



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ZOOTECNIA

**Rendimiento y estructura del epitelio intestinal y mermas en la carcasa
de pollos de carne que reciben *Curcuma longa* L. y *Piper nigrum* L. en
la dieta**

TESIS

**Presentada como requisito para
optar el título profesional de
INGENIERA ZOOTECNISTA**

Autora

Bach. Vidarte Saavedra, Flor Adriana

Asesor

Del Carpio Ramos, Pedro Antonio, Dr.
(ORCID id: 0000-0002-0236-1593)

Lambayeque ,11 de agosto de 2021

**Rendimiento y estructura del epitelio intestinal y mermas en la carcasa de pollos
de carne que reciben *Curcuma longa* L. y *Piper nigrum* L. en la dieta**

TESIS

**Presentada como requisito para
optar el título profesional de**

INGENIERA ZOOTECNISTA

Autora: Vidarte Saavedra, Flor Adriana

**Sustentada y aprobada ante el
siguiente jurado**

Ing. Guerrero Delgado, Rafael Antonio, M. Sc. _____
Presidente

Ing. Flores Paiva, Alejandro _____
Secretario

Ing. Corrales Rodríguez, Napoleón, Dr. C. _____
Vocal

Ing. Del Carpio Ramos, Pedro Antonio, Dr. C. _____
Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA



ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL

N° 010- 2021/FIZ

Siendo las 9:00 am. del día miércoles 11 de agosto de 2021, de acuerdo a lo dispuesto en la Resolución N° 117-2021-VIRTUAL-FIZ/D, de fecha 10 de agosto de 2021, que autoriza la sustentación virtual del trabajo de tesis "RENDIMIENTO, ESTRUCTURA DEL EPITELIO INTESTINAL Y MERMAS EN LA CARCASA DE POLLOS DE CARNE QUE RECIBEN CURCUMA LONGA L. Y PIPER NIGRUM L. EN LA DIETA", por la Bachiller Flor Adriana Vidarte Saavedra, se reunieron vía plataforma virtual: <https://meet.google.com/hfi-jvqc-ear> los miembros de jurado designados por Resolución N° 178-2018-FIZ/D de fecha 17 de julio de 2018: Ing. Rafael Antonio Guerrero Delgado, M. Sc. (Presidente), Ing. Alejandro Flores Paiva (Secretario), Napoleón Corrales Rodríguez, Dr. (Vocal), e Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr. (Patrocinador) para evaluar y dictaminar sobre el proyecto de Tesis antes citado, el cual fue aprobado con Resolución N° 007-2020-FIZ/D, de fecha 14 de enero de 2020.

Concluida la sustentación de la tesis por parte de la sustentante, absueltas las preguntas realizadas por los miembros del jurado, así como las aclaraciones del señor patrocinador, los miembros del Jurado se reunieron vía plataforma virtual: <https://meet.google.com/smx-hkkw-mug?authuser=0> para deliberar y calificar la sustentación del Trabajo de tesis: "RENDIMIENTO, ESTRUCTURA DEL EPITELIO INTESTINAL Y MERMAS EN LA CARCASA DE POLLOS DE CARNE QUE RECIBEN CURCUMA LONGA L. Y PIPER NIGRUM L. EN LA DIETA" a cargo de la Bachiller FLOR ADRIANA VIDARTE SAAVEDRA; habiendo acordado APROBAR la tesis con la nota en escala vigesimal de DIECINUEVE equivalente al calificativo de MUY BUENO; recomendando incluir en la redacción del informe final las sugerencias dadas durante la sustentación.

Por lo tanto, la Bachiller en Ingeniería Zootecnia FLOR ADRIANA VIDARTE SAAVEDRA, se encuentra APTA para recibir el Título Profesional de Ingeniero Zootecnista de acuerdo a la ley Universitaria N° 30220 y normatividad vigente de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo y de la Facultad de Ingeniería Zootecnia.

Siendo las 10:30 horas se dio por concluido el presente acto académico firmando en señal de conformidad los miembros de jurado.

Ing. Rafael Antonio Guerrero Delgado, M.Sc.
Presidente

Ing. Alejandro Flores Paiva
Secretario

Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr.
Vocal

Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr.
Asesor

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Vidarte Saavedra, Flor Adriana, investigadora principal, y Del Carpio Ramos, Pedro Antonio, asesor, del trabajo de investigación **Rendimiento y estructura del epitelio intestinal y mermas en la carcasa de pollos de carne que reciben *Curcuma longa* L. y *Piper nigrum* L. en la dieta**, declaramos bajo juramento que este trabajo no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso de que se demuestre lo contrario, asumo responsablemente la anulación de este informe y, por ende, el proceso administrativo a que hubiera lugar, que puede conducir a la anulación del grado o título emitido como consecuencia de este informe.

Lambayeque, mayo de 2021.

Vidarte Saavedra, Flor Adriana

Del Carpio Ramos, Pedro Antonio

DEDICATORIA

Llena de alegría y satisfacción dedico este logro:

A Dios, por haberme permitido culminar mi carrera profesional; por haberme dado una familia que cree en mí y me apoya en cada paso que doy.

A mis padres: *Nixon Vidarte Chonlon*, mi ejemplo de fuerza, y *Juanita Adriana Saavedra Benavides*, mi ejemplo de amor infinito, por ser el pilar fundamental de mi educación y brindarme su apoyo incondicional; por corregirme cuando estaba equivocada; por ser mi ejemplo a seguir y demostrarme que todo se logra con esfuerzo y sacrificio; por enseñarme que por más logros que obtengamos, siempre debemos ser personas sencillas y ayudar a quien necesita de nosotros.

A mis hermanos (*Marvin, Katerin, Jhonatan, María Cristina y Jade*), por su cariño y apoyo en momentos importantes de mi vida; por tantos ratos de felicidad y por estar conmigo en los momentos difíciles, apoyándome siempre para no doblegarme hasta conseguir mis metas.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más grande agradecimiento a todas las personas que cooperaron, directa e indirectamente, para poder llevar a cabo la fase de campo y los análisis de laboratorio en la Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo; sin el esfuerzo de todos ellos hubiese sido imposible sacar adelante esta investigación.

Un agradecimiento especial merece mi asesor, Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr.; gracias a su acertada dirección ha sido posible darle la estructura adecuada al informe y mejorar la interpretación de los resultados obtenidos, con ellos estamos corroborando lo que era una suposición; estoy segura que continuará con las investigaciones en este rubro.

Así mismo, considero pertinente expresar mi agradecimiento a la Facultad de Ingeniería Zootecnia y a la Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo” por la formación profesional recibida.

F.A.V.S.

Resumen

El empleo de sustancias de acción fitobiótica es una estrategia para reemplazar a los antibióticos fármacos en la alimentación animal, estos están vinculados con el resalte de la resistencia bacteriana a los medicamentos en los humanos. Entre los fitobióticos más estudiados se encuentra la cúrcuma, que puede ejercer una serie de efectos benéficos en el organismo del pollo de carne y promover el crecimiento; sin embargo, se ha determinado que buena parte se excreta, necesitando de un potenciador de su absorción. La pimienta ha sido identificada como un posible mejorador de dicho proceso. Se implementó el ensayo con cuatro tratamientos: T1, testigo con APC; T2, 0.1% de cúrcuma; T3, 0.1% de combinación de cúrcuma + pimienta; T4, 0.2% de la combinación. Se combinó 980 gramos de cúrcuma en polvo y 20 de pimienta negra. El ensayo duró 42 días. Los resultados mostraron que con la combinación se mejoró la conversión alimenticia, el incremento de peso y el rendimiento de carcasa. La cúrcuma sola propició mayor longitud de vellosidades intestinales y criptas de Lieberkühn más profundas. Más del 50% de los degustadores tuvieron alta aceptación de la carne del tratamiento con 0.2% de la combinación. La pimienta mejoró los indicadores productivos atribuidos a la cúrcuma.

Palabras clave: Alimentación; fitobióticos; pimienta; cúrcuma; pollos de carne.

Abstract

The use of substances with phytobiotic action is a strategy to replace drug antibiotics in animal feed, these are linked to the highlight of bacterial resistance to drugs in humans. Among the most studied phytobiotics is turmeric, which can exert a series of beneficial effects on the body of meat chicken and promote growth; however, it has been determined that a good part is excreted, requiring an absorption enhancer. Pepper has been identified as an improver possible of this process. The trial was implemented with four treatments: T1, control with APC; T2, 0.1% turmeric; T3, 0.1% turmeric + pepper combination; T4, 0.2% of the combination. 980 grams of turmeric powder and 20 of black pepper were combined. The trial lasted 42 days. The results showed that the combination improved feed conversion, weight gain and carcass performance. Turmeric alone led to longer intestinal villi and deeper Lieberkühn crypts. More than 50% of the tasters had high acceptance of the meat of the treatment with 0.2% of the combination. Pepper improved the productive indicators attributed to turmeric.

Keywords: Food; phytobiotics; Pepper; turmeric; meat chickens.

