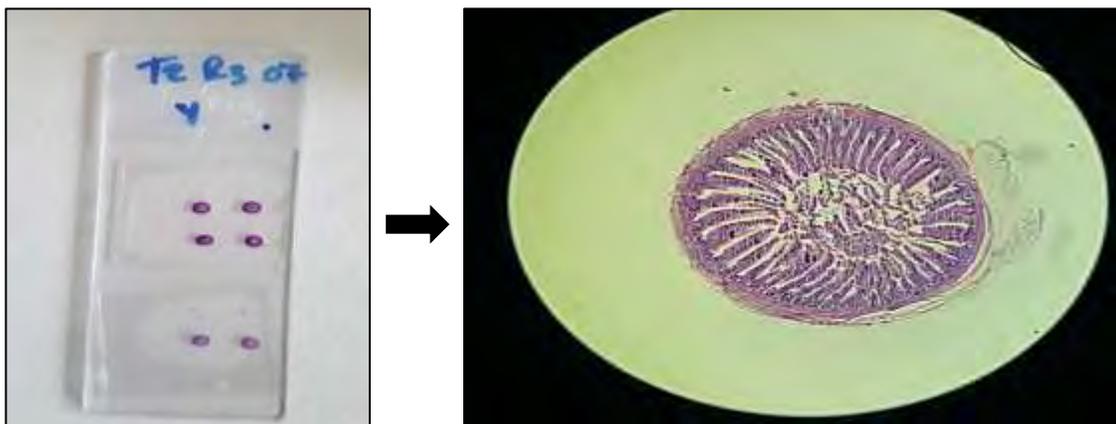
*Proceso de coloración de las láminas histológicas*



**11. Montaje de lámina:** Después de la coloración de las láminas histológicas, se montó con una lámina cubreobjetos juntamente con un adherente (Entellan) para observar al microscopio, como se aprecia en la figura 11 y finalmente proceder con las mediciones.

## Figura 11

*Lámina coloreada de tejido intestinal y observado al microscopio Leica DM 500 con un objetivo de 10x*



Una vez preparadas las láminas, con 4 cortes histológicos cada una perteneciente al ave de cada unidad experimental, se procedió a realizar las mediciones siguiendo una adaptación de evaluación que fue usada por Batista et al. (2000).

**12. Mediciones morfométricas:** Las mediciones se realizaron usando el equipo de Cytation 5 usando el software Gen 5, como se puede observar en la figura 12, para ello se tomaron capturas de las imágenes con objetivos de 4x y 10x, se seleccionaron las mejores muestras. De cada segmento intestinal se realizaron como mínimo 8 mediciones en cada lamina histológica, para determinar la altura de vellosidad, ancho apical y basal de vellosidad y profundidad de cripta, las medidas se obtuvieron en micras ( $\mu\text{m}$ ).

### **Figura 12**

*Mediciones morfométricas de cada lámina en el equipo de Cytation 5*



### **3.4.2. Mediciones Morfométricas**

#### **a. Altura de vellosidad**

Se seleccionaron vellosidades integras y perpendiculares a la pared intestinal desde la base de la vellosidad, desde su punto medio se trazó una línea hasta el ápice, como se observa en la figura 13.

#### **b. Ancho de la vellosidad intestinal**

El ancho de las vellosidades fue medido en la base y el ápice de las vellosidades seleccionadas de cada lámina.

#### **c. Profundidad de cripta**

Se midieron las profundidades de las criptas comprendidas entre las vellosidades seleccionadas para la medición de la altura de vellosidad, la medición va desde la zona basal hasta la entrada de la cripta en cada lámina histológica. El promedio de la profundidad de cripta de las láminas histológicas fue el promedio de la profundidad de cripta de cada tratamiento.

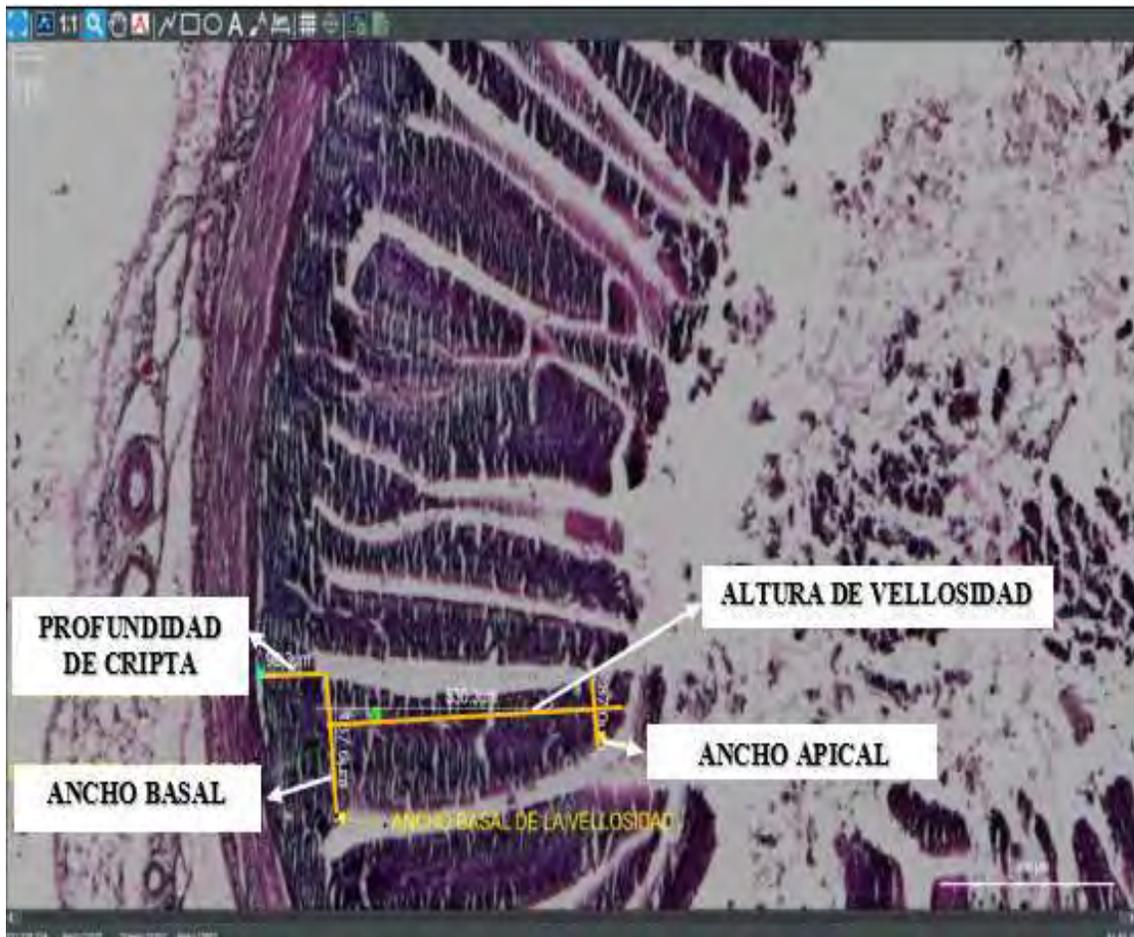
#### **d. Relación entre la altura de vellosidad y la profundidad de cripta**

Esta relación resultó de la división del promedio de la altura de vellosidad y el promedio de la profundidad de cripta de cada lámina histológica por unidad experimental.

$$\text{Relación} = \frac{\text{Altura de vellosidad intestinal}}{\text{Profundidad de cripta intestinal}}$$

**Figura 13**

*Medición morfométrica de altura, ancho de vellosidad y profundidad de cripta*



### 3.5. Análisis Estadístico

Para los parámetros productivos se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con cinco tratamientos y tres repeticiones para cada tratamiento, un total de 15 unidades experimentales, con 10 aves cada uno. En cuanto a la morfometría intestinal también se utilizó un DCA con 8 mediciones por repetición, 24 mediciones por tratamiento para cada segmento del intestino delgado y la comparación de medias se realizó utilizando la prueba de Tukey con una confiabilidad del 95 %. El modelo aditivo lineal utilizado para ambos es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta del efecto observado correspondiente a la j-ésima repetición en la que se probó el i-ésimo tratamiento

$\mu$  = Efecto de la media poblacional

$t_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$e_{ij}$  = Efecto del error experimental del i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición

Para el procesamiento de los datos en ambos casos se utilizó el programa estadístico Minitab versión 19.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se muestran en las tablas 10, 11, 12 y 13 de acuerdo al grado de relación entre variables se dividieron en: morfometría intestinal, parámetros productivos y rendimiento de carcasa, con la finalidad de evaluar el efecto e interacción de dos aditivos; la harina de yacón y aceite de copaiba en las tres etapas de vida (inicio, crecimiento y acabado que comprendió de 1 hasta los 56 días de edad).

#### 4.1. Análisis de la Morfometría Intestinal

La tabla 10 y 11 presentan los resultados de la morfometría intestinal (altura de vellosidad, ancho apical y basal, profundidad de cripta y la relación entre la altura de vellosidad y profundidad de cripta) evaluados a los 7 y 14 días de edad respectivamente de los 3 segmentos del intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon), bajo el efecto de la adición de la harina de yacón y el aceite de copaiba.

- **Día 7**

A los 7 días de edad, la altura de vellosidades presenta diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), siendo mayor la altura de vellosidades en el duodeno y yeyuno con el T3 (harina de yacón) frente al T5 (harina de yacón y aceite de copaiba), T2 (con antibiótico), T4 (aceite de copaiba) y T1 (sin antibiótico) y a nivel del íleon fue también mayor con el T3 seguido del T5 y T4 frente al T2 y T1 (Anexo 2, 3 y 4).

Para el ancho apical se encontró diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), siendo mayor en el duodeno con el T3 seguido del T5 frente al T2, T4 y T1; en el yeyuno fue mayor con el T2 seguido del T3 frente al T4, T5 y T1 y a nivel del íleon fue mayor también con el T2, T3 seguido del T1, T5 frente al T4 (Anexo 5, 7 y 9).

Para el ancho basal también se encontró diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), siendo mayor en el duodeno con el T3 y T2; en el yeyuno fue mayor con el T2 seguido del T3 y a nivel del íleon fue también mayor con el T2 frente a los demás tratamientos (Anexo 6, 8 y 10).

Respecto a la profundidad de cripta se encontró diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), una mayor profundidad de cripta en el duodeno y yeyuno se observó con el T1 (sin antibiótico), T4 (aceite de copaiba) y una menor profundidad de cripta se observó con el T3 (harina de yacón) y a nivel del íleon se observó una mayor profundidad con el T4 y una menor profundidad con el T3 (Anexo 11, 12 y 13).

Para la relación altura de vellosidad y profundidad de cripta los resultados muestran que se encontró diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), siendo mayor la relación con el T3 (harina de yacón) frente a los demás tratamientos en los tres segmentos del intestino delgado (Anexo 14, 15 y 16).

- **Día 14**

A los 14 días de edad la altura de vellosidades presenta diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), siendo mayor la altura de vellosidades en el duodeno y yeyuno con el T3 (harina de yacón) frente al T5 (harina de yacón y aceite de copaiba), T2 (sin antibiótico), T4 (aceite de copaiba) y T1 (sin antibiótico) y a nivel del íleon de manera similar fue mayor con el T3 y T5 frente al T2, T4 y T1 (Anexo 18, 19 y 20).

Para la variable ancho apical se encontró diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), siendo mayor en el duodeno con el T3 seguido del T5; en el yeyuno fue mayor con el T3 y a nivel del íleon fue mayor también con el T3 y T5 frente a los demás tratamientos (Anexo 21, 23 y 25).

Para el ancho basal se encontró diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), siendo mayor en el duodeno con el T3, a nivel del yeyuno e íleon fue mayor con el T3, T5 y T2 frente a los demás tratamientos (Anexo 22, 24 y 26).

Respecto a la profundidad de cripta se encontró diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), una mayor profundidad de cripta en el duodeno, yeyuno e íleon se observó con el T1 (sin antibiótico) y T4 (aceite de copaiba) y una menor profundidad de cripta se observó con el T3 (harina de yacón), T5 (harina de yacón y aceite de copaiba) y T2 (con antibiótico) (Anexo 27, 28 y 29).

La relación de altura de vellosidad y profundidad de cripta es un parámetro de morfometría importante en la evaluación del intestino, para esta variable se encontró diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), siendo mayor la relación en el duodeno y yeyuno con el T3 (harina de yacón) y a nivel del íleon fue mayor también con el T3 (harina de yacón) y T5 (harina de yacón y aceite de copaiba) frente a los demás tratamientos, lo que indica un efecto benéfico con la inclusión de la harina de yacón (Anexo 30, 31 y 32).