ÍNDICE

N° Cap.	Título del Capítulo	N° Pág.
	Resumen/ Abstract	vii
	INTRODUCCIÓN	01
I	ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO	
	1.1. Tipo y Diseño de Estudio	03
	1.2. Lugar y Duración	03
	1.3. Tratamientos Evaluados	04
	1.4. Animales Experimentales	04
	1.5. Alimento Experimental	04
	1.6. Instalaciones y Equipo	04
	1.7. Técnicas Experimentales	05
	1.8. Variables Evaluadas	09
	1.9. Evaluación de la Información	09
II	MARCO TEÓRICO	
	2.1. Antecedentes Bibliográficos	11
	2.1.1. Fitobióticos (Fitogénicos)	11
	2.1.2. Efecto de la cúrcuma y pimienta sobre el rendimiento	16
	2.2. Bases Teóricas	24
III	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
	3.1. Consumo de Alimento	26
	3.2. Peso Vivo y de Carcasa, Cambio en el Peso y Rendimiento De Carcasa	28
	3.3. Conversión Alimenticia	30
	3.4. Mérito Económico	34
	3.5. Aceptación de la Carne	35
	3.6. Histometría Intestinal	37
IV	CONCLUSIONES	42
V	RECOMENDACIONES	43
	BIBLIOGRAFÍA	44
	ANEXOS	46

ÍNDICE DE TABLAS

Nº	Título	Pág. Nº
1	Composición (%) de la ración testigo para pollos de carne	05
2	Esquema del análisis de la varianza del diseño completamente al azar	10
3	Consumo de alimento de pollos de carne que recibieron cúrcuma y una combinación de cúrcuma y pimienta en el alimento	26
4	Cambios en el peso vivo, peso y rendimiento de carcasa de pollos de carne que recibieron cúrcuma y una combinación de cúrcuma y pimienta en el alimento	28
5	Conversión alimenticia de pollos de carne que recibieron cúrcuma y una combinación de cúrcuma y pimienta en el alimento	30
6	Mérito económico de pollos de carne que recibieron cúrcuma y una combinación de cúrcuma y pimienta en el alimento	34
7	Aceptación (%) de la carne de pollos que recibieron cúrcuma y una combinación de cúrcuma y pimienta en el alimento	35
8	Histometría del epitelio interno del duodeno de pollos de carne que recibieron cúrcuma y una combinación de cúrcuma y pimienta en el alimento	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	Título	Pág. Nº
1	<i>Tendencia porcentual del consumo de alimento según períodos y acumulado</i>	26
2	<i>Comportamiento porcentual de los cambios de peso según tratamientos, por períodos y acumulado</i>	29
3	<i>Tendencia porcentual de la conversión alimenticia entre tratamientos dentro de períodos</i>	31
4	<i>Aceptación (%) de la carne según tratamientos</i>	35
5	<i>Microfotografía del epitelio duodenal interno de una muestra del T1</i>	38
6	<i>Microfotografía del epitelio duodenal interno de una muestra del T2</i>	38
7	<i>Microfotografía del epitelio duodenal interno de una muestra del T3</i>	39
8	<i>Microfotografía del epitelio duodenal interno de una muestra del T4</i>	39

ANEXOS

Nº	Título	Pág. Nº
01	Prueba de normalidad para el peso inicial	46
02	Prueba de homogeneidad de varianzas con el peso inicial	46
03	Prueba de normalidad para incremento de peso en Inicio	47
04	Prueba de homogeneidad de varianzas con el incremento de peso en Inicio	47
05	Análisis de varianza con el incremento de peso en Inicio	48
06	Prueba de normalidad para incremento de peso en Crecimiento	48
07	Prueba de homogeneidad de varianzas con el incremento de peso en Crecimiento	48
08	Análisis de varianza con el incremento de peso en Crecimiento	49
09	Prueba de normalidad con el incremento de peso en Acabado	49
10	Prueba de homogeneidad de varianzas con el incremento de peso en Acabado	49
11	Análisis de varianza con el incremento de peso en Acabado	50
12	Prueba de normalidad con el incremento de peso acumulado	50
13	Prueba de homogeneidad de varianzas con el incremento de peso acumulado	50
14	Análisis de varianza con el incremento de peso acumulado	51
15	Prueba de normalidad con la longitud de las vellosidades intestinales	51
16	Prueba de homogeneidad de varianzas con la longitud de vellosidades	51
17	Análisis de varianza con longitud de vellosidades intestinales	52
18	Prueba de normalidad con profundidad de criptas de Lieberkühn	52
19	Prueba de homogeneidad de varianzas con profundidad de criptas	52
20	Análisis de varianza con profundidad de criptas de Lieberkühn	53
21	Prueba de normalidad con relación Longitud: Profundidad	53
22	Prueba de homogeneidad de varianzas con relación Longitud: Profundidad	53
23	Análisis de varianza con la relación Longitud: Profundidad	54

INTRODUCCIÓN

En el afán de lograr alimentos seguros para la población, la investigación pecuaria se ha dirigido a evaluar productos vegetales que podrían reemplazar a los antibióticos promotores del crecimiento (APC), con la finalidad de mermar las posibilidades de la resistencia a los antibióticos.

Esto es importante, toda vez que la salud del consumidor es la prioridad en la producción de alimentos de origen animal.

Dentro de las especies vegetales que se investigan se encuentra la cúrcuma; sin embargo, los estudios detallados indican que una parte importante de su componentes no se absorberían a través del tracto gastrointestinal y se requeriría de otra especie para potenciar su beneficio. Según Shoba *et al.* (1998), las propiedades farmacocinéticas de la curcumina indican que después de la administración oral, se absorbe poco y sólo aparecen rastros del compuesto en la sangre, mientras que la mayor parte se excreta en las heces. La transformación de la curcumina en un compuesto no identificado durante la absorción y su glucuronidación en el hígado son, probablemente, responsables de su baja concentración en la sangre.

La misma fuente (Shoba *et al.*, op. cit.) indica que la pimienta negra (*Piper nigrum* L) y la pimienta larga (*Piper longum* L) se han utilizado como especias desde la antigüedad en todo el mundo. Un componente principal de las especies de *Piper* es el alcaloide piperina (1-piperoilpiperidina), del que se había informado que aumentaba la biodisponibilidad de los fármacos mediante la inhibición de la glucuronidación en el hígado y el intestino delgado.

Formulación del Problema

Las investigaciones en las que se ha evaluado el empleo de especies vegetales para reemplazar a los APC no siempre han dado resultados positivos; se dan una serie de

interacciones al interior del aparato digestivo que podrían disminuir la acción benéfica. Se dispone de información que indica que el empleo de pimienta podría mejorar la acción benéfica de la cúrcuma, por lo que se plantea la siguiente interrogante: ¿Podrá mejorarse el incremento de peso, conversión alimenticia, mérito económico, rendimiento de carcasa, aceptación de la carne, mantenerse una adecuada estructura del epitelio interno del intestino delgado de pollos de carne que reciben cúrcuma con pimienta en la dieta?

Para enfrentar este problema se planteó la realización del presente ensayo, considerando la siguiente **hipótesis**.

El empleo de cúrcuma con pimienta en la dieta de pollos de carne permitirá obtener mejor incremento de peso, conversión alimenticia, mérito económico, rendimiento de carcasa, aceptación de la carne, y adecuada estructura del epitelio interno del intestino delgado.

Objetivos:

1. Determinar y evaluar el consumo de alimento;
2. Determinar y evaluar los incrementos de peso;
3. Determinar y evaluar la eficiencia técnica de utilización del alimento;
4. Determinar y evaluar la eficiencia económica del alimento;
5. Determinar y evaluar el peso y rendimiento de carcasa;
6. Determinar y evaluar el grado de aceptación de la carne.
7. Determinar la longitud (L) de las vellosidades intestinales, profundidad (P) de criptas de Lieberkühn y relación L: P.

I. ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO

1.1. Tipo y Diseño de Estudio

El tipo de investigación del presente ensayo es cuantitativo-propositivo; ya que se emplean información cuantificada y porque propone solución a un problema. Así, se emplean datos (cifras de incrementos de peso, de conversión alimenticia, etc.) para responder a la interrogante planteada (¿Podrá mejorarse el rendimiento, mantenerse una adecuada estructura del epitelio interno del intestino delgado y disminuirse las mermas en las carcasas de pollos de carne que reciben cúrcuma con pimienta en la dieta?), la tipificación y el diseño pueden encontrarse en Bunge (1972) y Hernández et al. (2010). Debido a que el investigador manipuló a la variable independiente (los tratamientos) y determinó y evaluó el efecto de esta manipulación sobre las variables dependientes (consumo de alimento, incremento de peso, conversión alimenticia, etc.), la investigación fue experimental.

1.2. Lugar y Duración

La fase de campo (crianza de los pollos) se desarrolló en el galpón experimental de aves de la Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”, en la ciudad de Lambayeque, provincia y departamento del mismo nombre.

La ciudad de Lambayeque se encuentra a 10 Km hacia el norte de la ciudad de Chiclayo (capital departamental), en la costa norte del Perú. Lambayeque se encuentra en una región en que la precipitación pluvial es escasa, con excepción de los veranos en que se presenta el fenómeno climatológico El Niño. Durante el verano la temperatura máxima llega a 32°C y la mínima a 22°C, durante el invierno se registran máximas de 27°C y mínimas de hasta 15°C. La humedad relativa del aire es de 60 a 70%. Por lo que se puede asumir que las condiciones climáticas se ajustan para la producción del pollo de carne.

1.3. Tratamientos Evaluados

Se evaluó los siguientes tratamientos:

T₁ : Testigo, dieta con APC

T₂ : Dieta con 0.1% de cúrcuma, sin APC

T₃ : Dieta con 0.1% de combinación cúrcuma: pimienta, sin APC

T₄ : Dieta con 0.2% de combinación cúrcuma: pimienta, sin APC

1.4. Animales Experimentales

Se utilizó cien pollos de carne de la línea Cobb 500, de un día de edad y de ambos sexos, provenientes de una planta incubadora de la ciudad de Trujillo y fueron transportados por vías terrestre.

1.5. Alimento Experimental

Se preparó raciones similares en contenido de proteína y energía metabolizable para Inicio (días 1 a 14), Crecimiento (días 15 a 28) y Acabado (días 29 a 42). Las fórmulas porcentuales para el tratamiento testigo se presentan en la Tabla 1.

La cúrcuma y la pimienta se adquirieron en el mercado mayorista de la ciudad de Chiclayo y se incorporaron a la fórmula alimenticia en forma de harina. Para el caso del tratamiento 2 se empleó sólo cúrcuma, para los tratamientos 3 y 4 se combinó 980 gramos de cúrcuma y 20 gramos de pimienta. La combinación se hizo considerando lo mencionado por Shoba *et al.* (1998).