**Tabla 10**

*Morfometría intestinal en pollos de la línea Cobb 500 a los 7 días de edad en respuesta a las dietas experimentales*

Periodo/Medidas	Segmento del intestino	Tratamientos <sup>1</sup>					Valor de p
		T1	T2	T3	T4	T5	
A los 7 días							
Altura de Vellosidad (AV), µm	Duodeno	505.29±31.48 <sup>e</sup>	589.30±30.44 <sup>c</sup>	665.65±25.99 <sup>a</sup>	538.56±40.44 <sup>d</sup>	620.31±25.47 <sup>b</sup>	0.001
	Yeyuno	477.92±32.77 <sup>c</sup>	549.85±37.40 <sup>b</sup>	621.38±36.78 <sup>a</sup>	491.30±58.20 <sup>c</sup>	567.58±25.98 <sup>b</sup>	0.001
	Íleon	284.40±32.81 <sup>c</sup>	334.10±50.40 <sup>b</sup>	361.40±18.73 <sup>a</sup>	338.96±27.24 <sup>ab</sup>	339.49±25.04 <sup>ab</sup>	0.001
Ancho Apical de Vellosidad, µm	Duodeno	77.98±7.84 <sup>d</sup>	87.00±7.49 <sup>bc</sup>	93.27±6.42 <sup>a</sup>	83.55±6.18 <sup>cd</sup>	89.50±7.70 <sup>ab</sup>	0.001
	Yeyuno	66.98±5.57 <sup>c</sup>	77.69±7.64 <sup>a</sup>	72.82±8.01 <sup>ab</sup>	69.93±6.37 <sup>bc</sup>	67.00±6.52 <sup>c</sup>	0.001
	Íleon	58.12±6.93 <sup>ab</sup>	62.30±6.13 <sup>a</sup>	60.85±4.55 <sup>a</sup>	54.63±7.43 <sup>b</sup>	57.85±5.35 <sup>ab</sup>	0.001
Ancho Basal de Vellosidad, µm	Duodeno	142.68±9.00 <sup>b</sup>	157.80±14.23 <sup>a</sup>	163.97±6.02 <sup>a</sup>	143.00±12.63 <sup>b</sup>	140.47±16.78 <sup>b</sup>	0.001
	Yeyuno	120.58±8.00 <sup>b</sup>	131.75±13.57 <sup>a</sup>	129.63±17.49 <sup>ab</sup>	117.23±12.49 <sup>c</sup>	112.97±11.36 <sup>c</sup>	0.001
	Íleon	95.84±10.16 <sup>cd</sup>	121.59±9.95 <sup>a</sup>	102.90±10.39 <sup>bc</sup>	111.25±12.45 <sup>b</sup>	93.49±11.16 <sup>d</sup>	0.001
Profundidad de Cripta (PC), µm	Duodeno	114.12±8.25 <sup>a</sup>	107.72±9.06 <sup>ab</sup>	102.50±12.85 <sup>b</sup>	111.47±6.03 <sup>a</sup>	108.26±7.74 <sup>ab</sup>	0.001
	Yeyuno	104.33±10.30 <sup>a</sup>	95.16±7.53 <sup>b</sup>	88.00±8.40 <sup>c</sup>	105.19±7.41 <sup>a</sup>	98.52±8.80 <sup>ab</sup>	0.001
	Íleon	86.46±9.31 <sup>b</sup>	84.16±8.25 <sup>b</sup>	75.05±8.56 <sup>c</sup>	95.69±8.05 <sup>a</sup>	86.48±7.95 <sup>b</sup>	0.001
Relación de AV: PC	Duodeno	4.45±0.44 <sup>c</sup>	5.51±0.52 <sup>b</sup>	6.60±0.91 <sup>a</sup>	4.84±0.39 <sup>c</sup>	5.76±0.49 <sup>b</sup>	0.001
	Yeyuno	4.64±0.67 <sup>c</sup>	5.82±0.70 <sup>b</sup>	7.19±0.76 <sup>a</sup>	4.69±0.69 <sup>c</sup>	5.81±0.58 <sup>b</sup>	0.001
	Íleon	3.34±0.60 <sup>c</sup>	4.04±0.89 <sup>b</sup>	4.87±0.60 <sup>a</sup>	3.56±0.40 <sup>bc</sup>	3.95±0.38 <sup>b</sup>	0.001

<sup>1</sup>T1: Alimento balanceado sin antibiótico (Control negativo sin ningún tipo de aditivo promotor en el alimento); T2: Alimento balanceado con antibiótico (Control positivo con zinc bacitracina); T3: Alimento balanceado con harina de yacón al 0.25 %; T4: Alimento balanceado con aceite de copaiba 0.15 ml/Kg de alimento; T5: Alimento balanceado con harina de yacón y aceite de copaiba (0.25 % + 0.15 ml/Kg de alimento).

<sup>a, b, c, d, e</sup>: Valores con letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes (p<0.05).

**Tabla 11***Morfometría intestinal en pollos de la línea Cobb 500 a los 14 días de edad en respuesta a las dietas experimentales*

Periodo/ Medidas	Segmento del intestino	Tratamientos <sup>1</sup>					Valor de p
		T1	T2	T3	T4	T5	
A los 14 días							
Altura de Vello­sidad (AV), µm	Duodeno	657.97±23.42 <sup>d</sup>	720.48±35.22 <sup>c</sup>	864.63±36.34 <sup>a</sup>	684.80±15.76 <sup>d</sup>	799.40±50.80 <sup>b</sup>	0.001
	Yeyuno	617.22±15.4 <sup>c</sup>	689.88±34.67 <sup>c</sup>	822.52±37.55 <sup>a</sup>	651.48±17.91 <sup>d</sup>	750.44±27.80 <sup>b</sup>	0.001
	Íleon	456.71±30.33 <sup>c</sup>	496.94±21.93 <sup>b</sup>	557.08±44.78 <sup>a</sup>	485.18±18.97 <sup>b</sup>	543.82±20.16 <sup>a</sup>	0.001
Ancho Apical de Vello­sidad, µm	Duodeno	107.07±6.25 <sup>d</sup>	119.00±5.81 <sup>bc</sup>	126.00±5.01 <sup>a</sup>	114.02±8.46 <sup>c</sup>	124.03±7.26 <sup>ab</sup>	0.001
	Yeyuno	97.34±5.42 <sup>c</sup>	103.37±5.13 <sup>b</sup>	114.72±5.40 <sup>a</sup>	99.20±8.46 <sup>bc</sup>	103.80±7.05 <sup>b</sup>	0.001
	Íleon	81.07±5.86 <sup>b</sup>	84.61±6.97 <sup>b</sup>	96.03±8.03 <sup>a</sup>	83.09±6.64 <sup>b</sup>	92.45±5.68 <sup>a</sup>	0.001
Ancho Basal de Vello­sidad, µm	Duodeno	194.08±14.19 <sup>c</sup>	211.32±13.81 <sup>b</sup>	224.39±5.45 <sup>a</sup>	209.25±11.03 <sup>b</sup>	211.64±12.69 <sup>b</sup>	0.001
	Yeyuno	171.48±12.67 <sup>c</sup>	191.73±10.28 <sup>a</sup>	199.30±9.04 <sup>a</sup>	181.22±9.21 <sup>b</sup>	192.44±10.34 <sup>a</sup>	0.001
	Íleon	154.36±11.53 <sup>b</sup>	166.62±10.63 <sup>a</sup>	168.72±10.34 <sup>a</sup>	164.43±9.49 <sup>b</sup>	168.73±6.31 <sup>a</sup>	0.001
Profundidad de Cripta (PC), µm	Duodeno	182.97±11.99 <sup>a</sup>	162.67±8.58 <sup>b</sup>	160.55±8.13 <sup>b</sup>	178.40±6.37 <sup>a</sup>	162.62±10.03 <sup>b</sup>	0.001
	Yeyuno	170.99±10.48 <sup>a</sup>	153.10±7.74 <sup>b</sup>	148.04±9.58 <sup>b</sup>	168.85±4.08 <sup>a</sup>	151.72±8.34 <sup>b</sup>	0.001
	Íleon	156.09±9.00 <sup>a</sup>	140.40±7.64 <sup>b</sup>	136.86±8.41 <sup>b</sup>	156.78±5.08 <sup>a</sup>	138.82±8.93 <sup>b</sup>	0.001
Relación de AV: PC	Duodeno	3.61±0.24 <sup>d</sup>	4.44±0.25 <sup>c</sup>	5.40±0.39 <sup>a</sup>	3.84±0.18 <sup>d</sup>	4.93±0.40 <sup>b</sup>	0.001
	Yeyuno	3.62±0.26 <sup>d</sup>	4.51±0.23 <sup>c</sup>	5.58±0.47 <sup>a</sup>	3.86±0.13 <sup>d</sup>	4.96±0.29 <sup>b</sup>	0.001
	Íleon	2.93±0.25 <sup>c</sup>	3.55±0.28 <sup>b</sup>	4.09±0.43 <sup>a</sup>	3.10±0.15 <sup>c</sup>	3.93±0.31 <sup>a</sup>	0.001

<sup>1</sup>T1: Alimento balanceado sin antibiótico (Control negativo sin ningún tipo de aditivo promotor en el alimento); T2: Alimento balanceado con antibiótico (Control positivo con zinc bacitracina); T3: Alimento balanceado con harina de yacón al 0.25 %; T4: Alimento balanceado con aceite de copaiba 0.15 ml/Kg de alimento; T5: Alimento balanceado con harina de yacón y aceite de copaiba (0.25 % + 0.15 ml/Kg de alimento).

a, b, c, d, e : Valores con letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes (p<0.05).

En este trabajo de investigación se encontró un efecto positivo sobre la morfometría intestinal, donde fue superior estadísticamente el tratamiento T3 (con la adición de la harina de yacón), seguido por el tratamiento T5 (harina de yacón más aceite de copaiba), ya que mostró mayor altura y ancho de las vellosidades con una menor profundidad de criptas y presentó una mayor relación de altura de vellosidades y profundidad de cripta a los 7 y 14 días de edad, para los tres segmentos del intestino delgado; (duodeno, yeyuno e íleon) logrando que el pollo tenga un intestino saludable con más capacidad de absorción y mejores condiciones de microbiota benéfica, es más con una menor demanda de energía para la renovación del tejido epitelial. Todos estos beneficios logrados en la salud intestinal determinaron un efecto favorable sobre el crecimiento y desarrollo del animal (Santos et al., 2016). El tratamiento con antibiótico también tuvo efecto benéfico, pero no fue superior como lo observado con la incorporación de la harina de yacón, le sigue el tratamiento con aceite de copaiba y el tratamiento control sin antibiótico fue el que presentó valores menores que todos los tratamientos en la altura, ancho de las vellosidades, con mayor profundidad de cripta y en consecuencia una menor relación de altura de vellosidad y profundidad de cripta.

En este estudio no se realizó desafío sanitario en las aves, sino que se evaluó el aceite de copaiba como una alternativa natural a los antibióticos promotores de crecimiento, donde se observó que la inclusión del aceite de copaiba no determinó una mejora en la morfometría intestinal de los pollos, contrario a lo reportado en otras investigaciones en las cuales si se encontraron efectos benéficos principalmente cuando los animales fueron sometidos a un desafío sanitario; demostrando tener efecto antiinflamatorio y regenerativo a nivel intestinal (Tupayachi, 2014; Griss et al., 2018).

El duodeno mostró los valores más altos en comparación con los otros dos segmentos (yeyuno e íleon) en las diferentes variables de la morfometría intestinal como son la altura y ancho de vellosidades de igual manera para la profundidad de cripta. Estos resultados son consistentes con lo reportado por Martínez (2012), quien observó que la altura de vellosidad intestinal decrece linealmente en dirección al íleon solo por efecto de la localización, siendo mayor la altura de vellosidades en el duodeno y menor en el íleon, de igual forma en el ancho de las vellosidades y profundidad de cripta.

De la misma forma se puede observar que los valores de las diferentes variables evaluadas fueron mayores a los 14 días de edad, es sabido que las vellosidades intestinales continúan aumentando en longitud y ancho con la edad; gracias a la ingesta de nutrientes y agua por parte del animal (Izumi, 2009).

La razón por la cual la altura de las vellosidades es diferente entre los segmentos del intestino, donde en el yeyuno es menor que en el duodeno, es debido a una característica de orden morfológico normal del intestino (Cormack, 1986).

Se sabe que durante la primera semana de vida el intestino se somete a una maduración rápida, de tal manera que el alargamiento de las vellosidades alcanza el 50 % de su tamaño adulto (Aviagen Group, 2013). Así mismo un desarrollo de las vellosidades intestinales de mayor tamaño y la alta relación vellosidad-cripta durante las primeras semanas de vida del ave son fundamentales, de este modo a mayor altura de vellosidades intestinales y relación vellosidad: cripta, será mayor y eficiente la absorción de los nutrientes de la dieta (Santos et al., 2016). Como el que se observó en el presente estudio con la inclusión de la harina de yacón.