1.6. Instalaciones y Equipo

- Corrales, hechos con cartón y con cama de cascarilla de arroz.
- Comederos y bebederos de plástico
- Balanza tipo reloj.
- Balanza electrónica, con una precisión de 1 g.
- Cintas de plástico y plumón de tinta indeleble

- Planillas de registros para pesos corporales, suministro y residuo de alimento.
- Equipo para sacrificio de pollos.
- Equipo para análisis de epitelio intestinal y microfotografía.
- Además del equipo típico de una granja avícola.

Tabla 1. Composición (%) de la ración testigo para pollos de carne

Insumos	Inicio	Crecimiento	Acabado
Maíz amarillo, gano molido	59.00	61.00	64.83
Afrecho de trigo	01.00	01.00	01.00
Torta de soja	31.94	33.00	30.00
Harina de pescado	03.00	-----	-----
Aceite de soja	01.50	02.00	02.00
Carbonato de calcio	01.83	01.52	01.32
Fosfato di-cálcico	01.15	00.61	00.50
Pre-mezcla vitamínico-mineral	00.10	00.10	00.10
Bio Mos	00.10	00.10	00.10
Cloruro de colina	00.20	00.15	00.10
Bicarbonato de sodio	00.05	00.05	00.05
DL-Metionina	00.19	00.05	00.05
Sal común	00.18	00.16	00.14
Coccidiostato	00.05	00.05	00.05
Mold Zapp	00.05	00.05	00.05
Allzyme SSF	0.06	00.06	00.06
Zinc-Bacitracina	00.10	00.10	00.10
TOTAL	100.00	100.00	100.00
Aporte estimado de*:			
Proteína cruda	21.04	19.40	18.83
EM, Mcal/ kilo	03.10	03.20	03.25

* Según McDOWELL *et al.* (1974)

1.7. Técnicas Experimentales

Las instalaciones se adecuaron con anticipación a la llegada de los pollos; se desinfectaron con amonio cuaternario y glutaraldehído y se hizo vacío sanitario.

Los pollitos se asignaron al azar a cada uno de los corrales implementados e inmediatamente fueron identificados y pesados, la información se registró en libreta de campo para luego ser trasladada a una hoja de cálculo; lo que también se hizo en las pesadas posteriores (14, 28 y 42 días de edad). El ensayo de alimentación tuvo una

duración de 42 días. La densidad de crianza considerada fue de 6 pollos por metro cuadrado.

Los insumos para preparar las raciones fueron adquiridos en el mercado mayorista de la ciudad de Chiclayo y se verificó que estuvieran en condiciones óptimas. La combinación de insumos se hizo en piso de concreto, limpiado y desinfectado, con ayuda de palana y se aplicó un proceso de “mezclado progresivo” para conseguir la mayor homogeneización. La cúrcuma o la combinación cúrcuma: pimienta se incorporaron sobre la ración testigo (sin APC) reemplazando la misma fracción de maíz, debido a la pequeña proporción se estimó que no se desequilibró el aporte de energía y proteína. Una vez que se terminó la preparación se pusieron en sacos de polipropileno debidamente identificados.

El alimento fue suministrado en cantidades pesadas y el consumo fue determinado por diferencia entre el suministro y el residuo.

Finalizada la crianza se tomaron en forma completamente al azar cuatro pollos (dos machos y dos hembras) de cada tratamiento y se sacrificaron. El proceso implicó: aturdimiento (rotura de la cuerda dorsal en las primeras vértebras cervicales), degüello, sangrado, escaldado (agua a 70°C), desplumado, eviscerado y obtención de la carcasa, cada una fue pesada y se registró el dato en la libreta de campo. En ningún momento los animales fueron maltratados. Hasta el sangrado los pollos fueron inmovilizados en un embudo de sacrificio.

Se aprovechó para tomar muestras del duodeno, se lavaron con agua corriente y se pusieron en recipientes con formol (10%) y refrigeración para ser trasladados al laboratorio de Patología de la Universidad Privada Antenor Orrego (Trujillo) en donde se aplicó el procedimiento para determinar la longitud de vellosidades intestinales y profundidad de criptas de Lieberkhüm. El procedimiento completo para la determinación

de estos datos ha sido descrito por Ordóñez (2018); que en resumen manifiesta lo siguiente:

Se tomó muestras de 3-4 cm de asa intestinal (duodeno) y se conservaron en formol al 10 % (Shiva *et al.*, 2012). Luego se realizó la metodología de Zea (2011) en el que se procedió a retirar el fijador y lavar con agua por un tiempo de 12 horas, para luego realizar la deshidratación, que se llevó a cabo de la siguiente manera:

- Dos baños con alcohol de 70° por 1 hora cada uno.
- Dos baños con alcohol de 95° por 3 horas cada uno, hasta 21 horas con alcohol de 100° cambiándolo luego por alcohol-xilol, mezcla de ambas sustancias en proporciones iguales por media hora.
- Dos baños con xilol puro, de media hora cada uno, hasta que las muestras se vean transparentes.

Las muestras deshidratadas y aclaradas se incluyeron en parafina, las mismas que se mantuvieron semilíquidas en estufa a 60°C, se vertieron en moldes hasta su solidificación a medio ambiente; obteniéndose el molde de parafina, seguidamente con un micrótopo de rotación se realizaron los cortes de un espesor de 10 micras. Estos cortes se extendieron en gelatina, se colocaron en láminas portaobjetos y se llevaron a la plancha a secar por 24 horas.

Se finalizó con la tinción núcleo citoplasmática utilizando colorante de Hematoxilina y Eosina, en el siguiente orden:

1. Des-parafinado en xilol por 5 minutos.
2. Des-parafinado en alcohol por 5 minutos.
3. Des-parafinado en alcohol de 95° por 5 minutos.
4. Des-parafinado en alcohol de 70° por 5 minutos.

5. Des-parafinado en agua destilada por 5 minutos.
6. Coloreado con hematoxilina por 2 a 3 minutos.
7. Lavado con alcohol de 95° por 1 minuto.
8. Deshidratación en alcohol absoluto por 5 minutos.
9. Aclaración en xilol mediante 3 cambios por 5 minutos cada uno.
10. Montaje de la muestra en una laminilla con una gota de Bálsamo de Canadá.

Se realizó la medición de la estructura de la mucosa intestinal (altura de vellosidades y profundidad de criptas) en los cortes fijados en las láminas, cada lamina con 3 cortes. De cada lámina fueron registradas 10 medidas para cada estructura. La captura de imágenes se realizó utilizando un microscopio óptico binocular de la marca Primo Star, con cámara fotográfica Carl Zeiss incorporada y conectado a un computador; la medición se realizó utilizando el software Zen 2012 de Carl Zeiss.

Se realizó una prueba de degustación con la carne de la pechuga de cada uno de los tratamientos con 25 degustadores semi entrenados (estudiantes, profesores y administrativos de la Facultad de Ingeniería Zootecnia) e informados, que indicaron sus preferencias de 1 (muy poco) a 15 (excelente). En ningún momento los degustadores supieron de que tratamiento procedió la muestra. Este procedimiento también ha sido descrito por Ordóñez (2018).

La crianza tuvo en consideración un programa sanitario que estuvo basado en la bio-seguridad (no ingreso de personas ajenas al ensayo, programa estricto de vacunaciones contra Gumboro y New Castle-Bronquitis, desinfección de calzado y ropa antes de ingresar a la zona de crianza con un producto comercial a base de amonio cuaternario y glutaraldehído, etc.)

1.8. Variables Evaluadas

- Consumo de alimento, Kg.; determinado por diferencia entre las cantidades suministradas y los residuos.
- Peso y cambios en el peso vivo, g.; determinados mediante pesadas los días 1, 14, 28 y 42.
- Conversión alimenticia, Kg., determinada mediante la relación de pesos del alimento consumido y el peso incrementado; de tal forma que un valor menor indicó mayor eficiencia en el uso de alimento.
- Mérito económico, soles, determinado mediante la relación de dinero gastado en alimento y el peso incrementado; de manera similar a la conversión alimenticia, valores menores indicaron mayor eficiencia económica.
- Rendimiento de carcasa, %, determinado mediante la relación de pesos de la carcasa y el peso vivo inmediatamente antes del sacrificio.
- Grado de aceptación de la carne, puntuación de 1 a 15; de muy poca a mucha aceptación, respectivamente.
- Longitud de vellosidades y profundidad de criptas, ambas en uM. Relación longitud: profundidad.

1.9. Evaluación de la Información

Para la evaluación estadística de la información se tuvo en cuenta el siguiente planteamiento de hipótesis:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_1: \text{AL MENOS UNA MEDIA ES DIFERENTE}$$

Las que se contrastaron mediante un Diseño Irrestrictamente al Azar que respondió al siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \xi_{ij}$$

En el que:

Y_{ij} , fue la variable a evaluar; μ , es el verdadero efecto medio; τ_i , fue el verdadero efecto del i -ésimo tratamiento; ξ_{ij} , fue el verdadero efecto de la j -ésima unidad experimental sujeta a los efectos del i -ésimo tratamiento.

Se toleró una máxima probabilidad de 5% de cometer error de tipo I (Ostle, 1979; Scheffler, 1982).

La evaluación se realizó a través de la aplicación del análisis de la varianza para el diseño indicado; antes de aplicarlo se corroboró la normalidad mediante la prueba de Kolgomorov-Smirnov, en tanto que la homocedasticidad a través de la prueba de Levene.

En la Tabla 2 se presenta el esquema del análisis de la varianza, sólo en los casos en que el valor de F resultó significativo se aplicó la prueba de recorrido múltiple de Tukey. Para la totalidad del análisis estadístico se aplicó el software estadístico Minitab 15.

Tabla 2. Esquema del análisis de la varianza del diseño completamente al azar

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	Significación
Media	M_{yy}	1	M	---	----
Tratamientos	T_{yy}	$t - 1 = 3$	T	T/E	$P < 0.05$, $P < 0.01$
Residual	E_{yy}	$t(n - 1) = 96$	E		
Total	ΣY^2	$tn = 100$			

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Bibliográficos

2.1.1. Fitobióticos (Fitogénicos)

Conforme han indicado Deminiciis et al. (2021), los fitobióticos, también denominados como fitogénicos, tienen una serie de peculiaridades para mejorar la producción avícola a través de su uso en el alimento.

Los aditivos alimenticios fitogénicos [están] basados en plantas, sustancias naturales usadas en nutrición animal, y derivan de hierbas, especias, otras plantas y sus extractos, y aceites esenciales. [...] no tienen efectos constantes sobre el rendimiento avícola debido, principalmente, a diferencias en origen, procesamiento y composición botánica. Las hierbas, especias, aceites esenciales, y extractos de plantas contienen una amplia variedad de sustancias químicas.

Existe un considerable interés en los aditivos alimenticios fitogénicos para la alimentación animal debido a su habilidad para mejorar el rendimiento, en tanto se mantiene un ambiente intestinal saludable. Los fitogénicos usados como promotores naturales del crecimiento en nutrición animal han evidenciado proporcionar un retorno sobre la inversión. Así mismo, probaron que pueden reducir las emisiones de amonio, metano y de otros gases de efecto invernadero.

Los componentes generados a partir del metabolismo especial de vegetales también han demostrado funciones con propiedades antivirales, antioxidantes, inmunomodulatorias, antiinflamatorias, y antifungales.

Así mismo, Fascina et al. (2017) indicaron que la creciente demanda de carne de aves domésticas en el mercado mundial conduce a los productores a emplear sus instalaciones a su máxima capacidad aplicando altas densidades poblacionales, lo que, a su vez, puede aumentar el desafío de salud de los lotes de pollos. Así mismo, la alta

densidad de población combinada con factores ambientales estresantes influiría negativamente en el sistema inmunológico de las aves, incrementando la susceptibilidad a los patógenos, reduciendo la efectividad de las respuestas a las vacunas y ocasionando mayores tasas de carcasas decomisadas. Resaltando que, en consecuencia, exista un mayor desafío para la salud, lo que resulta en un mayor uso de APC y coccidiostatos para mejorar el rendimiento del crecimiento y suprimir la replicación de patógenos intestinales.

En una revisión sistemática realizada por Deminiciis et al. (2021) se indicó que la ganancia de peso de los pollos incrementó con el uso de aditivos fitogénicos (5%) y con el empleo de antibióticos (1%) en relación con el control. En consecuencia, indican que, hubo un efecto sobre la tasa de conversión alimenticia, la que mostró una reducción con el uso de aditivos fitogénicos o antibióticos (5.6%). Con respecto al grosor de la mucosa intestinal, disminuyó con la aplicación de aditivos alimenticios fitogénicos (2.6%) y antibióticos (21.1%) en relación con el control. En cuanto al grosor muscular intestinal se detectó un incremento de 81.4% con los fitogénicos con respecto a la dieta basal control. Comparando los datos sobre histomorfología de la pared intestinal, el empleo de fitogénicos y antibióticos comerciales incrementó la longitud de vellosidades en 13.6 y 9.3%, respectivamente, en relación con el no empleo (dieta basal control). Con relación a la profundidad de criptas, fue posible identificar una disminución con el uso de fitogénicos (1.1%) y un incremento con el empleo de antibióticos (7%) en comparación con el control. En consecuencia, hubo un impacto directo sobre la relación vellos/ criptas, lo que resultó en un incremento de 35% para fitogénicos y un 50.7% de disminución para los antibióticos cuando se hizo la comparación con el no empleo (dieta control).

Como consecuencia de su revisión, estos autores realizaron estimación de promedios de características histomorfológicas del epitelio intestinal de una cantidad

importante de experimentos con dietas control, fitobióticos y antibióticos y estimaron promedios de características histomorfológicas para dietas “control”, “fitobióticos” y “antibióticos” y estimaron promedios, respectivamente para las dietas en el orden mencionado, de 781.03, 875.40 y 1000.75 um para longitud de vellos; 136.76, 141.32 y 186.10 um para profundidad de cripta y de 5.88, 7.78 y 8.20 para la relación longitud de cello/ profundidad de cripta.

Bajo estas circunstancias dejar de emplear APC puso a los productores en una encrucijada, caracterizada por pérdidas económicas ya que se disminuiría la eficiencia de la conversión alimenticia; toda vez, que bajo las condiciones descritas por los investigadores nada evitaría la proliferación de las bacterias patógenas en desmedro de las benéficas en el epitelio intestinal, o que se manifiesten procesos auto oxidativos, entre otros; siendo necesaria la determinación y empleo de alternativas a los APC.

Con relación a los fitobióticos que son el punto central del presente trabajo de investigación, se dispone de información que indica que el tinte amarillo de la cúrcuma, denominado “curcumina”, “cur” o diferuloilmetano, ha sido reconocido como el principal componente bioactivo de la cúrcuma, con una multitud de efectos que incluyen actividades antimicrobianas, antiinflamatorias, antioxidantes, antiproliferativas, gastroprotectoras, antiartíficas y neuroprotectoras. Se ha informado que la adición de curcumina en las dietas de los animales puede mejorar la digestibilidad y el metabolismo de los nutrientes al estimular la secreción de ácidos biliares y activar las actividades de los enzimas digestivos. Además, puede mejorar la acción de los biomarcadores de la función hepática, reducir el colesterol en sangre y modular la arquitectura del intestino delgado. Sin embargo, la curcumina se ha caracterizado por su escasa biodisponibilidad relacionada con una baja tasa de absorción, un metabolismo rápido y una rápida eliminación sistémica del cuerpo. No obstante, se podrían usar muchas estrategias

posibles para superar estos problemas. Los adyuvantes, liposomas, complejos de fosfolípidos, micelas y nano partículas constituyen formulaciones prometedoras que parecen prolongar el tiempo de circulación, aumentar la permeabilidad y mejorar la resistencia a los procesos metabólicos (Badran et al., 2020).

Con relación a la pimienta negra y sus componentes de acción fitobiótica, se ha determinado que la piperina (1-piperoil-piperidina) es un componente alcaloide importante de la pimienta negra (*Piper nigrum* L.) y pimienta larga (*Piper longum* L.), y es responsable de su gusto pungente y mordiente; estas se han empleado como condimento en culinaria y como ingrediente en medicina alternativa para el tratamiento de bronquitis y asma. Entre sus actividades químico-biológicas, la piperina presenta propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias y antioxidantes. También aumenta la biodisponibilidad de ciertos medicamentos en el organismo y actúa como factor quimiopreventivo contra los pro-carcinógenos activados por el citocromo p-450 (Cardoso et al., 2012).

La misma fuente considera que se ha determinado que los principios activos de los aditivos fitogénicos son absorbidos en el intestino por los enterocitos y el organismo los metaboliza rápidamente. Se indica que la piperina induce alteraciones en la dinámica de la membrana y las características de permeación, así como en la síntesis de proteínas asociadas con la función cito esquelética, lo que resulta en un aumento de la superficie de absorción del intestino delgado. Así mismo, se mencionó que la administración de piperina por sonda (170 mg/ kg de peso corporal) o intraperitoneal (85 mg/ kg de peso corporal) a ratas albinas macho permitió absorción eficiente (alrededor de 97%), y su paso a través del intestino indicó que la concentración más alta en el estómago e intestino delgado se produjo, aproximadamente, a las seis horas; indicándose que, sólo se detectaron trazas (menos del 0.15%) en suero, riñón y bazo entre los 30 minutos y 24

horas. Según los autores, el rápido metabolismo y corta vida de la piperina indican un bajo riesgo de acumulación en el tejido. Citan a investigadores que mencionaron que, mientras trabajaban con pollos de carne, encontraron que la piperina administrada por vía oral no interfirió con el aumento de peso o el peso relativo del hígado. Sin embargo, complementaron, que se observaron cambios histopatológicos de manera dependiente de la dosis, indicando que 1,12 mg de piperina/ kg por vía oral no fue tóxico para los pollos. Complementan su revisión indicando que, además de ser un compuesto natural que no produce residuos detectados en el animal ni en sus productos derivados, la piperina se aísla fácilmente en grandes cantidades y ha mostrado interesantes efectos biológicos en estudios desarrollados en mamíferos; lo que deja un amplio campo de aplicación para la producción avícola.

Así mismo, Puvaca et al. (2014) publicaron un artículo de revisión para presentar características y efectos fitobióticos, especialmente de pimienta negra y pimientos rojos y sus componentes Bioactivos en la nutrición del pollo de carne. Con respecto a la pimienta negra mencionaron que:

Es una enredadera flores perteneciente a la familia *Piperaceae*, género *Piper* y especie *Piper nigrum* [...], los compuestos de eficiencia de la pimienta consisten en cupsaesina, cupsisina y cupsantina y algunos de ellos pueden aliviar los dolores reumáticos. La piperina es uno de los compuestos de la pimienta negra que tiene efecto anti-dolor; además, esta molécula bioactiva, [...] tiene un gran impacto farmacológico sobre el sistema nervioso y neuromuscular y puede ayudar en la digestión [...]. Se descubrió que la pimienta negra es rica en glutatión peroxidasa y glucosa-6-fosfato deshidrogenasa, en tanto que la piperina puede aumentar drásticamente la absorción de selenio, vitaminas del complejo B, β -caroteno y curcumina, así como otros nutrientes [...]. La piperina mejora la

termogénesis de los lípidos y acelera el metabolismo energético en el cuerpo y también aumenta la producción de serotonina y β -endorfina en el cerebro [...]. Se ha encontrado que la pimienta tiene propiedades antioxidantes y efecto anticancerígeno, especialmente en comparación con el ají [...]. La capa exterior de la fruta contiene importantes terpenos que contribuyen al olor, como el pireno, sabineno y limoneno, que le confiere propiedades sabrosas. [...]. La piperina induce alteraciones en la dinámica de la membrana y las características de permeación; así como la síntesis de proteína asociadas con la función citoesquelética, lo que resulta en un aumento de la superficie de absorción del intestino delgado [...].