Una menor profundidad de cripta es una característica deseada en la producción animal, ya que las criptas pueden considerarse como la fábrica de vellosidades y las criptas más profundas indican un rápido intercambio de tejido y una demanda alta para la renovación del tejido epitelial, de esa manera garantizar la reposición de las pérdidas de células de la región apical de las vellosidades, el aumento en la tasa de descamación es consecuencia del inicio de consumo de alimento, por la presencia de toxinas bacterianas y la adhesión de bacterias en los enterocitos que afectan la integridad intestinal, por lo tanto se incrementan los requerimientos nutricionales con un aumento de la secreción en el tracto gastrointestinal y se disminuye la eficiencia productiva del animal (Roldán, 2010; Tucci et al., 2011).

Jaramillo (2011), en pollos a los 15 días de edad encontró diferencias significativas sobre la morfometría intestinal en el yeyuno, en la altura de vellosidades fue mayor el valor en el tratamiento con el prebiótico comercial (Fortifeed®), seguido del ácido orgánico (ácido fumárico) y la mezcla de estos dos; el tratamiento control obtuvo la longitud más baja seguida del antibiótico (zinc bacitracina). Una mayor profundidad se observó en el tratamiento con ácido orgánico y la menor con antibiótico para la relación de altura de vellosidades y profundidad de cripta fue mayor con el prebiótico y menor con el control, estos resultados son similares con los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación.

Del mismo modo Barrera et al., (2014), encontraron mayor altura y ancho de vellosidades suplementados con un probiótico comercial en el agua de bebida las primeras semanas de vida del ave, con ello llegaron a la conclusión que el uso de probióticos desde el primer día de edad en pollos de engorde favorece, el desarrollo pos-eclosión de la morfometría duodenal y consecuentemente de los parámetros zootécnicos.

Así también Gómez (2018), quien evaluó la altura de vellosidades y profundidad de criptas en pollos a los 35 días, encontró mayor altura de vellosidades y menor profundidad de criptas en el duodeno y yeyuno en los tratamientos con prebiótico (paredes de *Sacharomyces cerevisiae*), aceites esenciales (carvacrol, cinamaldehído, capsaicina y pineno) y antibiótico promotor de crecimiento (bacitracina) afirmando que los prebióticos y aceites esenciales mejoran la salud intestinal.

Núñez (2020), no encontró diferencias significativas al analizar los resultados en pollos a los 15 días de edad de las mediciones morfométricas tanto en el duodeno como en el yeyuno, al utilizar mezclas probióticas y fitobióticas (*Bacillus subtilis* + *Macleaya cordata*) en la alimentación comparado con un promotor de crecimiento (enramicina + halquinol), de esta manera es una opción capaz de suplir y reemplazar al uso de los antibióticos, ya que al evaluar los parámetros productivos tampoco se encontró diferencias significativas.

Estudios como el de Tupayachi (2014), no encontró diferencias significativas en la altura de vellosidades en los diferentes segmentos del intestino al incluir harina de yacón y aceite de copaiba, sin embargo la profundidad de cripta fue mayor con el aceite de copaiba en el duodeno en cual mostró tener un efecto sobre la regeneración celular a nivel intestinal en pollos infectados con *Eimerias*, mientras que la harina de yacón no tuvo efectos positivos en la renovación celular.

En el presente estudio como se mencionó anteriormente no hubo una mejora en la morfometría intestinal con el uso del aceite de copaiba en comparación con el tratamiento con antibiótico, que concuerda con lo reportado por Almeida (2014), quien al evaluar cuatro tratamientos (control sin aditivo, alimento con avilamicina, aceite de sucupira y aceite de copaiba) los aceites se evaluaron como aditivos antimicrobianos en pollos con camas reutilizadas, no encontró diferencias significativas entre los tratamientos, para las variables altura de vellosidades,

profundidad de criptas y relación entre altura de vellosidades y profundidad de criptas del duodeno, yeyuno e íleon a los 40 días de edad.

Por otro lado Griss et al., (2018), evaluaron el efecto del aceite de copaiba sobre la salud y el rendimiento de los pollos junto con su actividad antiinflamatoria alimentados con dieta basal (control), con antibiótico (bacitracina de zinc), aceite de copaiba (0.15 ml/kg) y aceite de copaiba (0.30 ml/kg), donde observaron que el tamaño de las criptas y vellosidades a los 15 días de edad fue menor en los pollos tratados con 0.15 ml/Kg de aceite de copaiba teniendo efecto antiinflamatorio.

No obstante, el uso de otros aceites esenciales favorecen la salud intestinal como lo investigado por Madrid et al., (2018), quienes encontraron un efecto positivo con la adición de aceite esencial de orégano (AEO) sobre la morfología intestinal de pollos, ya que aumentó el tamaño en largo y ancho de las vellosidades y disminuyó la profundidad de cripta, logrando que el pollo tenga un intestino con más capacidad de absorción. De igual manera Roldán (2010), demostró que los aceites esenciales de tomillo, albahaca y romero aumentan la altura y el área de superficie de la vellosidad de duodeno y yeyuno, esto podría indicar que los aceites esenciales favorecen la absorción de nutrientes al disminuir cargas patógenas y por lo tanto sus toxinas; estos aceites esenciales podrían ser usados como promotores naturales de crecimiento en la producción avícola.

#### **4.2. Parámetros Productivos en la Etapa de Inicio (1 a 21 días)**

El peso inicial, peso final, ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia de los pollos en la etapa de inicio, no presentan diferencias significativas entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ), lo que implicaría que la adición de estos aditivos no determina una mejora en los parámetros productivos evaluados a esta edad como se muestra en la tabla 12 (Anexo 34 al 38).

#### **4.3. Parámetros Productivos en la Etapa de Crecimiento (22 a 42 días)**

La respuesta productiva para la etapa de crecimiento muestra diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), siendo mayor el peso vivo y la ganancia de peso en el T3 (harina de yacón) con 2035.34 g y 1990.07 g, seguido del T5 (harina de yacón y aceite de copaiba) con 2009.03 g y 1963.94 g y del T2 (con antibiótico) 1992.48 g y 1947.10 respectivamente, frente a los tratamientos T4 (aceite de copaiba) y T1 (sin antibiótico) (Anexo 40 y 41).

Para la variable consumo de alimento presenta diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), siendo mayor en el T1 (sin antibiótico) con 3733.90 g, seguido por el T4 (aceite de copaiba) con 3693.10 g y T2 (con antibiótico) 3670.79 g, frente a los tratamientos T5 (harina de yacón y aceite de copaiba) con 3524.90 g y T3 (harina de yacón) con 3510.70 g los cuales presentaron un menor consumo (Anexo 42).

Para la variable conversión alimenticia se encontró diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), siendo esta mejor en el T3 con 1.52 y T5 con 1.56 frente a los demás tratamientos (Anexo 43).

#### **4.4. Parámetros Productivos en la Etapa de Acabado (43 a 56 días)**

Los resultados para las variables de peso vivo y ganancia de peso en la etapa de acabado, muestran diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), siendo mayor para el T3 con 3294.70 g y 3249.50 g, seguido del T5 con 3221.00 g y 3175.90 g respectivamente, estos resultados nos muestran que la inclusión de harina de yacón influye en el peso vivo y la ganancia de peso frente a los demás tratamientos (Anexo 45 y 46).

Para la variable consumo de alimento también se muestra diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), siendo mayor y similar en los tratamientos T1 con 6462.50 g y T4 con

6372.80 g frente a los tratamientos T2 con 6256.90 g, T5 con 6067.70 g y T3 con 6026.40 los cuales presentaron menor consumo (Anexo 47).

Para la variable conversión alimenticia se encontró diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), siendo esta mejor en el T3 con 1.83 y T5 con 1.88 frente a los demás tratamientos, estos datos indican que la inclusión de harina de yacón al 0.25 % mejora la conversión alimenticia independientemente de la adición o no del aceite de copaiba (Anexo 48).

De manera similar en estudios realizados, se muestra que el efecto de los prebióticos y aceites esenciales en el desarrollo de pollos de engorde fueron iguales o superiores a los mostrados por el control positivo con APC (Chacher et al., 2017). El resultado obtenido en la presente investigación es posible por el mecanismo de acción de estabilización de la microbiota intestinal, debido al efecto prebiótico del yacón (FOS) cuya base es generar un aumento en la producción de bacterias benéficas, el cual es dado por el incremento de la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) que reducen el pH, por lo tanto disminuye la carga bacteriana patógena evitando a la exposición de trastornos depresores para el crecimiento provocado por los metabolitos tóxicos bacterianos (Juśkiewicz et al., 2006), logrando de esa manera una mejor absorción de nutrientes en el intestino y por lo tanto mejor rendimiento productivo.

El equilibrio entre las bacterias patógenas y benéficas promueve una mayor longitud de las vellosidades y una disminución en la profundidad de criptas, los cuales son biomarcadores para la mejora en la morfología intestinal (Chacher et al., 2017).

**Tabla 12**

*Respuesta productiva en pollos de carne de la línea Cobb 500 alimentados con las dietas experimentales en las tres etapas de vida (Período de 1 a 56 días)*

Mediciones/Etapa	Tratamientos <sup>1</sup>					Valor de p
	T1	T2	T3	T4	T5	
Inicio (1 a 21 días)						
Peso Inicial, g	46.17±0.87 <sup>a</sup>	45.38±0.76 <sup>a</sup>	45.27±0.67 <sup>a</sup>	45.71±1.06 <sup>a</sup>	45.09±0.53 <sup>a</sup>	0.524
Peso Vivo, g	676.05±9.00 <sup>a</sup>	679.60±18.80 <sup>a</sup>	697.58±12.99 <sup>a</sup>	677.61±8.80 <sup>a</sup>	694.02±7.00 <sup>a</sup>	0.159
Ganancia de Peso, g	629.88±9.77 <sup>a</sup>	634.20±19.10 <sup>a</sup>	652.32±12.97 <sup>a</sup>	631.90±7.85 <sup>a</sup>	648.93±7.37 <sup>a</sup>	0.146
Consumo de Alimento, g	973.20 <sup>A</sup> ±52.20 <sup>a</sup>	957.50±30.50 <sup>a</sup>	933.32±14.10 <sup>a</sup>	968.36±11.70 <sup>a</sup>	950.50±38.90 <sup>a</sup>	0.623
Conversión Alimenticia, g	1.54±0.084 <sup>a</sup>	1.51±0.01 <sup>a</sup>	1.43±0.03 <sup>a</sup>	1.53±0.03 <sup>a</sup>	1.47±0.07 <sup>a</sup>	0.144
Crecimiento (22 a 42 días)						
Peso Vivo, g	1920.67±20.60 <sup>c</sup>	1992.48±73.40 <sup>abc</sup>	2035.34±42.40 <sup>a</sup>	1932.93±44.60 <sup>bc</sup>	2009.03±6.99 <sup>ab</sup>	0.039
Ganancia de Peso, g	1874.50±20.40 <sup>c</sup>	1947.10±73.40 <sup>abc</sup>	1990.07±43.00 <sup>a</sup>	1887.22±43.60 <sup>bc</sup>	1963.94±7.48 <sup>ab</sup>	0.037
Consumo de Alimento, g	3733.90±87.90 <sup>a</sup>	3670.79±15.41 <sup>a</sup>	3510.70±56.70 <sup>b</sup>	3693.10±27.90 <sup>a</sup>	3524.90±46.50 <sup>b</sup>	0.001
Conversión Alimenticia, g	1.86±0.07 <sup>a</sup>	1.72±0.06 <sup>a</sup>	1.52±0.08 <sup>b</sup>	1.81±0.02 <sup>a</sup>	1.56±0.04 <sup>b</sup>	0.001
Acabado (43 a 56 días)						
Peso Vivo Final, g	3095.80±9.79 <sup>c</sup>	3139.10±78.80 <sup>bc</sup>	3294.70±29.90 <sup>a</sup>	3107.20±49.60 <sup>bc</sup>	3221.00±15.38 <sup>ab</sup>	0.001
Ganancia de Peso Total, g	3049.60±10.64 <sup>c</sup>	3093.90±78.80 <sup>bc</sup>	3249.50±30.40 <sup>a</sup>	3061.50±48.50 <sup>bc</sup>	3175.90±15.68 <sup>ab</sup>	0.001
Consumo de Alimento Total, g	6462.50±114.60 <sup>a</sup>	6256.90±38.90 <sup>ab</sup>	6026.40±120.60 <sup>b</sup>	6372.80±75.40 <sup>a</sup>	6067.70±66.60 <sup>b</sup>	0.001
Conversión Alimenticia Total, g	2.08±0.03 <sup>a</sup>	1.99±0.04 <sup>a</sup>	1.83±0.05 <sup>b</sup>	2.05±0.01 <sup>a</sup>	1.88±0.03 <sup>b</sup>	0.001

<sup>1</sup>T1: Alimento balanceado sin antibiótico (Control negativo sin ningún tipo de aditivo promotor en el alimento); T2: Alimento balanceado con antibiótico (Control positivo con zinc bacitracina); T3: Alimento balanceado con harina de yacón al 0.25 %; T4: Alimento balanceado con aceite de copaiba 0.15 ml/Kg de alimento; T5: Alimento balanceado con harina de yacón y aceite de copaiba (0.25 % + 0.15 ml/Kg de alimento).