2.1.2. Efecto de la cúrcuma y pimienta sobre el rendimiento

ELnaggar et al. (2021) evaluaron el efecto de la combinación de pimienta y cúrcuma sobre el rendimiento productivo y respuestas fisiológicas de codornices japonesas. Se empleó la misma dieta basal para los grupos experimentales, suplementada con 0.0%, 2% de cúrcuma en polvo/ kg de alimento; 0.5% de pimienta negra en polvo/ kg de alimento, y 2% de cúrcuma + 0.5% de pimienta por kg de alimento. Los resultados mostraron que la suplementación dietética de cúrcuma y pimienta negra, solos o en combinación, presentaron mejor peso, ganancia de peso y conversión alimenticia en comparación con el control. Los investigadores concluyeron que la combinación de 0.5% de pimienta negra con 2% de cúrcuma puede mejorar el rendimiento productivo.

Badran et al. (2020) evaluaron el efecto de la inclusión dietética de curcumina (Cur) o nano partículas de curcumina (CurNPs) sobre el rendimiento del crecimiento de pollos de carne. Se implementó siete tratamientos (Control, 25 Cur, 50 Cur, 100 Cur-mg de curcumina/ Kg, 25 Cu NPs, 50 CurNPs, 100 CurNPs-mg de nano partículas de curcumina/ Kg). Respectivamente para los tratamientos en el orden mencionado, entre

los días 1 – 35, se obtuvo: 48.39, 48.58, 49.73, 50.32, 48.90, 50.72 y 51.20 g de incremento de peso; 75.02, 72.99, 75.72, 76.11, 75.18, 77.92 y 77.39% de rendimiento de carcasa. En comparación con el grupo control, la adición de 50 y 100 mg/ kg tanto de Cur como CurNPs mejoró el incremento de peso ($P<0.001$). Independientemente de la forma de Cur, la adición de 50 y 100 mg/ kg mejoró la conversión alimenticia durante el inicio ($P<0.004$), crecimiento y acumulado ($P<0.001$). Concordando con los resultados reportados por diferentes investigadores en la mejora del crecimiento y la eficiencia de utilización del alimento.

Aikpitanyi et al. (2019) realizaron un estudio para evaluar el crecimiento y características de la carcasa de pollos de carne que recibieron en la dieta jengibre (*Zingiber officinale* L.) y pimienta negra (*Pipiper guineense* Schum & Thonn). El tratamiento 1, que fue el control, sin aditivos; tratamiento 2 tuvo 0.5% de jengibre en polvo; tratamiento 3 tuvo 0.5% de pimienta negra en polvo; en tanto que el tratamiento 4 tuvo una combinación de 0.25% de jengibre y 0.25% de pimienta negra. Respectivamente para los tratamientos en el orden mencionado, se obtuvo: 1821.77, 2299.09, 2198.92 y 2205.16 g de ganancia de peso; 4420.71, 5130.14, 5091.60 y 5021.19 g de alimento consumido; 2.43, 2.23, 2.31 y 2.28 kg/ kg de conversión alimenticia. Sus resultados mostraron que la adición de jengibre y pimienta negra a la dieta de pollos de carne condujo a la obtención de diferencias significativas ($P<0.05$) en indicadores de peso y alimento.

Nascimento et al. (2019) condujeron un estudio para evaluar los efectos de *Curcuma longa* sobre el rendimiento del crecimiento, integridad intestinal y actividad antimicrobial de pollos colonizados por *Salmonella typhimurium*. En el duodeno de pollos de 21 días de edad, respectivamente para con y sin salmonela, obtuvieron 1542.5 y 1372.2 um ($P<0.05$) en longitud de vellos; 264.8 y 228.7 um ($P<0.05$) para profundidad

de cripta, y 5.97 y 6.20 ($P<0.05$) para la relación longitud: profundidad. A los 35 días se obtuvo 1558.5 y 1505.7 μm para longitud ($P>0.05$), 308.45 y 299.43 μm para profundidad ($P>0.05$), y 5.28 y 5.19 para longitud: profundidad ($P>0.05$). Los autores consideraron que la longitud de las vellosidades y la relación entre las vellosidades de las criptas son marcadores de la integridad de la mucosa y la función. Como se observó en el estudio, a los 21 días el patógeno había comprometido el epitelio intestinal del duodeno, lo que resultó en un aumento de la altura de la vellosidad y una disminución en la proporción vellosidad: cripta. Las vellosidades más altas indican una mayor capacidad digestiva; sin embargo, la débil relación entre estas evaluaciones sugiere que se habría producido una proliferación celular para restaurar las vellosidades que fueron destruidas. Citaron a dos fuentes que indican que una menor relación vellosidad: cripta indica la presencia de vellosidades destruidas y una mayor proliferación celular en las criptas, como resultado de un intento de restaurar el epitelio intestinal dañado y superar el desafío microbiológico en el intestino. En los pollos no infectados alimentados con dieta suplementada con 2 y 3% de *C. longa*, se observó acción trófica en la mucosa intestinal del duodeno, influyendo en la proliferación celular y aumentando la altura de las vellosidades. Entre las concentraciones evaluadas, las vellosidades fueron más altas en el grupo infectado con *Salmonella typhimurium* con suplementación de 3% de *C. longa*.

Arslan et al. (2017) investigaron los efectos de la cúrcuma sobre el rendimiento del crecimiento, respuesta inmune, colesterol sérico y características de la carcasa de pollos de carne hasta los 35 días de edad. Se implementaron cuatro grupos experimentales (0, 0.5, 1.0 y 1.5% de cúrcuma en polvo en el alimento). Respectivamente para los grupos experimentales, en el orden mencionado, se obtuvo 1457.96, 1472.53, 1565.30 y 1576.30 g de peso corporal ($P<0.05$); 1411.40, 1426.71, 1518.22 y 1529.35 g de peso incrementado ($P<0.05$); 1.85, 1.76, 1.68 y 1.62 kg/kg de conversión alimenticia ($P<0.05$).

Los investigadores asumieron que la influencia positiva de la cúrcuma pudo deberse a que incrementó la longitud de las vellosidades y disminuyó el pH del intestino; disminución de los microbios intestinal, incrementando selectivamente el conteo de lactobacilos; mejoramiento de la secreción de enzimas digestivos y, en consecuencia, de la absorción. Así mismo, incrementando la producción de bilis permitiendo mejor digestión de la grasa.

Attia et al. (2017) realizaron un ensayo para investigar el potencial como promotor del crecimiento de diferentes concentraciones dietéticas de cúrcuma, se implementó seis tratamientos: T₁, control; T₂, 0.5; T₃, 1; T₄, 2 g de cúrcuma/ kg de dieta; T₅, 1 g de manan oligosacáridos (MOS)/ kg de alimento, y T₆, 50 mg de oxitetraciclina/ kg de alimento. Respectivamente para los tratamientos en el orden mencionado, de 1 a 35 días, se obtuvo 1718, 1833, 1838, 1735, 1792 y 1781 g de ganancia de peso ($P>0.05$); 1.82, 1.83, 1.68, 1.69, 1.84 y 1.75 de conversión alimenticia ($P>0.001$); 72.7, 68.1, 69.4, 69.9, 68.7 y 66.6% de rendimiento de carcasa ($P<0.006$). Los resultados indicaron que la cúrcuma puede usarse en 1 kg/ tonelada de alimento como una alternativa a la oxitetraciclina o MOS, sin efectos negativos sobre los rasgos productivos y económicos de los pollos de carne.

Ürüsan y Bölükbaşı (2017) condujeron un estudio para determinar el efecto de cúrcuma en polvo a diferentes cantidades (0, 2, 4, 6, 8, 10 g/kg) y una dosis sencilla de clortetraciclina (10 mg/ kg) en la dieta de pollos de carne sobre el comportamiento productivo, rendimiento de carcasa y microflora intestinal. Para los tratamientos, en el orden mencionado, a los 42 días de edad, se obtuvo: 2455.98, 2495.15, 2391.25, 2463.23, 2376.85, 2276.10 y 2448.73 g/ pollo de incremento total de peso; 3971.78, 3825.45, 4030.88, 3955.55, 3893.48, 3595.18 y 4172.43 g de alimento consumido; 1.62, 1.53, 1.69, 1.61, 1.64, 1.58 y 1.71 de conversión alimenticio; 75.80, 73.95, 74.48, 74.86, 75.22, 74.96

y 75.18% de carcasa caliente. En las tres primeras variables hubo diferencias significativas ($P<0.05$). Los autores indicaron que, según los datos, la cúrcuma en polvo disminuyó significativamente la ingestión de alimento al final del estudio; la ingestión y la ganancia de peso fueron menores en el grupo que recibió 10 g/ kg. Excepto con la dosis más alta, tanto el consumo como el incremento de peso fueron mejores con 2 g/ kg que en el control y con el grupo que recibió antibiótico. La suplementación de 10 g/ kg mejoró significativamente la conversión alimenticia, se asumió que esto se debió principalmente a la reducción del consumo; mencionaron que la cúrcuma tiene efectos importantes al incrementar la actividad de enzimas digestivos y disminuir la viscosidad del intestino al incrementar los efectos beneficiosos del pienso.