<sup>a</sup>: Valores con letras iguales en la misma fila no son significativamente diferentes (p>0.05).

<sup>a, b, c</sup>: Valores con letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes (p<0.05).

Estos resultados son concordantes a lo reportado por Tupayachi (2014), quien utilizó harina de yacón y aceite de copaiba y tampoco encontró diferencias en la respuesta productiva en pollos de 1 a 21 días de edad, sin embargo cuando expuso a un desafío sanitario con coccidia encontró que la conversión alimenticia fue menor con los tratamientos que contenían coccidiostato y aceite de copaiba.

De igual forma Saavedra (2010), evaluó la adición de harina de yacón en un 0.15 % y aceite de sacha inchi en un 0.15 % en gallinas ponedoras, obteniendo mayor ganancia de peso, con un menor consumo y con una mayor producción de huevos frente al tratamiento testigo, esto por la acción prebiótica del yacón, que favorece la actividad de la microflora intestinal y por ende la conversión alimenticia y la ganancia de peso de las aves.

Los datos reportados corroboran lo citado por González (2009), que realizó una investigación en pavos de la Línea BUT en la etapa de engorde, los tratamientos con harina de yacón 0.25 % y 0.50 % presentaron una mayor ganancia de peso, frente al control sin antibiótico, en el consumo de alimento fueron menores en los tratamientos con zinc bacitracina y harina de yacón, en cuanto a la conversión alimenticia encontró mejores resultados con la harina de yacón, llegando a la conclusión que puede ser empleada como alternativa en la etapa de engorde.

Fuentes et al (2012), en su investigación emplearon la harina de yacón como prebiótico frente al tratamiento control con zinc bacitracina en el engorde de patos Muscovy, donde muestran que la inclusión de 0.75 % en la ración podría ser una alternativa al uso del antibiótico promotor de crecimiento, esto se debería a la presencia de fructooligosacáridos, sin embargo, el efecto de la dosis puede verse afectado por la especie, la edad, manejo, condiciones climáticas, etc.

Un estudio similar realizado por Villegas (2019), al utilizar harina de yacón en dosis de 0.25 % en pollos de carne, observó mejores parámetros productivos en peso final y ganancia de peso frente al control, para el consumo de alimento la harina de alcachofa al 3 % más harina de yacón presentó mayor consumo en la etapa de crecimiento y acabado, en cuanto a la conversión alimenticia encontró diferencias significativas entre los tratamientos con alcachofa y harina de yacón siendo menor en la etapa de inicio.

Por otro lado investigaciones con incorporación de aceite de copaiba como la de Lopez et al., (2013), indican que los pollos alimentados con promotor de crecimiento (virginiamicina) presentaron mayor peso corporal que los pollos alimentados con aceite de copaiba en niveles de 0.15, 0.30, 0.45 y 0.60; de igual manera observaron que los índices productivos disminuyen en proporción al aumento del nivel de inclusión del aceite de copaiba, recomendando que el aceite de copaiba se puede incluir en la dieta en un nivel de 0.15 ml/kg de alimento, lo mismo ocurre en el presente trabajo, donde también se observa que el tratamiento con antibiótico o promotor de crecimiento tiene mejores resultados para los parámetros productivos que el T4 aceite de copaiba, pero que muestra mejores resultados en comparación al tratamiento T1 control sin antibiótico, sin embargo el T5 que es la adición de harina de yacón y aceite de copaiba mostró buenos resultados, esto podría ser por efecto de la adición de la harina de yacón, la cual obtuvo los mejores índices productivos.

De la misma manera Guidotti (2013), evaluó el efecto de la inclusión del aceite de copaiba en la dieta de pollos como aditivo fitogénico en diferentes niveles (0.2 %, 0.4 % y 0.6 %) frente a un tratamiento control negativo y un control positivo con promotor de crecimiento (colistina), con y sin desafío en donde el aceite de copaiba no mostró ningún efecto como promotor de crecimiento sobre los parámetros productivos hasta los 28 días de edad.

Por otro lado los resultados de este estudio se muestran contrarios a lo mostrado por Griss et al (2018), quienes evaluaron el rendimiento productivo en pollos de engorde a los 7 y 15 días de edad, donde obtuvieron mayor ganancia de peso con aceite de copaiba 0.15 ml/kg de alimento frente a los tratamientos (dieta basal, dieta basal más antibiótico zinc bacitracina, dieta basal y aceite de copaiba 0.30 ml/kg de alimento).

Almeida (2014), observó en su investigación en pollos en un periodo de 40 días de edad alimentados con la adición de 0.5 g/kg de aceite de sucupira en el alimento, empeoró el desempeño productivo con relación a los demás tratamientos; en cuanto al aceite de copaiba adicionado en un nivel de 2 g/kg de alimento y el uso de avilamicina no influyeron en el rendimiento productivo.

#### 4.5. Rendimiento de Carcasa

En la tabla 13 se observa la variable de rendimiento de carcasa de los pollos de engorde, se realizó tomando como muestra 6 pollos por tratamiento.

Al realizar el análisis de varianza para la variable rendimiento de carcasa se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), donde se muestra que el T3 y T5 obtuvieron un mayor rendimiento con 77.99 % y 77.56 % respectivamente, seguido del T2 frente a los demás tratamientos (Anexo 50), se observa que existe una mejor conversión alimenticia con la harina de yacón, por lo tanto, mayor presencia de masa muscular. Estos datos indican que la inclusión de la harina de yacón en las dietas si mejora el rendimiento de carcasa.

Los datos reportados concuerdan con Villegas (2019), quien encontró un mayor rendimiento de carcasa con el T2 (harina de yacón al 0.25 %) con 80.2 % frente al control.

**Tabla 13**

*Rendimiento de carcasa por tratamiento*

Mediciones	Tratamientos <sup>1</sup>					Valor de p
	T1	T2	T3	T4	T5	
Peso Vivo g	3268.20±31.30 <sup>c</sup>	3338.20±147.20 <sup>bc</sup>	3506.00±67.80 <sup>a</sup>	3356.00±103.50 <sup>abc</sup>	3475.80±64.00 <sup>ab</sup>	0.001
Peso de						
Carcasa g	2460.50±46.10 <sup>c</sup>	2559.70±132.70 <sup>bc</sup>	2734.30±48.10 <sup>a</sup>	2533.70±103.30 <sup>c</sup>	2695.70±49.90 <sup>ab</sup>	0.001
Rendimiento de						
Carcasa (%)	75.28±0.88 <sup>b</sup>	76.66±0.742 <sup>ab</sup>	77.99±1.14 <sup>a</sup>	75.48±0.92 <sup>b</sup>	77.56±0.79 <sup>a</sup>	0.001

<sup>1</sup>T1: Alimento balanceado sin antibiótico (Control negativo sin ningún tipo de aditivo promotor en el alimento); T2: Alimento balanceado con antibiótico (Control positivo con zinc bacitracina); T3: Alimento balanceado con harina de yacón al 0.25%; T4: Alimento balanceado con aceite de copaiba 0.15 ml/Kg de alimento; T5: Alimento balanceado con harina de yacón y aceite de copaiba (0.25% + 0.15ml/Kg de alimento).

<sup>a, b, c</sup>: Valores con letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES**

De acuerdo a los resultados obtenidos y bajo las condiciones en que se llevó a cabo el presente estudio, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. El uso de la harina de yacón (0.25 %) como fuente de fructooligosacáridos en la dieta mejora el desarrollo de la morfometría intestinal promoviendo mayor altura, ancho de vellosidades y una menor profundidad de cripta, de igual manera la relación de altura de vellosidad y profundidad de cripta fue superior a los demás tratamientos en el duodeno, yeyuno e íleon tanto a los 7 como a los 14 días.
2. La inclusión de la harina de yacón en un nivel del 0.25 % mejoró la respuesta productiva (mayor ganancia de peso, menor consumo de alimento, mejor conversión alimenticia y mayor rendimiento de carcasa) frente a los otros aditivos evaluados (zinc bacitracina y aceite de copaiba).
3. La inclusión del aceite de copaiba tiene efecto benéfico sobre la morfometría intestinal y parámetros productivos solo cuando es adicionado de forma conjunta con la harina de yacón.

## CAPÍTULO VI

### RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio se recomienda:

1. Utilizar la harina de yacón obtenido por liofilización en un nivel de (0.25%) para mejorar la respuesta productiva en los pollos de engorde.
2. Evaluar diferentes métodos de obtención de la harina de yacón y su respuesta sobre los parámetros evaluados en el presente estudio.
3. Estimar el rendimiento económico con la utilización de la harina de yacón en la dieta de los pollos.
4. Caracterizar la microbiota intestinal (*Lactobacillus* y *Bifidobacterias*) al inicio y final en pollos alimentados con la inclusión de la harina de yacón en condiciones de crianzas comerciales.
5. Realizar estudios del aceite de copaiba asociado con la harina de yacón en condiciones de desafío sanitario.
6. Seguir evaluando más alternativas naturales que mejoren los índices productivos y salud intestinal, de esa manera poder sustituir a los antibióticos promotores de crecimiento APC que son utilizados en la avicultura.

## CAPÍTULO VII

### BIBLIOGRAFÍA

- Aguavil, J. C. (2012). *Evaluación del efecto de un probiótico nativo elaborado en base a Lactobacillus acidophilus y Bacillus subtilis sobre el sistema gastrointestinal en pollos broiler Ross-308 en Santo Domingo de los Tsachilas* [Tesis de pregrado para optar al Título de Ingeniero Agropecuario, Escuela Politecnica Del Ejercito]. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5213/1/T-ESPE-IASA II - 002399.pdf>
- Almeida, R. (2014). *Desempenho e parâmetros intestinais de frangos de corte alimentados com rações contendo óleos de copaíba e sucupira* [Dissertação para a obtenção do grau Mestre em Ciência Animal Universidade, Federal De Goiás]. <http://lattes.cnpq.br/4846220957064623>
- Alvarez, P., Jurado, B., Calixto, M., Incio, N., & Silva, J. (2008). Prebiótico inulina/oligofructosa en la raíz del yacón (*Smallanthus sonchifolius*), fitoquímica y estandarización como base de estudios preclínicos y clínicos. *Revista de Gastroenterología Del Perú*, 28, 22–27. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1022-51292008000100003](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1022-51292008000100003)
- Arce, J., Ávila, E., & López, C. (2008). Comportamiento productivo y cambios morfológicos en vellosidades intestinales del pollo de engorda a 21 días de edad con el uso de paredes celulares del *Saccharomyces cerevisiae*. *Veterinaria Mexico*, 39(2), 223–228. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=19004#>
- Ardoino, S., Toso, R., Toribio, M., Álvarez, H., Mariani, E., Cachau, P., Mancilla, M., & Oriani, D. (2017). Antimicrobianos como promotores de crecimiento (AGP) en alimentos balanceados para aves: uso, resistencia bacteriana, nuevas alternativas y opciones de

reemplazo. *Ciencia Veterinaria*, 19(1), 50–66.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.19137/cienvet-20171914>

Arroyo A, J., Quino F, M., Martínez H, J., Almora Pi, Y., Alba G, A., & Condorhuamán F, M. (2011). Efecto cicatrizante del aceite de *Copaifera officinalis* (copaiba), en pacientes con úlcera péptica. *Anales de La Facultad de Medicina*, 72(2), 113.  
<https://doi.org/10.15381/anales.v72i2.991>

Arroyo, J., Almora, Y., Quino, M., Martínez, J., Condorhuamán, M., Flores, M., & Bonilla, P. (2009). Efecto citoprotector y antisecretor del aceite de *Copaifera officinalis* en lesiones gástricas inducidas en ratas. *Anales de La Facultad de Medicina*, 70(2), 89–96.  
<https://doi.org/10.15381/anales.v70i2.955>

Aviagen Group. (2013). *Salud intestinal en aves domésticas - El mundo interno*. 12.  
<https://silo.tips/download/aviagenbrief-sintesis-salud-intestinal-en-aves-domesticas-el-mundo-interno-aviag>

Barbagelata, E. (2021). Disbiosis intestinal: Entendiendo el origen de las patologías y atipias más frecuentes en avicultura. *Actualidad Avipecuaria*.  
<https://actualidadavipecuaria.com/disbiosis-intestinal-entendiendo-el-origen-de-las-patologias-y-atipias-mas-frecuentes-en-avicultura/>

Barrera, H. M., Rodríguez, S. P., & Torres, G. (2014). Efectos de la adición de ácido cítrico y un probiótico comercial en el agua de bebida, sobre la morfometría del duodeno y parámetros zootécnicos en pollo de engorde. *Orinoquia*, 18(2), 52.  
<https://doi.org/10.22579/20112629.306>

Batista, P., Eiko, A., De Morales, E. R., Macari, M., & Scapinello, C. (2000). Influence of

antinutritional factors of leucaena (*Leucaena leucocephala* and *Leucaena cunningan*) and pigeon bean (*Cajanus cajan*) on the intestinal epithelium and performance of broiler chickens. *Revista Brasileira de Zootecnia*. [https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S1516-35982000000600024](https://doi.org/10.1590/S1516-35982000000600024)

Berglund, B. (2015). Environmental dissemination of antibiotic resistance genes and correlation to anthropogenic contamination with antibiotics. *Infection Ecology & Epidemiology*, 5(1), 28564. <https://doi.org/10.3402/iee.v5.28564>

Campos, D., Betalleluzl, I., Chirinos, R., Aguilar, A., Noratto, G., & Pedreschi, R. (2012). Prebiotic effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl), a source of fructooligosaccharides and phenolic compounds with antioxidant activity. *Food Chemistry*, 135(3), 1592–1599. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.088>

Carro, M. D., & Ranilla, M. J. (2002). Los aditivos antibióticos promotores del crecimiento de los animales: Situación actual y posibles alternativas. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 56, 1–6. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)

Chacher, F. A., Kamran, Z., Ahsan, U., Ahmad, S., Koutoulis, K. C., Qutab, H. G., & Cengiz, O. (2017). Use of mannan oligosaccharide in broiler diets: an overview of underlying mechanisms. *World's Poultry Science Journal*, 73(4), 831–844. <https://doi.org/10.1017/S0043933917000757>

Clavijo, V., & Flórez, M. J. (2018). The gastrointestinal microbiome and its association with the control of pathogens in broiler chicken production: A review. *Poultry Science*, 97(3), 1006–1021. [https://doi.org/https://doi.org/10.3382/ps/pex359](https://doi.org/10.3382/ps/pex359)

Cormack, D. H. (1986). *Fundamentos de histología*.