Barad et al. (2016) investigaron el efecto de suministrar semillas de culantro, pimienta negra y cúrcuma en polvo, como promotores del crecimiento en el alimento de pollos de carne sobre el rendimiento del crecimiento, características de la carcasa y perfil sanguíneo. Se implementaron cuatro tratamientos iso-nutritivos: I, dieta basal, control, sin aditivos; II, dieta basal con 2% de semillas de culantro; III, dieta basal con 2% de cúrcuma en polvo; y IV, dieta basal con 0.5% de pimienta negra. Para los tratamientos en el orden mencionado se obtuvo 3140.1, 3367.9, 3422 y 3333.9 g/ ave de consumo de alimento; 1735.7, 1909.5, 1859.9 y 1885.6 g/ ave de ganancia de peso; 1.81, 1.76, 1.83 y 1.76 kg/ kg de conversión alimenticia. Los autores consideraron que la mejora en la ganancia de peso de los pollos en los tratamientos II, III y IV se pueden deber a la mejor utilización del alimento y disponibilidad de nutrientes para los pollos. Los tratamientos II, III y IV fueron significativamente ($P<0.05$) más altos que el control.

Chuparan et al. (2016) realizaron un ensayo para evaluar el efecto de la pimienta negra molida como aditivo alimenticio sobre la ganancia de peso, conversión alimenticia, mérito económico y tasas de morbilidad y mortalidad en pollos de carne, hasta los 35 días

de edad. Se implementó cuatro tratamientos: control (alimento comercial), 5 g de pimienta, 10 g de pimienta, y 15 g de pimienta por kilo de alimento comercial. En el mismo orden de tratamientos reportaron ganancia total de peso de 1.533, 1.562, 1.593 y 1.677 kg ($P>0.005$); ingestión total de alimento de 3.399, 3.283, 3.028 y 2.823 kg ($P<0.05$); conversión alimenticia de 2.23, 2.12, 1.90 y 1.68 kg/ kg ($P<0.05$); mérito económico de 60.71, 57.11, 51.34 y 45.46 pesos filipinos ($P<0.05$). No hubo diferencias significativas en mortalidad y morbilidad. Los investigadores recomendaron el empleo de la pimienta (15 g/ kg) en el alimento de pollos de carne.

Wang et al. (2015) realizaron un estudio para determinar el efecto de niveles crecientes de extracto de cúrcuma sobre el rendimiento, características de la carcasa, capacidad antioxidante y calidad de la carne de pollos de carne Wenenang. Se empleó una dieta basal en base a maíz-soja suplementada con 0, 100, 200 y 300 mg/ kg, por 12 semanas. Los resultados obtenidos indicaron que la suplementación de cúrcuma no tuvo efecto significativo ($P>0.05$) sobre el peso corporal, aunque las aves alimentadas con las dietas que incluyeron 100 y 200 mg/ kg tuvieron mayores ganancias de peso diario promedio y alimento diario promedio en comparación con las aves control de 9 a 12 semanas ($P<0.05$). Además, la adición de cúrcuma de 100 a 300 mg/ kg tuvo una mejor tasa de conversión alimenticia en comparación con los controles desde la semana 9 a la 12 ($P<0.05$).

Abou-Elkhair et al. (2014) condujeron un estudio para determinar el efecto del alimento suplementado con pimienta negra (*Piper nigrum*), cúrcuma en polvo (*Curcuma longa*), semillas de culantro (*Coriandrum sativum*) y sus combinaciones sobre el rendimiento de pollos de carne. Se implementaron siete tratamientos: grupo control, sin suplemento (T0), 0.5% de pimienta negras (T1), 0.5% de cúrcuma en polvo (T2), 2% de semillas de culantro (T3), combinación de 0.5% de pimienta negra y 0.5% de cúrcuma en

polvo (T4), combinación de 0.5% de pimienta negra y 2% de semillas de culantro (T5), y combinación de 0.5% de pimienta negra, 0.5% de cúrcuma en polvo y 2% de semillas de culantro (T6). De 0 a 35 días, para los tratamientos en el orden mencionado se obtuvo: 1.698, 1.839, 1.768, 1.810, 1.778, 1.869 y 1.860 kg para ganancia de peso corporal ($P<0.001$); 2.595, 2.589, 2.572, 2.565, 2.611, 2.577 y 2.588 kg de alimento ingerido ($P>0.05$); 0.65, 0.71, 0.69, 0.70, 0.68, 0.73 y 0.72 para la relación ganancia/ alimento ingerido ($P<0.001$); 76.10, 77.56, 76.34, 77.00, 77.13, 77.97 y 77.91% de carcasa ($P>0.05$). Los resultados indicaron que la pimienta y culantro y sus combinaciones fueron efectivas en mejorar el rendimiento del crecimiento. La ingestión de alimento durante las diferentes semanas no fue influenciada por los productos evaluados o sus combinaciones. Los investigadores indicaron que se ha reportado que la suplementación de curcumina, pero no la piperina, incrementó la secreción de ácidos biliares en animales de laboratorio. Así mismo, que la piperina de la pimienta negra es reconocida como mejoradora de la biodisponibilidad de una variedad de fármacos y fitoquímicos estructurales y terapéuticamente diversos, a través de una serie de mecanismos. Citaron a Platel y Srinivisan, quienes observaron que curcumina y piperina promueven enzimas digestivos pancreáticos (lipasa, amilasa y proteasas) que juegan roles importantes en los procesos de digestión. Los mismos autores citados observaron digestión mejorada y reducción en el tiempo de pasaje en el tracto digestivo como resultados de la suplementación de curcumina y piperina.

Akbarian et al. (2013) investigaron los efectos de tres extractos de plantas, de cáscara de limón (LPE), de cáscara de naranja (OPE) y aceite esencial de *Curcuma xanthorrhiza* (CXEO) sobre parámetros del rendimiento y salud intestinal de pollos de carne expuestos a alta temperatura. Se implementó siete tratamientos dietéticos, uno de dieta control y seis dietas conteniendo 200 o 400 mg/ kg de cada uno de los tres productos.

Respectivamente para los tratamientos en el orden considerado obtuvieron 91, 91, 96, 93, 94, 93 y 94 g de peso incrementado/ día: 1.96, 1.78, 1.68, 1.80, 1.74, 1.74 y 1.77 g de alimento/ g de peso incrementado; 1119, 1143, 1047, 1103, 1107, 1052 y 1163 um de longitud de vellos; 333, 288, 297, 297, 276, 372 y 333 um de profundidad de criptas; 4.06, 4.03, 3.66, 3.88, 2.98, 3.17 y 3.49 de relación longitud: profundidad. Los investigadores reportaron una cita que indicó que el estrés calórico conduce a la generación de radicales libres, lo que puede inducir a peroxidación lipídica y, de esa manera, dañar la estructura celular. Así mismo, otras fuentes citadas por estos autores indicaron que el “mantenimiento de la morfología normal e integridad estructural del intestino delgado son imperativos para mantener la translocación bacteriana del tracto intestinal. El estrés térmico podría ejercer efectos deletéreos sobre el epitelio de absorción del intestino, ocasionando reducción en la altura de los vellos y profundidad de criptas. Citan un reporte en el que se indicó que las aves sometidas a 30°C por 24 horas redujeron la profundidad de criptas en comparación con las sometidas a 23°C; en tanto que, otras cita indicó que altura de vellos se redujo en 18.8% en las aves estresadas calóricamente.

Akbarian et al. (2012) realizaron un estudio para evaluar el rizoma de cúrcuma en polvo y la pimienta negra sobre componentes sanguíneos y rendimiento de pollos de carne machos, aplicaron un arreglo factorial con dos niveles de cúrcuma (0 y 0.5 g/ kg) y tres de pimienta negra (0, 0.5 y 1 g/ kg). La suplementación de la dieta con un gramo de pimienta redujo significativamente la conversión alimenticia en la primera semana; sin embargo, este efecto pronunciado no se observó en las semanas posteriores. La ganancia de peso corporal y la ingestión de alimento no fueron influenciados por la pimienta negra. Ninguna de las variables productivas evaluadas fue influenciada por la cúrcuma, tampoco hubo interacción significativa.

Cardoso et al. (2012) realizaron un ensayo con el objetivo de determinar el efecto de la piperina como aditivo fitogénico en la dieta de pollos de carne. Se implementaron cuatro tratamientos (0, 60, 120 y 180 mg/ kg por 35 días consecutivos a partir de los 7 días de edad). Respectivamente para los tratamientos en el orden mencionado, a los 42 días de edad, se obtuvo: 4.701, 4.525, 4.535 y 4.473 kg de alimento consumido; 2.587, 2.663, 2.536, y 2.531 kg de peso incrementado; 71.88, 72.11, 73.42 y 72.47% de rendimiento de carcasa; 1344, 1323, 1350 y 1304 um de longitud de vellosidades; 416.90, 332.40, 317.10 y 356.40 um de profundidad de criptas del duodeno. Los investigadores indicaron que el efecto de la piperina no fue homogéneo sobre la mucosa intestinal. Mencionaron que el sistema gastrointestinal es afectado por la pimienta negra y la piperina, que tienen un efecto definido sobre la motilidad intestinal, propiedades antidiarreicas, y sobre la estructura de los vellos intestinales, mejorando la absorción de nutrientes. Una de sus citas indica que el incremento en la altura de los vellos es paralelo a un incremento de la función digestiva y de absorción del intestino debido a un aumento de la superficie de absorción, expresión de los enzimas del ribete de cepillo, y del sistema de transporte de nutrientes. Se considera que, de hecho, los promotores del crecimiento son capaces de modificar la morfología del intestino delgado. Esto podría atribuirse al hecho de que los promotores reducen el crecimiento de muchos microorganismos intestinales patogénicos o no patogénicos. La reducción de las reacciones inflamatorias en la mucosa intestinal conduce a incrementar el área de los vellos y las funciones de secreción, digestión y absorción de nutrientes por la mucosa.