<https://catalogosiidca.csuca.org/Record/UES.57869/Description>

Crippen, T. L., Sheffield, C. L., Singh, B., Byrd, J. A., & Beier, R. C. (2019). How Management Practices Within a Poultry House During Successive Flock Rotations Change the Structure of the Soil Microbiome. *Frontiers in Microbiology*, *10*(September), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02100>

Deus, J. A., Alves, C. N., & Arruda, S. P. (2011). Avaliação do efeito antifúngico do óleo resina e do óleo essencial de copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, *13*(1), 1–7. <https://doi.org/10.1590/s1516-05722011000100001>

Diarra, M. S., & Malouin, F. (2014). Antibiotics in Canadian poultry productions and anticipated alternatives. *Frontiers in Microbiology*, *5*(JUN), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00282>

Diaz, M. S. (2015). *Evaluación de la inclusión de harina tubérculo de yacón *Smallanthus sonchifolius* sobre los parámetros productivos de pollos de engorde Ross 308 en la ciudad de Bogotá* [Tesis de Pregrado, Universidad De La Salle]. <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecniaRetrievedfromhttps://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/> 211

Donaldson, E. E., Stanley, D., Hughes, R. J., & Moore, R. J. (2017). The time-course of broiler intestinal microbiota development after administration of cecal contents to incubating eggs. *PeerJ*, *2017*(7), 1–19. <https://doi.org/10.7717/peerj.3587>

Espinoza, S. J. (2017). *Comparación del rendimiento productivo de pollos de engorde suplementados con tylosina fosfato versus enramicina como promotores de crecimiento* [Tesis de Pregrado para optar el Título Profesional de Médico Veterinario, Universidad

Nacional De San Marcos]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/7237>

Espitia, A., Delgado, A., & Aperador, W. (2018). Oleorresina de copaiba como materia prima para la producción de biodiésel. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 34(2), 317–322. <https://doi.org/10.20937/rica.2018.34.02.12>

Faus, C. (2008). La integridad intestinal: Factores asociados a su mantenimiento. *Selección Avicola*, 11–16. <https://seleccionesavicolas.com/pdf-files/2008/6/3979>

Fernandes, C. ., Martins, M. R., Mendes, A. A., Milbradt, E. L., Sanfelice, C., Martins, B. B., Aguiar, E. F., & Bresne, C. (2014). Intestinal integrity and performance of broiler chickens fed a probiotic, a prebiotic, or an organic acid. *Revista Brasileira de Ciencia Avicola*, 16(4), 417–424. <https://doi.org/10.1590/1516-635x1604417-424>

Fernández, A. (2003). Yacón: Importancia prebiótica y tecnológica. *Revista Para El Desarrollo Agropecuario Agroindustrial y Agroexportador*, 136: 46-47. <https://es.scribd.com/document/427296500/YACON-IMPORTANCIA-PREBIOTICA-doc>

Flores, M. C. (2010). *Investigación de los aceites esenciales, sus caracterisitca y finalidad de uso: Analisis del estado de su regulacion en Chile y el mundo* [Tesis de Pregrado, Universidad De Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/105352>

Francia, J. (2013). *Actividad antimicrobiana-in vitro-del aceite de Copaiba frente a bacterias patógenas, Instituto de Medicina Tropical Daniel Alcides Carrión-Facultad de Medicina* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Mayor De San Marcos]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/3458>

Fuentes, N., Figueroa, E., Carcelén, F., & Arbaiza, T. (2012). Harina de yacón (*Smallanthus*

- Sonchifolius) como prebiótico en dietas de patos muscovy (*Cairina moschata*) en etapa de engorde. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 23(1), 105–111. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172012000100013&lng=es&nrm=iso%3E](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172012000100013&lng=es&nrm=iso%3E). ISSN 1609-9117.
- Galeano, J. A., Lopez, A. H., & Parra, J. S. (2015). La adición de cepas probióticas modula la secreción de mucinas intestinales en íleon de cerdos en crecimiento. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 10(2), 150–159. <https://www.proquest.com/openview/df40fb4e2a837f803cf31b85fe4c05cc/1?pq-origsite=gscholar&cbl=756332>
- Gibson, G. R., & Roberfroid, M. B. (1995). Dietary modulation of human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *JN The Journal of Nutrition*, 125, 1401–1412. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/jn/125.6.1401>
- Gil, F., & Aguinaga, H. (2016). *Gallina castellana negra*. Sistema Digestivo Gallina. <https://www.tri-tro.com/anatomia-de-la-gallina/sistema-digestivo-gallina/#:~:text=El canal alimenticio o sistema,Boca>.
- Gómez, D. J. (2018). *Evaluación de un prebiótico y aceites esenciales como alternativas a los antibióticos promotores de crecimiento en pollos de engorde, sobre parámetros productivos, morfología y pH intestinal* [Tesis de Pregrado para optar el Título de Médico Veterinario, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/16487>
- González, H. M. (2009). *Evaluación de la harina de yacón (Smilax tuberosa) como prebiótico en dietas de pavos de engorde* [Tesis de Pregrado para optar el Título Profesional de Médico Veterinario, Universidad Nacional Mayor De San Marcos].

<https://hdl.handle.net/20.500.12672/699>

Griss, L. G., da Silva, A. S., Galli, G. M., Fortuoso, B. F., Campigotto, G., Jaguezeski, A. M., Souza, C. F., Fagundes, M. B., Wagner, R., Gris, A., Mendes, R. E., Boiago, M. M., Oliveira, E. C. P., Stefani, L. M., & Machado, G. (2018). The use of copaiba oil in broiler chicks feed to replace antibiotic caused an anti-inflammatory effect and promoted weight gain. *Comparative Clinical Pathology*, 27(6), 1637–1644. <https://doi.org/10.1007/s00580-018-2787-1>

Guidotti, M. (2013). *O efeito do óleo-resina de copaiba sobre o desempenho e imunidade de frangos desafiados com Escherichia coli patogênica* [Dissertação para a obtenção do grau Mestre em, Universidad Federal De Goiás]. [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/67/o/Dissertacao2013\\_Micaela\\_Guidotti.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/67/o/Dissertacao2013_Micaela_Guidotti.pdf)

Hermann, M., Freire, I., & Pazos, C. (1999). Compositional diversity of the yacon storage root. Impact on changing world: Program report 1997-1998. In *Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú*. <https://eurekamag.com/research/003/390/003390679.php>

Hernández, P. A. (2016). *Evaluación de la inclusión de la harina de hoja de yacón Smallantus sonchifolius sobre los parámetros productivos y morfológicos en el engorde de pollos Ross 308 en Cundinamarca* [Tesis de Pregrado, Universidad de La Salle]. <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/268>

Isabel, B., & Santos, Y. (2009). Efectos de los aceites esenciales en la alimentación de los pollos de carne. *Archivos de Zootecnia*, 58(1), 597–600. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49515040030%0ACómo>

Izumi, M. (2009). *Desempenho, desenvolvimento e atividade enzimática da mucosa intestinal de*

- frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com glutamina e nucleotídeos* [Tese apresentada para a obtenção do Título de Doutor em Zootecnia, Universidad de Sao Paulo].  
<https://doi.org/10.11606/T.74.2009.tde-09022010-085037>
- Jaramillo, A. H. (2011). *Evaluación de la mezcla de un prebiótico y un ácido orgánico en la salud intestinal y parámetros productivos de pollos de engorde: Vol. Primera ed* [Tesis de Maestría para optar al Título de Magister en Ciencias Agrarias, Universidad Nacional De Colombia].  
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/10077>
- Jha, R., Das, R., Oak, S., & Pravin, M. (2020). Probiotics (Direct-Fed Microbials) in poultry nutrition and their effects on nutrient utilization, growth and laying performance, and gut health: A systematic review. *Animals*, *10*(10), 1–18.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ani10101863>
- Juśkiewicz, J., Jankowski, J., Zduńczyk, Z., & Mikulski, D. (2006). Performance and gastrointestinal tract metabolism of turkeys fed diets with different contents of fructooligosaccharides. *Poultry Science*, *85*(5), 886–891. <https://doi.org/10.1093/ps/85.5.886>
- Kers, J. G., Velkers, F. C., Fischer, E. A. J., Hermes, G. D. A., Stegeman, J. A., & Smidt, H. (2018). Host and environmental factors affecting the intestinal microbiota in chickens. *Frontiers in Microbiology*, *9*(FEB). <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00235>
- Kogut, M. H. (2019). The effect of microbiome modulation on the intestinal health of poultry. *Animal Feed Science and Technology*, *250*(October 2018), 32–40.  
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.10.008>
- Lachman, J., Fernández, E. C., & Orsák, M. (2003). Yacon [*Smallanthus sonchifolia* (Poepp. et Endl.) H. Robinson] chemical composition and use - A review. *Plant Soil Environ*, *49*(6),

283–290. <https://doi.org/10.17221/4126-pse>

Laxminarayan, R., Van Boeckel, T., & Teillant, A. (2015). The Economic Costs of Withdrawing Antimicrobial Growth Promoters from the Livestock Sector. *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers*, 78(78). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1787/5js64kst5wvl-en>

López, A. E., Sánchez, I., Cortes, M. O., & Ávila, E. (2009). Uso de dos promotores naturales como alternativas a antibioticos promotores en el comportamiento productivo del pollo de engorda. *Centro de Enseñanza Investigación y Extensión En Producción Avícola FMVZ-UNAM*. [https://nanopdf.com/download/aaronernestolopezpdf\\_pdf#](https://nanopdf.com/download/aaronernestolopezpdf_pdf#)

Lopez, C. A., de Souza, K. R., Manno, M. C., Barbosa, F., Pereira, V., & Fernandes, D. L. (2013). Effect of copaiba essential oil on broiler chickens' performance. *Acta Scientiarum - Animal Sciences*, 35(2), 145–151. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v35i2.15376>

Lu, J., Idris, U., Harmon, B., Hofacre, C., Maurer, J., & Lee, M. (2003). Diversity and Succession of the Intestinal Bacterial Community of the Maturing Broiler Chicken. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(11), 6816–6824. <https://doi.org/10.1128/AEM.69.11.6816-6824.2003>

Madrid, T. A., López, A., & Parra, J. E. (2018). La ingesta de aceite esencial de orégano (*Lippia origanoides*) mejora la morfología intestinal en Broilers. *Archivos de Zootecnia*, 67(260), 470–476. <https://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/> %0A

Manrique, I., Párraga, A., & Hermann, M. (2003). *Jarabe de yacón: Principios y procesamiento*. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú. 3 p.