2.2. Bases Teóricas

Los productos de acción fitobiótica no siempre han permitido obtener resultados concluyentes; esto se debe a la acción de varios factores relacionados con estos productos, como el cultivar, la edad de las plantas, el manejo del sembrío, la fecha de siembra, el

manejo después de obtenida la cosecha; etc., todos estos factores hacen que la concentración de los principios varíe enormemente y se comporten de manera diversa sobre las funciones que debe regular o potenciar. Adicionalmente, no todos los principios se absorben con la misma facilidad y en elevadas proporciones, un caso conocido es el de la curcumina. No obstante, la piperina u otros componentes de la pimienta negra podrían incrementar la tasa de absorción de la curcumina y mejorar la respuesta animal. En base a esta forma de acción se espera que se refleje en mejor rendimiento y en otros indicadores orgánicos al combinar la cúrcuma con la pimienta negra y suministrar esta combinación a través del alimento (Deminicis et al., 2021; Fascina et al., 2017; Cardoso et al., 2012).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Consumo de Alimento

Los resultados de consumo de alimento se muestran en la Tabla 3, para pollos de carne que recibieron cúrcuma y una combinación de cúrcuma y pimienta negra en el alimento.

Tabla 3. Consumo de alimento de pollos de carne que recibieron cúrcuma y una combinación de cúrcuma y pimienta en el alimento

Ítem	Tratamiento			
	1	2	3	4
Días experimentales	42	42	42	42
Pollos	25	25	25	25
APC	Sí	No	No	No
Cúrcuma, %	No	0.10	00	00
Cúrcuma + Pimienta, %	00	00	0.10	0.20
Consumo/ pollo/ período, Kg:				
Inicio	0.773	0.781	0.745	0.764
Crecimiento	1.775	1.826	1.816	1.834
Acabado	2.787	2.730	2.658	2.640
Acumulado	5.335	5.337	5.219	5.238

En la Figura 1 se presenta la tendencia del consumo entre tratamientos dentro de cada uno de los períodos (Inicio, Crecimiento y Acabado) y del acumulado (1 a 42 días).

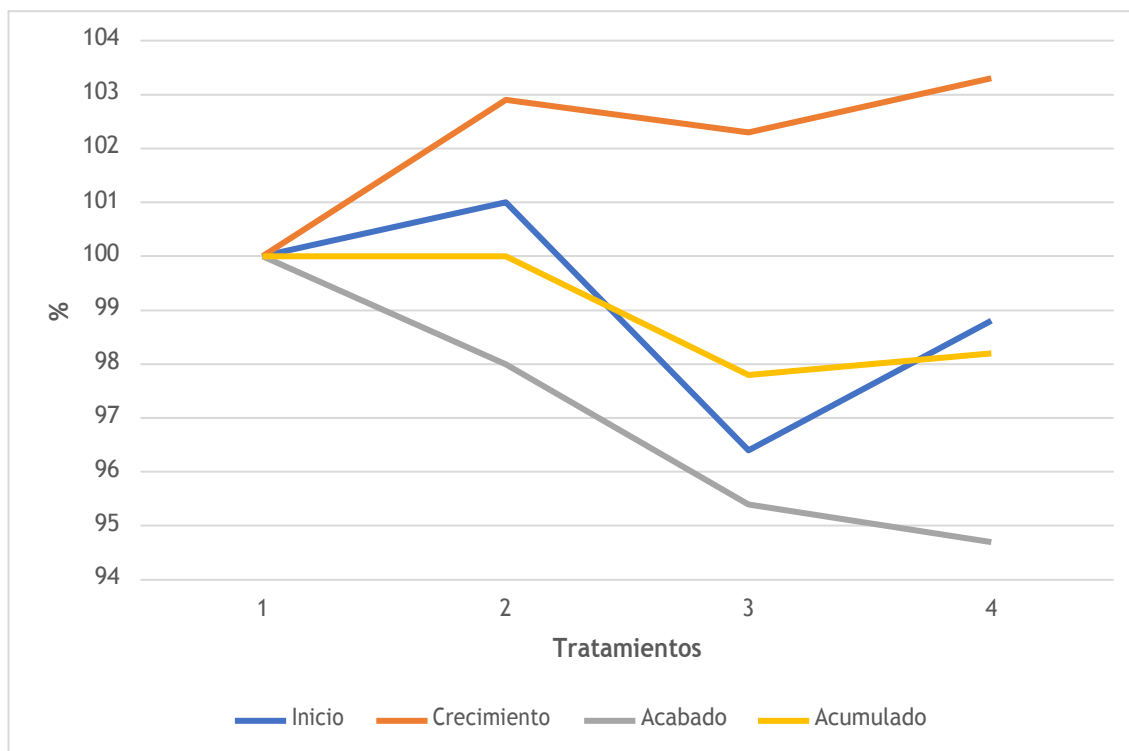


Figura 1. Tendencia porcentual del consumo de alimento según períodos y acumulado

Se pudo observar un comportamiento interesante en el consumo de alimento; en el Inicio, con excepción del tratamiento 2 (sólo cúrcuma), la combinación cúrcuma – pimienta generó una reducción en la cantidad consumida que fueron de 3.6 y 1.2%, con respecto al testigo, en los tratamientos 3 y 4, respectivamente; en el tratamiento 2 el consumo fue 1% superior al registrado en el testigo. En el período de Crecimiento los tratamientos 2, 3 y 4 mostraron una tendencia a superar al testigo; la superioridad en la cantidad de alimento consumido fue de 2.9, 2.3 y 3.3%, respectivamente para los tratamientos 2, 3 y 4. En el Acabado, el testigo mostró mayor consumo que el resto de tratamientos, en 2, 4.6 y 5.3% respectivamente para el 2, 3 y 4; en los tratamientos en los que se combinó la cúrcuma con pimienta la reducción del consumo fue de mayor magnitud que en el tratamiento en el que se utilizó solo cúrcuma. Cuando se consideró el consumo acumulado en todo el ensayo se apreció que los tratamientos 1 y 2 fueron iguales superando al 3 y 4 en 2.2 y 1.8%, respectivamente. Esto es indicativo del efecto adicional ejercido por la pimienta; sin embargo, es difícil de explicar que acción puede haber ejercido la pimienta para ocasionar tal disminución. El comportamiento del consumo en los períodos parecería el típico del acostumbramiento, por lo menos en Inicio y Crecimiento, desde una merma en el Inicio y un excedente en el Crecimiento. En el Acabado la presencia de los fitobióticos ocasionó menor consumo.

Dado que el consumo fue el consumo fue *ad libitum* y que, aparentemente, los pollos no presentaron alteraciones sanitarias visibles, las variaciones en el comportamiento del consumo podrían estar vinculadas con la utilización del alimento; es decir, si la presencia de la pimienta favoreció al logro de más eficiente conversión alimenticia podría asumirse que los pollos lograrían la satisfacción de necesidades y ralentizarían su consumo. En otras palabras, se abogaría por la teoría de “necesidades satisfechas”.

Aunque no se han reportado tendencias concluyentes, se dispone de alguna información en la que se indicó que la presencia de la pimienta o de sus alcaloides (piperina) ocasionó disminución en el consumo de alimento (Chuparan et al., 2016; Cardoso et al., 2012); así mismo, descenso en el consumo, pero con cúrcuma en polvo fue reportado por Ürüsan y Bölükbaşı (2017). Sin embargo, incrementos en el consumo fueron reportados por Aikpitanyi et al. (2019) y por Barad et al. (2016), con jengibre y pimienta los primeros y con semillas de culantro, cúrcuma en polvo y pimienta los últimos. En tanto que otros, como Akbarian et al. (2012), no han encontrado mayores diferencias.

3.2. Peso Vivo y de Carcasa, Cambios en el Peso y Rendimiento de Carcasa

Los resultados relacionados con el peso vivo y de carcasa, cambios de peso y rendimiento de carcasa de pollos de carne que recibieron cúrcuma (sola) o en combinación con pimienta se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Cambios en el peso vivo, peso y rendimiento de carcasa de pollos de carne que recibieron cúrcuma y una combinación de cúrcuma y pimienta en el alimento

Ítem	Tratamiento			
	1	2	3	4
Días experimentales	42	42	42	42
Pollos	25	25	25	25
APC	Sí	No	No	No
Cúrcuma, %	No	0.10	00	00
Cúrcuma + Pimienta, %	00	00	0.10	0.20
Peso/ pollo/ período, g.:				
Inicial	40.81	40.36	44.84	44.28
14 días	483.81	472.36	504.84	511.28
28 días	1633.81	1601.36	1607.84	1619.28
42 días	3009.81	2952.36	2988.84	2998.28
Cambios de peso/ pollo/ período, kg.:				
Inicio	0.443 ^{ab}	0.432 ^b	0.460 ^a	0.467 ^a
Crecimiento	1.150 ^a	1.129 ^a	1.103 ^a	1.108 ^a
Acabado	1.376 ^a	1.351 ^a	1.381 ^a	1.379 ^a
Acumulado	2.941 ^a	2.912 ^a	2.943 ^a	2.955 ^a
Peso de carcasa, Kg.	2.175	2.147	2.520	2.134
Rendimiento de carcasa, %	74.61 ^a	76.18 ^a	79.47 ^a	76.64 ^a

^a Letras iguales sobre los promedios indican diferencias no significativas (P>0.05)

El análisis estadístico (anexos) mostró que los pesos iniciales estuvieron normalmente distribuidos y las varianzas residuales fueron homogéneas.

Aplicado el análisis con los cambios de peso en el período de Inicio se determinó que hubo diferencias significativas entre tratamientos, los mayores incrementos se registraron en las combinaciones de cúrcuma + pimienta, pero sin diferencia entre ellos. Las diferencias en los cambios de peso en los períodos de Crecimiento y Acabado, así como en los cambios totales (acumulados) no alcanzaron significación estadística.