MAP La Revista peruana especializada en avicultura y porcicultura con alcance a diversos países

- del mundo. (2022). *APA Compartirá Más de 12mil Raciones de Pollo*.  
<https://maplarevista.pe/2022/07/04/apa-compartira-mas-de-12mil-rationes-de-pollo/>
- Martínez Patiño-Patroni, D. A. (2012). *Evaluación de un producto a base de aceite esencial de orégano sobre la integridad intestinal, la capacidad de absorción de nutrientes y el comportamiento productivo de pollos de carne* [Tesis de Maestría para optar el grado de Magister Scientiae en nutrición , Universidad Nacional Agraria La Molina].  
<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2204/2204.03728.pdf>
- Martinez, R., Ortega, M. E., Herrera, J. G., Kawas, J. R., Zarate, J. J., & Soriano, R. (2015). Uso de aceites esenciales en animales de granja. *Interciencia*, 40(11), 744–750.  
<http://www.redalyc.org/pdf/339/33942541003.pdf>
- Mendonça, D. E., & Onofre, S. B. (2009). Atividade antimicrobiana do óleo-resina produzido pela copaiba - *Copaifera multijuga* Hayne (Leguminosae). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 19(2b), 577–581. <https://doi.org/10.1590/s0102-695x2009000400012>
- Moreno, G., & Rodríguez, S. P. (2015). Desarrollo Del Intestino Delgado En Pollos De Engorde. *Ciencia Y Agricultura*, 13(1), 49–58. <https://doi.org/https://doi.org/10.19053/01228420.4805>
- Nuñez, C. X. (2020). *Comparación de la eficiencia del uso de un núcleo nutricional natural versus un antibiótico promotor de crecimiento en la alimentación de pollos de engorde a través de parámetros productivos y mediciones morfométricas y alométricas del sistema digestivo* [Tesis de Pregrado para optar al Título Profesional de Médico Veterinario, Universidad Central Del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22225>
- Oliveira, A., Ueda-Nakamura, T., Dias, B. P., Veiga, V. F., Pinto, A. C., & Vataru, C. (2008). Antimicrobial activity of Brazilian copaiba oils obtained from different species of the

- Copaifera genus. *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 103(3), 277–281.  
<https://doi.org/10.1590/s0074-02762008005000015>
- Orrego, C. E. (2003). *Procesamiento de alimentos. Universidad Nacional de Colombia*.  
<https://www.researchgate.net/publication/288824547>
- Osho, S. (2020). *Health and Function of Gastrointestinal Tract As Influenced By Dietary Immunomodulatory Components in Poultry*. May.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.25394/PGS.11858067.V1>
- Padilla, A. (2009). *Efecto de la inclusion de aceites esenciales de orégano en la dieta de pollos de engorde sobre la digestibilidad y parametros productivos*. [Tesis de Pregrado para optar al Título como Zootecnista, Universidad De La Salle].  
<https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1086&context=zootecnia>
- Pan, D., & Yu, Z. (2014). Intestinal microbiome of poultry and its interaction with host and diet. *Gut Microbes*, 5(1), 108–119. <https://doi.org/https://doi.org/10.4161/gmic.26945>
- Peralta, M. F., Nilson, A., Grosso, V., Soltermann, A., & Miazzo, R. D. (2018). Stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*): un aditivo natural efectivo en avicultura? *Revista Ciencias Veterinarias*, 36(1), 7. <https://doi.org/10.15359/rcv.36-1.1>
- Reynel, C., Pennington, R. T., Pennington, T. D., Flores, C., & Daza, A. (2003). *Árboles útiles de la Amazonia Peruana*. <https://es.slideshare.net/educador23013/arboles-utiles-de-la-amazonia-peruana>
- Rinttilä, T., & Apajalahti, J. (2013). Intestinal microbiota and metabolites-Implications for broiler chicken health and performance. *Journal of Applied Poultry Research*, 22(3), 647–658.

<https://doi.org/10.3382/japr.2013-00742>

Rocha, P. M., Barros, M. E., & Evêncio-Neto, J. (2016). Análise morfométrica da parede intestinal e dinâmica de mucinas secretadas no jejuno de frangos suplementados com probiótico bacillus subtilis cepa C3102. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*, 36(4), 312–316. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2016000400010>

Roldán, L. P. (2010). *Evaluacion del uso de los aceites esenciales como alternativa al uso de los antibioticos promotores de crecimiento en pollos de engorde* [Tesis de Mestria, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/6757>

Saavedra, H. (2010). *Eficiencia inmunológica de yacón (Smallanthus sonchifolius, Poepp.&Endl) y sacha inchi (Plukenetia volúbilis L.) en gallinas de postura (Gallus gallus)* [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional De Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/5191>

Sachetti, C., de Carvalho, R., Paumgarten, F., Lameira, O., & Caldas, E. (2011). Developmental toxicity of copaiba tree (Copaifera reticulata Ducke, Fabaceae) oleoresin in rat. *Food and Chemical Toxicology*, 49(5), 1080–1085. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2011.01.015>

Santos, J., Mendes, A., Rossi, P., Cella, S., Narváez, W., Carvalho, E., Groff, P., & Takahashi, S. (2016). *Probióticos y simbióticos en el rendimiento y la morfometría intestinal de pollos de engorde desafiados con Salmonella enteritidis*. 17(9), 1–16. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090916/091606.pdf>

Seminario, J., Valderrama, M., & Manrique, I. (2003). *El yacon: Fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio*. Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperacion

(COSUDE), Lima, Perú, 60 p. [https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/07/Yacon\\_Fundamentos\\_password.pdf](https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/07/Yacon_Fundamentos_password.pdf)

Sergeant, M. J., Constantinidou, C., Cogan, T. A., Bedford, M. R., Penn, C. W., & Pallen, M. J. (2014). Extensive Microbial and Functional Diversity within the Chicken Cecal Microbiome. *PLOS ONE*, 9(3), e91941. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091941>

Sugiharto, S. (2016). Role of nutraceuticals in gut health and growth performance of poultry. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 15(2), 99–111. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2014.06.001>

Svihus, B. (2014). Function of the digestive system. *Applied Poultry Research*, 23(2), 306–314. <https://doi.org/https://doi.org/10.3382/japr.2014-00937>.

Tavernari, F., Salguero, S., Albino, L. F., & Rostagno, H. (2008). Nutrición, Patología Y Fisiología Digestiva En Pollos: Aspectos Prácticos. *Xxiv Curso De Especializacion Fedna*, 31–45. [https://produccion-animal.com.ar/produccion\\_aves/enfermedades\\_aves/87-nutricion](https://produccion-animal.com.ar/produccion_aves/enfermedades_aves/87-nutricion).

Teirlynck, E., Gussem, M. D. E., Dewulf, J., Haesebrouck, F., Ducatelle, R., & van Immerseel, F. (2011). Morphometric evaluation of “dysbacteriosis” in broilers. *Avian Pathology*, 40(2), 139–144. <https://doi.org/10.1080/03079457.2010.543414>

Tucci, F. M., Thomaz, M. C., Nakaghi, L. S. O., Hannas, M. I., Scandolera, A. J., & Budiño, F. E. L. (2011). Efeito da adição de agentes tróficos na dieta de leitões desmamados sobre a estrutura e ultraestrutura do intestino delgado e sobre o desempenho. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, 63(4), 931–940. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352011000400019>

- Tupayachi Solórzano, G. (2014). *Relación entre harina de yacón o aceite de copaiba dietaria y performance e integridad intestinal de pollos inoculados con coccidias* [Tesis de Mestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/1868>
- Vega, S., Montoro-Dasi, L., & Marín, C. (2022). Microbiota intestinal en avicultura: el órgano olvidado. *Anales de Microbiota, Probióticos & Prebióticos*, 3(2), 116–131. [https://semipyp.es/wp-content/uploads/2022/09/AMPP\\_vol3\\_num2.pdf#page=72](https://semipyp.es/wp-content/uploads/2022/09/AMPP_vol3_num2.pdf#page=72)
- Villegas, A. (2019). *Evaluación de harina de yacón (Smallanthus sonchifolius peopp) y harina de alcachofa (Cynara scolymus) sobre parámetros productivos y salud intestinal en pollos de engorde* [Tesis de Pregrado para optar al Título Profesional de Ingeniero Zootecnista, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/5470>
- Yeoman, C. J., Chia, N., Jeraldo, P., Sipos, M., Goldenfeld, N. D., & White, B. A. (2012). The microbiome of the chicken gastrointestinal tract. *Animal Health Research Reviews / Conference of Research Workers in Animal Diseases*, 13(1), 89–99. <https://doi.org/10.1017/S1466252312000138>
- Zapata, D. J., Rodríguez, B. J., Ramírez, M. C., López, A., & Parra, J. (2015). Escherichia coli lipopolysaccharide affects intestinal mucin secretion in weaned pigs. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 28(3), 109–117. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v28n3a01>
- Zea, O. A. (2011). *Efecto de la suplementación con diferentes fuentes de cobre sobre el comportamiento productivo, morfometría intestinal y el nivel de cobre hepático en pollos de carne* [Tesis de Maestría para optar el grade de: Magister Scientiae en Nutrición, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1367>

## ANEXOS

### Anexo 1

Estadísticos descriptivos para morfometría intestinal día 7

Variable	Tratamiento	N	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo
Altura de Vellosidad Duodeno	1	24	505.29	6.43	31.48	454.60	568.20
	2	24	589.30	6.21	30.44	529.60	642.20
	3	24	665.65	5.30	25.99	620.20	701.90
	4	24	538.56	8.26	40.44	480.60	607.60
	5	24	620.31	5.20	25.47	589.20	682.60
Altura de Vellosidad Yeyuno	1	24	477.92	6.69	32.77	428.30	545.60
	2	24	549.85	7.63	37.40	482.40	626.50
	3	24	621.38	7.51	36.78	527.70	666.90
	4	24	491.3	11.9	58.2	402.4	588.4
	5	24	567.58	5.30	25.98	514.50	633.40
Altura de Vellosidad Íleon	1	24	284.40	6.70	32.81	226.70	340.00
	2	24	334.1	10.3	50.4	232.2	396.1
	3	24	361.40	3.82	18.73	320.60	390.50
	4	24	338.96	5.56	27.24	291.80	393.60
	5	24	339.49	5.11	25.04	269.20	372.40
Ancho Apical Duodeno	1	24	77.98	1.60	7.84	63.30	92.00
	2	24	87.00	1.53	7.49	71.80	97.90
	3	24	93.27	1.31	6.42	80.60	102.60
	4	24	83.55	1.26	6.18	72.30	96.40
	5	24	89.50	1.57	7.70	70.80	101.50
Ancho Basal Duodeno	1	24	142.68	1.84	9.00	129.40	161.90
	2	24	157.80	2.91	14.23	130.20	181.10
	3	24	163.97	1.23	6.02	151.20	174.30
	4	24	143.00	2.58	12.63	124.60	171.10
	5	24	140.47	3.42	16.78	119.00	169.30
Ancho Apical Yeyuno	1	24	66.98	1.14	5.57	57.70	75.60
	2	24	77.69	1.56	7.64	60.80	92.60
	3	24	72.82	1.64	8.01	57.50	92.80
	4	24	69.93	1.30	6.37	60.10	83.80
	5	24	67.00	1.33	6.52	50.10	78.40
Ancho Basal Yeyuno	1	24	120.58	1.63	8.00	104.40	134.60
	2	24	131.75	2.77	13.57	104.20	156.00
	3	24	129.63	3.57	17.49	93.20	162.90
	4	24	117.23	2.55	12.49	95.40	143.40
	5	24	112.97	2.32	11.36	88.80	128.50

Ancho Apical Íleon	1	24	58.12	1.41	6.93	46.90	71.00
	2	24	62.30	1.25	6.13	53.60	73.40
	3	24	60.846	0.930	4.555	53.500	69.700
	4	24	54.63	1.52	7.43	40.70	68.30
	5	24	57.85	1.09	5.35	47.50	67.70
Ancho Basal Íleon	1	24	95.84	2.07	10.16	82.10	126.20
	2	24	121.59	2.03	9.95	101.50	138.30
	3	24	102.90	2.12	10.39	87.10	124.30
	4	24	111.25	2.54	12.45	84.90	132.40
	5	24	93.49	2.28	11.16	70.70	116.30
Profundidad de Cripta Duodeno	1	24	114.12	1.68	8.25	98.40	124.60
	2	24	107.72	1.85	9.06	90.70	124.10
	3	24	102.50	2.62	12.85	80.20	121.40
	4	24	111.47	1.23	6.03	99.20	121.40
	5	24	108.26	1.58	7.74	89.20	122.40
Profundidad de Cripta Yeyuno	1	24	104.33	2.10	10.30	83.50	119.00
	2	24	95.16	1.54	7.53	80.60	107.40
	3	24	88.00	1.71	8.40	77.30	105.80
	4	24	105.19	1.51	7.41	91.20	118.60
	5	24	98.52	1.80	8.80	75.40	116.30
Profundidad de Cripta Íleon	1	24	86.46	1.90	9.31	68.90	100.50
	2	24	84.16	1.68	8.25	64.70	98.90
	3	24	75.05	1.75	8.56	61.50	94.60
	4	24	95.69	1.64	8.05	80.20	111.70
	5	24	86.48	1.62	7.95	69.40	98.30
Relación de AV: PC Duodeno	1	24	4.4511	0.0891	0.4363	3.8708	5.3770
	2	24	5.505	0.107	0.525	4.756	6.868
	3	24	6.600	0.186	0.911	5.243	8.060
	4	24	4.8407	0.0805	0.3942	4.2199	5.4640
	5	24	5.7590	0.0997	0.4885	5.0327	6.8201
Relación de AV: PC Yeyuno	1	24	4.639	0.138	0.675	3.664	5.980
	2	24	5.821	0.143	0.701	4.789	7.773
	3	24	7.118	0.156	0.762	5.884	8.627
	4	24	4.699	0.141	0.693	3.527	6.016
	5	24	5.805	0.119	0.581	4.897	7.523
Relación de AV: PC Íleon	1	24	3.339	0.123	0.603	2.399	4.588
	2	24	4.038	0.182	0.890	2.431	6.122
	3	24	4.874	0.123	0.603	3.818	6.158
	4	24	3.5637	0.0794	0.3892	2.8825	4.4076
	5	24	3.9490	0.0776	0.3803	3.2309	4.7302

## Anexo 2

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para altura de vellosidades del duodeno día 7*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	4	390563	97640.9	100.11	0.000
Error	115	112168	975.4		
Total	119	502732			

### Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
3	24	665.65	A
5	24	620.31	B
2	24	589.30	C
4	24	538.56	D
1	24	505.29	E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 3

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para altura de vellosidades del yeyuno día 7*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	4	328629	82157	52.06	0.000
Error	115	181482	1578		
Total	119	510111			

### Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
3	24	621.38	A
5	24	567.58	B
2	24	549.85	B
4	24	491.30	C
1	24	477.92	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 4

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para altura de vellosidades del íleon día 7*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	4	77725	19431	18.22	0.000
Error	115	122650	1067		
Total	119	200375			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
3	24	361.40	A
5	24	339.49	A B
4	24	338.96	A B
2	24	334.10	B
1	24	284.40	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 5

*Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ancho apical de vellosidades del duodeno día 7*

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	4	3266	816.40	15.93	0.000
Error	115	5895	51.26		
Total	119	9161			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
3	24	93.27	A
5	24	89.50	A B
2	24	87.00	B C
4	24	83.55	C D
1	24	77.98	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 6

*Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ancho basal de vellosidades del duodeno día 7*

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	4	10766	2691.4	17.69	0.000
Error	115	17498	152.2		
Total	119	28264			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
3	24	163.97	A
2	24	157.80	A
4	24	143.00	B
1	24	142.68	B
5	24	140.47	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 7

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ancho apical de vellosidades del yeyuno día 7*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	4	1951	487.75	10.30	0.000
Error	115	5445	47.35		
Total	119	7396			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
2	24	77.69	A
3	24	72.82	A B
4	24	69.93	B C
5	24	67.00	C
1	24	66.98	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

## Anexo 8

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ancho basal de vellosidades del yeyuno día 7*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	4	6207	1551.8	9.25	0.000
Error	115	19291	167.8		
Total	119	25499			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
2	24	131.75	A
3	24	129.63	A B
1	24	120.58	B C
4	24	117.23	C
5	24	112.97	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 9

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ancho apical de vellosidades del íleon día 7*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	4	845.2	211.30	5.56	0.000
Error	115	4371.5	38.01		
Total	119	5216.7			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
2	24	62.30	A
3	24	60.85	A
1	24	58.12	A B
5	24	57.85	A B
4	24	54.63	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 10

*Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ancho basal de vellosidades del íleon día 7*

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	4	12845	3211.2	27.22	0.000
Error	115	13566	118.0		
Total	119	26411			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
2	24	121.59	A
4	24	111.25	B
3	24	102.90	B C
1	24	95.84	C D
5	24	93.49	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 11

*Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para profundidad de cripta del duodeno día 7*

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	4	1836	459.02	5.58	0.000
Error	115	9467	82.32		
Total	119	11303			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
1	24	114.12	A
4	24	111.47	A
5	24	108.26	A B
2	24	107.72	A B
3	24	102.50	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 12

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para profundidad de cripta del yeyuno día 7*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	4	4795	1198.71	16.40	0.000
Error	115	8407	73.11		
Total	119	13202			

### Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
4	24	105.19	A
1	24	104.33	A
5	24	98.52	A B
2	24	95.16	B
3	24	88.00	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 13

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para profundidad de cripta del íleon día 7*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	4	5201	1300.25	18.27	0.000
Error	115	8186	71.18		
Total	119	13387			

### Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
4	24	95.69	A
5	24	86.48	B
1	24	86.46	B
2	24	84.16	B
3	24	75.05	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

## Anexo 14

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para la relación de altura de vellosidades y profundidad de criptas del duodeno día 7*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	4	66.92	16.7309	49.52	0.000
Error	115	38.85	0.3379		
Total	119	105.78			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
3	24	6.60	A
5	24	5.76	B
2	24	5.51	B
4	24	4.84	C
1	24	4.45	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 15

*Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para la relación de altura de vellosidades y profundidad de criptas del yeyuno día 7*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	4	99.12	24.7796	52.86	0.000
Error	115	53.91	0.4688		
Total	119	153.03			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
3	24	7.19	A
2	24	5.82	B
5	24	5.81	B
4	24	4.69	C
1	24	4.64	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 16

*Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para la relación de altura de vellosidades y profundidad de criptas del íleon día 7*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	4	33.24	8.3094	22.88	0.000
Error	115	41.76	0.3631		
Total	119	75.00			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
3	24	4.87	A
2	24	4.04	B
5	24	3.95	B
4	24	3.56	B C
1	24	3.34	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

## Anexo 17

### Estadísticos descriptivos para morfometría intestinal día 14

Variable	Tratamiento	N	Media	Error estándar de la			
				media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo
Altura de Vellosidad Duodeno	1	24	657.97	4.78	23.42	615.80	703.60
	2	24	720.48	7.19	35.22	663.30	787.40
	3	24	864.63	7.42	36.34	796.40	918.90
	4	24	684.80	3.22	15.76	650.60	707.30
	5	24	799.4	10.4	50.8	718.7	919.4
Altura de Vellosidad Yeyuno	1	24	617.22	3.14	15.40	582.00	648.20
	2	24	689.88	7.08	34.67	645.40	777.00
	3	24	822.52	7.67	37.55	735.60	875.00
	4	24	651.48	3.66	17.91	619.70	694.70
	5	24	750.44	5.67	27.80	689.40	802.50
Altura de Vellosidad Íleon	1	24	456.71	6.19	30.33	398.60	528.70
	2	24	496.94	4.48	21.93	465.00	547.20
	3	24	557.08	9.14	44.78	489.40	661.00
	4	24	485.18	3.87	18.97	441.60	511.30
	5	24	543.82	4.11	20.16	512.40	578.20
Ancho Apical Duodeno	1	24	107.07	1.28	6.25	91.30	115.80
	2	24	119.00	1.19	5.81	108.40	129.50
	3	24	126.00	1.02	5.01	114.70	132.50
	4	24	114.02	1.73	8.46	95.50	129.20
	5	24	124.03	1.48	7.26	110.60	134.90
Ancho Basal Duodeno	1	24	194.08	2.90	14.19	168.30	221.40
	2	24	211.32	2.82	13.81	185.30	229.10
	3	24	224.39	1.11	5.45	216.50	235.40
	4	24	209.25	2.25	11.03	191.80	229.60
	5	24	211.64	2.59	12.69	190.60	235.70
Ancho Apical Yeyuno	1	24	97.34	1.11	5.42	84.50	106.50
	2	24	103.37	1.05	5.13	92.40	111.40
	3	24	114.72	1.10	5.40	104.70	123.80
	4	24	99.20	1.73	8.46	80.40	119.90
	5	24	103.80	1.44	7.05	91.90	118.20
Ancho Basal Yeyuno	1	24	171.48	2.59	12.67	151.40	198.60
	2	24	191.73	2.10	10.28	170.30	212.60
	3	24	199.30	1.85	9.04	180.20	213.40
	4	24	181.22	1.88	9.21	167.20	196.70
	5	24	192.44	2.11	10.34	174.80	211.20

Ancho Apical Íleon	1	24	81.07	1.20	5.86	70.70	91.80
	2	24	84.61	1.42	6.97	73.10	98.80
	3	24	96.03	1.64	8.03	80.50	110.60
	4	24	83.09	1.35	6.64	70.70	93.00
	5	24	92.45	1.16	5.68	81.60	102.60
Ancho Basal Íleon	1	24	154.36	2.35	11.53	133.40	174.80
	2	24	166.62	2.17	10.63	148.30	188.20
	3	24	168.72	2.11	10.34	141.30	185.30
	4	24	164.43	1.94	9.49	140.60	178.70
	5	24	168.73	1.29	6.31	156.10	180.80
Profundidad de Cripta Duodeno	1	24	182.97	2.45	11.99	158.50	199.50
	2	24	162.67	1.75	8.58	147.10	178.10
	3	24	160.55	1.66	8.13	142.20	173.30
	4	24	178.40	1.30	6.37	168.20	192.40
	5	24	162.62	2.05	10.03	143.60	179.40
Profundidad de Cripta Yeyuno	1	24	170.99	2.14	10.48	145.60	188.40
	2	24	153.10	1.58	7.74	136.00	166.60
	3	24	148.04	1.96	9.58	131.60	165.40
	4	24	168.85	0.834	4.08	162.90	178.70
	5	24	151.72	1.70	8.34	133.50	165.80
Profundidad de Cripta Íleon	1	24	156.09	1.84	9.00	138.20	172.60
	2	24	140.40	1.56	7.64	126.60	158.80
	3	24	136.86	1.72	8.41	124.90	156.90
	4	24	156.78	1.04	5.08	147.20	165.70
	5	24	138.82	1.82	8.93	124.20	153.40
Relación de AV: PC Duodeno	1	24	3.6093	0.0499	0.2445	3.1852	4.1180
	2	24	4.4371	0.0517	0.2534	3.9955	4.7405
	3	24	5.4004	0.0787	0.3856	4.8088	6.0963
	4	24	3.8441	0.0366	0.1795	3.3815	4.1218
	5	24	4.9315	0.0816	0.3998	4.0673	5.5968
Relación de AV: PC Yeyuno	1	24	3.6241	0.0530	0.2595	3.2460	4.2775
	2	24	4.5117	0.0461	0.2258	4.0711	4.8749
	3	24	5.5798	0.0952	0.4665	4.8990	6.6147
	4	24	3.8601	0.0268	0.1313	3.5676	4.1302
	5	24	4.9586	0.0600	0.2938	4.3313	5.6652
Relación de AV: PC Íleon	1	24	2.9348	0.0513	0.2515	2.4183	3.4669
	2	24	3.5518	0.0571	0.2798	3.0936	4.0207
	3	24	4.0859	0.0872	0.4273	3.4806	5.1302
	4	24	3.0973	0.0298	0.1460	2.7949	3.3203
	5	24	3.9340	0.0626	0.3067	3.3957	4.5725

## Anexo 18

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para altura de vellosidades del duodeno día 14*

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	4	697629	174407	146.79	0.000
Error	115	136640	1188		
Total	119	834270			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
3	24	864.63	A
5	24	799.40	B
2	24	720.48	C
4	24	684.80	D
1	24	657.97	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 19

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para altura de vellosidades del yeyuno día 14*

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	4	640011	160003	202.90	0.000
Error	115	90688	789		
Total	119	730699			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
3	24	822.52	A
5	24	750.44	B
2	24	689.88	C
4	24	651.48	D
1	24	617.22	E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 20

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para altura de vellosidades del íleon día 14*

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	4	167149	41787.4	50.07	0.000
Error	115	95970	834.5		
Total	119	263119			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
3	24	557.08	A
5	24	543.82	A
2	24	496.94	B
4	24	485.18	B
1	24	456.71	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 21

*Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ancho apical de vellosidades del duodeno día 14*

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	4	5679	1419.82	31.93	0.000
Error	115	5114	44.47		
Total	119	10793			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
3	24	126.00	A
5	24	124.03	A B
2	24	119.00	B C
4	24	114.02	C
1	24	107.07	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 22

*Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ancho basal de vellosidades del duodeno día 14*

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	4	11175	2793.6	19.83	0.000
Error	115	16202	140.9		
Total	119	27376			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
3	24	224.39	A
5	24	211.64	B
2	24	211.32	B
4	24	209.25	B
1	24	194.08	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 23

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ancho apical de vellosidades del yeyuno día 14*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	4	4371	1092.75	26.51	0.000
Error	115	4740	41.22		
Total	119	9111			

### Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
3	24	114.72	A
5	24	103.80	B
2	24	103.37	B
4	24	99.20	B C
1	24	97.34	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 24

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ancho basal de vellosidades del yeyuno día 14*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	4	11456	2864.1	26.53	0.000
Error	115	12415	108.0		
Total	119	23871			

### Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
3	24	199.30	A
5	24	192.44	A
2	24	191.73	A
4	24	181.22	B
1	24	171.48	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 25

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ancho apical de vellosidades del íleon día 14*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	4	3997	999.14	22.34	0.000
Error	115	5144	44.73		
Total	119	9141			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
3	24	96.03	A
5	24	92.45	A
2	24	84.61	B
4	24	83.09	B
1	24	81.07	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 26

*Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ancho basal de vellosidades del íleon día 14*

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	4	3433	858.29	8.89	0.000
Error	115	11106	96.58		
Total	119	14539			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
5	24	168.73	A
3	24	168.72	A
2	24	166.62	A
4	24	164.43	A
1	24	154.36	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 27

*Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para profundidad de cripta del del duodeno día 14*

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	4	10431	2607.77	30.70	0.000
Error	115	979	84.94		
Total	119	20200			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
1	24	182.97	A
4	24	178.40	A
2	24	162.67	B
5	24	162.62	B
3	24	160.55	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 28

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para profundidad de cripta del yeyuno día 14*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	4	10741	2685.35	38.60	0.000
Error	115	8000	69.56		
Total	119	18741			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
1	24	170.99	A
4	24	168.85	A
2	24	153.10	B
5	24	151.72	B
3	24	148.04	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 29

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para profundidad de cripta del íleon día 14*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	4	9225	2306.31	36.53	0.000
Error	115	7260	63.13		
Total	119	16485			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
4	24	156.78	A
1	24	156.09	A
2	24	140.40	B
5	24	138.82	B
3	24	136.86	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 30

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para la relación de altura de vellosidades y profundidad de criptas del duodeno día 14*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	4	53.02	13.2543	142.62	0.000
Error	115	10.69	0.0929		
Total	119	63.71			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
3	24	5.40	A
5	24	4.93	B
2	24	4.44	C
4	24	3.84	D
1	24	3.61	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Anexo 31

*Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para la relación de altura de vellosidades y profundidad de criptas del yeyuno día 14*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	61.27	15.3178	174.24	0.000
Error	115	10.11	0.0879		
Total	119	71.38			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
3	24	5.58	A
5	24	4.96	B
2	24	4.51	C
4	24	3.86	D
1	24	3.62	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Anexo 32

*Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para la relación de altura de vellosidades y profundidad de cripta del ileon día 14*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	24.33	6.08271	69.20	0.000
Error	115	10.11	0.08790		
Total	119	34.44			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
3	24	4.09	A
5	24	3.93	A
2	24	3.55	B
4	24	3.10	C
1	24	2.93	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Anexo 33

#### *Estadísticos descriptivos para los parámetros productivos en la etapa de inicio*

---

Variable	Tratamiento	N	Error estándar de				
			Media	la media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo
Peso Inicial	1	3	46.167	0.504	0.874	45.200	46.900
	2	3	45.383	0.439	0.761	44.900	46.260
	3	3	45.267	0.385	0.667	44.540	45.850
	4	3	45.710	0.612	1.060	44.660	46.780
	5	3	45.087	0.307	0.531	44.630	45.670
Peso Final	1	3	676.05	5.20	9.00	668.86	686.14
	2	3	679.6	10.8	18.8	666.9	701.1
	3	3	697.58	7.50	12.99	688.45	712.46
	4	3	677.61	5.08	8.80	671.86	687.74
	5	3	694.02	4.04	7.00	689.28	702.06
Ganancia de Peso	1	3	629.88	5.64	9.77	622.46	640.94
	2	3	634.2	11.0	19.1	621.9	656.2
	3	3	652.32	7.49	12.97	642.60	667.05
	4	3	631.90	4.53	7.85	627.20	640.96
	5	3	648.93	4.26	7.37	644.32	657.43
Consumo de Alimento	1	3	973.2	30.1	52.2	914.3	1013.4
	2	3	957.5	17.6	30.5	933.9	991.9
	3	3	933.32	8.14	14.10	919.49	947.68
	4	3	968.36	6.75	11.70	961.14	981.85
	5	3	950.5	22.4	38.9	908.8	985.7
Conversión Alimenticia	1	3	1.5452	0.0486	0.0841	1.4599	1.6281
	2	3	1.5096	0.00778	0.0135	1.4953	1.5221
	3	3	1.4312	0.0227	0.0393	1.3984	1.4748
	4	3	1.5327	0.0190	0.0330	1.4995	1.5654
	5	3	1.4652	0.0436	0.0755	1.3823	1.5299

---

## Anexo 34

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para peso inicial*

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	4	2.175	0.5437	0.85	0.524
Error	10	6.386	0.6386		
Total	14	8.561			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media Agrupación</u>
1	3	46.17 A
4	3	45.71 A
2	3	45.38 A
3	3	45.27 A
5	3	45.09 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 35

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para peso etapa de inicio*

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	4	1211	302.7	2.08	0.159
Error	10	1456	145.6		
Total	14	2667			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media Agrupación</u>
3	3	697.58 A
5	3	694.02 A
2	3	679.60 A
4	3	677.61 A
1	3	676.05 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 36

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ganancia de peso etapa de inicio*

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	4	1294	323.5	2.17	0.146
Error	10	1490	149.0		
Total	14	2784			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media Agrupación</u>
3	3	652.32 A
5	3	648.93 A
2	3	634.20 A
4	3	631.90 A
1	3	629.88 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Anexo 37

*Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para consumo de alimento etapa de inicio*

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	4	2981	745.3	0.68	0.623
Error	10	11004	1100.4		
Total	14	13985			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media Agrupación</u>
1	3	973.20 A
4	3	968.36 A
2	3	957.50 A
5	3	950.50 A
3	3	933.32 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Anexo 38

*Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para conversión alimenticia etapa de inicio*

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	4	0.02728	0.006820	2.19	0.144
Error	10	0.03118	0.003118		
Total	14	0.05845			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media Agrupación</u>
1	3	1.54 A
4	3	1.53 A
2	3	1.51 A
5	3	1.47 A
3	3	1.43 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 39

### *Estadísticos descriptivos para los parámetros productivos en la etapa de crecimiento*

---

<b>Variable</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Error estándar de la media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Peso Vivo	1	3	1920.7	11.9	20.6	1908.8	1944.5
	2	3	1992.5	42.4	73.4	1917.3	2064.0
	3	3	2035.3	24.5	42.4	1987.6	2068.5
	4	3	1932.9	25.7	44.6	1902.3	1984.0
	5	3	2009.0	4.03	6.99	2001.0	2013.8
Ganancia de Peso	1	3	1874.5	11.8	20.4	1861.9	1898.1
	2	3	1947.1	42.4	73.4	1872.3	2019.0
	3	3	1990.1	24.8	43.0	1941.7	2023.9
	4	3	1887.2	25.2	43.6	1857.6	1937.3
	5	3	1963.9	4.32	7.48	1955.3	1968.8
Consumo de Alimento	1	3	3733.9	50.7	87.9	3653.5	3827.7
	2	3	3670.8	8.90	15.4	3658.9	3688.2
	3	3	3510.7	32.7	56.7	3455.2	3568.5
	4	3	3693.1	16.1	27.9	3663.1	3718.3
	5	3	3524.9	26.9	46.5	3496.3	3578.6
Conversión Alimenticia	1	3	1.8594	0.0399	0.0690	1.7917	1.9297
	2	3	1.7237	0.0365	0.0632	1.6691	1.7930
	3	3	1.5206	0.0447	0.0774	1.4313	1.5667
	4	3	1.8058	0.0144	0.0250	1.7810	1.8310
	5	3	1.5609	0.0248	0.0430	1.5286	1.6098

---

## Anexo 40

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para peso vivo etapa de crecimiento*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	4	29336	7334	3.80	0.039
Error	10	19287	1929		
Total	14	48623			

### Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
3	3	2035.34	A
5	3	2009.03	A B
2	3	1992.48	A B C
4	3	1932.93	B C
1	3	1920.67	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 41

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ganancia de peso etapa de crecimiento*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	4	29792	7448	3.88	0.037
Error	10	19219	1922		
Total	14	49010			

### Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
3	3	1990.07	A
5	3	1963.94	A B
2	3	1947.10	A B C
4	3	1887.22	B C
1	3	1874.50	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 42

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para consumo de alimento etapa de crecimiento*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	4	124988	31247	11.07	0.001
Error	10	28231	2823		
Total	14	153218			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
1	3	3733.90	A
4	3	3693.10	A
2	3	3670.79	A
5	3	3524.90	B
3	3	3510.70	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Anexo 43

*Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para conversión alimenticia etapa de crecimiento*

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	4	265533	66383	19.26	0.001
Error	10	34467	3447		
Total	14	300000			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
1	3	1.86	A
4	3	1.81	A
2	3	1.72	A
5	3	1.56	B
3	3	1.52	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 44

### *Estadísticos descriptivos para los parámetros productivos en la etapa de acabado*

---

<b>Variable</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Error estándar de la media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Peso Vivo	1	3	3095.8	5.65	9.79	3085.8	3105.4
	2	3	3139.1	45.5	78.8	3066.2	3222.8
	3	3	3294.7	17.3	29.9	3264.2	3324.1
	4	3	3107.2	28.6	49.6	3064.4	3161.6
	5	3	3221.0	8.88	15.4	3207.0	3237.5
Ganancia de Peso	1	3	3049.6	6.14	10.6	3038.9	3060.2
	2	3	3093.9	45.5	78.8	3021.5	3177.9
	3	3	3249.5	17.5	30.4	3218.8	3279.5
	4	3	3061.5	28.0	48.5	3019.8	3114.8
	5	3	3175.9	9.05	15.7	3161.3	3192.5
Consumo de Alimento	1	3	6462.5	66.2	114.6	6386.9	6594.4
	2	3	6256.9	22.4	38.9	6215.3	6292.2
	3	3	6026.4	69.6	120.6	5955.2	6165.6
	4	3	6372.8	43.5	75.4	6288.1	6432.6
	5	3	6067.7	38.5	66.6	6007.2	6139.1
Conversión Alimenticia	1	3	2.0875	0.0212	0.0368	2.0629	2.1298
	2	3	1.9939	0.0257	0.0444	1.9434	2.0270
	3	3	1.8294	0.0301	0.0521	1.7915	1.8889
	4	3	2.0511	0.00926	0.0160	2.0346	2.0667
	5	3	1.8839	0.0152	0.0263	1.8555	1.9074

---

## Anexo 45

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para peso vivo etapa de acabado*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	4	85633	21408	10.81	0.001
Error	10	19799	1980		
Total	14	105432			

### Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
3	3	3294.70	A
5	3	3220.99	A B
2	3	3139.10	B C
4	3	3107.20	B C
1	3	3095.80	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 46

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para ganancia de peso etapa de acabado*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	4	86271	21568	10.95	0.001
Error	10	19698	1970		
Total	14	105969			

### Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
3	3	3249.50	A
5	3	3175.90	A B
2	3	3093.90	B C
4	3	3061.50	B C
1	3	3049.63	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 47

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para consumo de alimento total etapa de acabado*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	4	428034	107009	13.61	0.000
Error	10	78643	7864		
Total	14	506677			

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
1	3	6462.50	A
4	3	6372.80	A
2	3	6256.90	A B
5	3	6067.70	B
3	3	6026.40	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 48

*Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para conversión alimenticia etapa de acabado*

<u>Fuente</u>	<u>GL</u>	<u>SC Ajust.</u>	<u>MC Ajust.</u>	<u>Valor F</u>	<u>Valor p</u>
Tratamiento	4	0.14440	0.036101	25.81	0.000
Error	10	0.01399	0.001399		
Total	14				

Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
1	3	2.08	A
4	3	2.05	A
2	3	1.99	A
5	3	1.88	B
3	3	1.83	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 49

### *Estadísticos descriptivos para el rendimiento de carcasa*

---

<b>Variable</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Error estándar de la media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Peso Vivo	1	6	3268.2	12.8	31.3	3225.0	3305.0
	2	6	3338.2	60.1	147.2	3125.0	3495.0
	3	6	3506.0	27.7	67.8	3392.0	3575.0
	4	6	3356.0	42.2	103.5	3190.0	3485.0
	5	6	3475.8	26.1	64.0	3390.0	3550.0
Peso de Carcasa	1	6	2460.5	18.8	46.1	2403.0	2534.0
	2	6	2559.7	54.2	132.7	2350.0	2692.0
	3	6	2734.3	19.6	48.1	2662.0	2790.0
	4	6	2533.7	42.2	103.3	2392.0	2689.0
	5	6	2695.7	20.4	49.9	2624.0	2764.0
Rendimiento de Carcasa (%)	1	6	75.283	0.360	0.881	74.512	76.974
	2	6	76.657	0.303	0.742	75.200	77.262
	3	6	77.999	0.466	1.142	76.231	79.304
	4	6	75.479	0.377	0.922	74.696	77.159
	5	6	77.558	0.321	0.787	76.605	78.634

---

## Anexo 50

### *Análisis de Varianza y Prueba de Tukey para el rendimiento de carcasa*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamiento	4	35.21	8.8033	10.74	0.000
Error	25	20.50	0.8199		
Total	29	55.71			

### Prueba de Tukey con una confianza de 95%

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
3	6	77.99	A
5	6	77.56	A
2	6	76.66	A B
4	6	75.48	B
1	6	75.28	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Anexo 51

*Elaboración de dietas experimentales*



## Anexo 52

*Recepción de los pollitos bb*



## Anexo 53

*Pollos en etapa de crecimiento*



## Anexo 54

*Pesaje semanal de los pollos*



## Anexo 55

### *Pesaje de la carcasa*