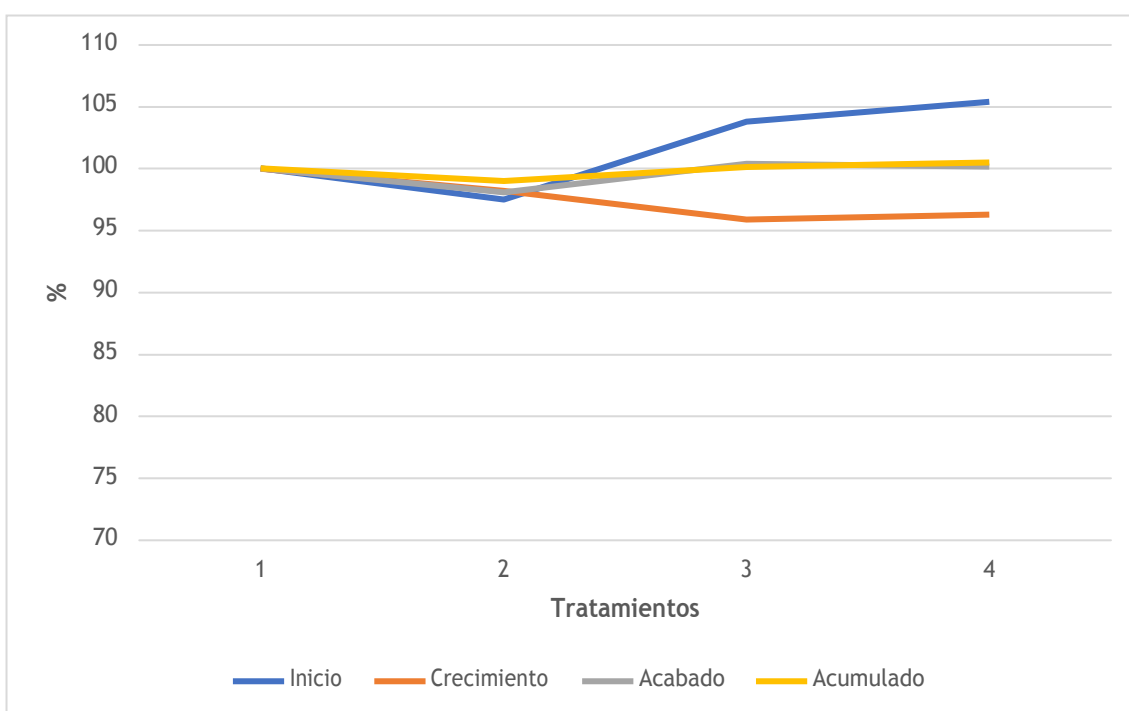


Figura 2. Comportamiento porcentual de los cambios de peso según tratamientos, por períodos y acumulado

En la figura 2 se aprecia que en el período de Inicio los tratamientos 3 y 4 superaron al testigo en 3.8 y 5.4%, respectivamente; en el Acabado y con los valores Acumulados se comportaron de manera similar, pero en el Crecimiento estuvieron por debajo en 4.1 y 3.7%. El tratamiento 2 fue el que estuvo más próximo al testigo.

Aunque una cantidad importante de investigadores ha indicado que el efecto de cúrcuma y pimienta (solas o en combinación) se da principalmente en la conversión alimenticia, también han indicado que debido a una mayor eficiencia en la utilización del

alimento tiende a lograrse mayores incrementos de peso (ELnaggar et al., 2021; Badran et al., 2019; Aikpitanyi et al., 2019; Arslan et al., 2017; Attia et al., 2017; Barad et al., 2016; entre otros).

Las diferencias entre tratamientos para el rendimiento de carcasa no alcanzaron significación estadística; sin embargo, los tratamientos que recibieron fitobióticos alcanzaron valores mayores, sobre todo en el tratamiento 3. Valores de rendimiento de carcasa de 75% o ligeramente superiores han sido reportados por diferentes autores. Badran et al. (2020) empleando nano partículas de curcumina lograron rendimientos superiores a 77%; Ürüsan y Bölükbaşı (2017) lograron 75% de rendimiento con cúrcuma igualando al obtenido con clortetraciclina; Abou-Elkhair et al. (2014) empleando combinación de cúrcuma, pimienta y culantro lograron rendimientos de 77% aunque las diferencias entre tratamientos no alcanzaron significación estadística. Todos los reportes indican valores muy parecidos a los obtenidos en el presente ensayo; la combinación utilizada en la proporción de 0.1% permitió ventaja considerable en esta variable.

3.3. Conversión Alimenticia

Los resultados referentes a la conversión alimenticia lograda por pollos de carne que recibieron cúrcuma sola o en combinación con pimienta negra se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Conversión alimenticia de pollos de carne que recibieron cúrcuma y una combinación de cúrcuma y pimienta en el alimento

Ítem	Tratamiento			
	1	2	3	4
Días experimentales	42	42	42	42
Pollos	25	25	25	25
APC	Sí	No	No	No
Cúrcuma, %	No	0.10	00	00
Cúrcuma + Pimienta, %	00	00	0.10	0.20
Conversión alimenticia/ período:				
Inicio	1.745	1.808	1.620	1.636
Crecimiento	1.544	1.617	1.646	1.655
Acabado	2.025	2.021	1.925	1.914
Acumulado	1.814	1.833	1.773	1.773
Con el peso de carcasa ^{&}	2.453	2.485	2.070	2.455

[&]El peso de carcasa correspondió a submuestras tomadas en forma completamente al azar.

En la figura 3 se presenta la tendencia de la conversión según tratamientos dentro de períodos.

Como se puede observar la utilización del alimento en el Inicio fue más eficiente con los tratamientos en los que se combinó la cúrcuma con la pimienta, los tratamientos 3 y 4 fueron más eficientes que el testigo 7.2 y 6.2%, respectivamente; en el mismo período el tratamiento con cúrcuma sola fue 3.6% menos eficiente. En el período de Crecimiento todos los tratamientos que recibieron fitobióticos fueron menos eficientes que el testigo en 4.7, 6.6 y 7.2% respectivamente para el 2, 3 y 4. En tanto que en el Acabado fueron más eficientes, en el mismo orden, en 0.2, 4.9 y 5.5%. Para la cifra acumulada de conversión alimenticia, en comparación siempre con el testigo, el tratamiento 2 fue 1% menos eficiente, y los tratamientos 3 y 4 fueron 2.3% mejores.

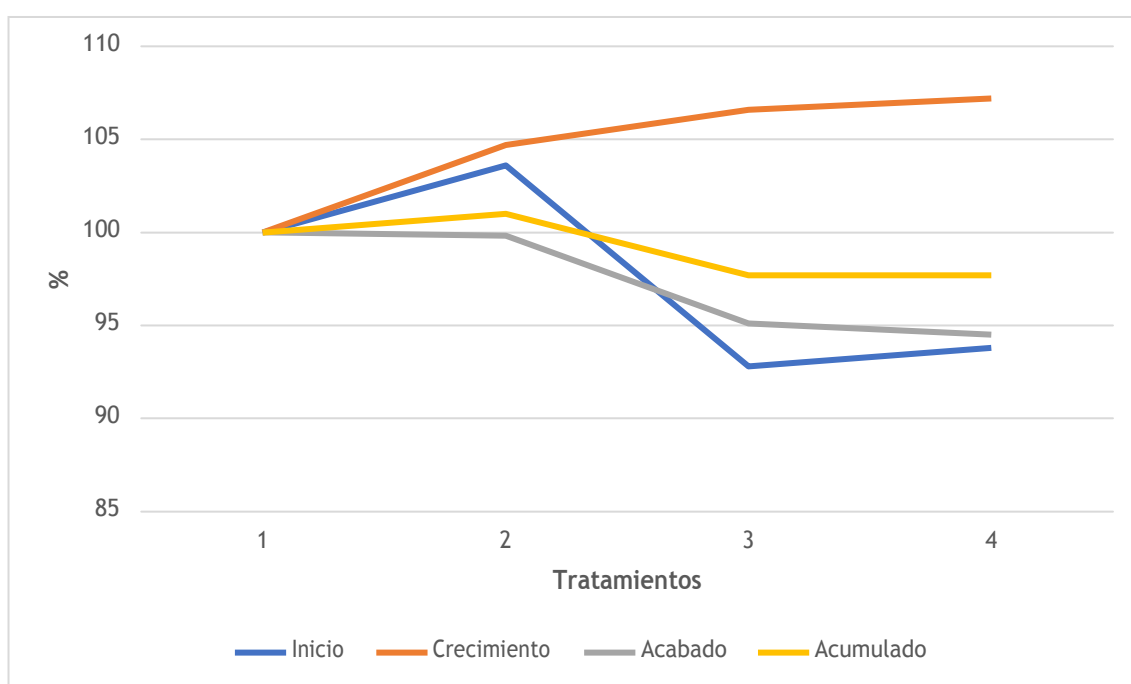


Figura 3. Tendencia porcentual de la conversión alimenticia entre tratamientos dentro de períodos

De acuerdo con la comparación de las cifras acumuladas, se puede inferir que la combinación de cúrcuma con pimienta negra permite mayor eficiencia en la utilización del alimento para incrementar peso vivo. Sin embargo, no se puede pasar por alto lo que

sucedio en el periodo de Crecimiento, en el que los tres tratamientos con fitobióticos fueron menos eficientes que el testigo.

Al explicar lo ocurrido con el consumo de alimento se planteó que aparentemente el comportamiento de esta variable respondió a un proceso de acostumbramiento o de saturación de los principios contenidos en los fitobióticos ensayados que se evidenció (por saturación) en el periodo comprendido en la tercera y cuarta semanas (Crecimiento) en el que los pollos consumieron más alimento pero que no lo usaron con mayor eficiencia; superada la saturación se volvió a lograr mayor eficiencia en la utilización del alimento, lo que se evidenció con menor consumo en el periodo de Acabado y con incrementos similares o ligeramente superiores a los manifestados por el tratamiento Testigo, sobre todo con los tratamientos 3 y 4; las cifras acumuladas de menor consumo y más eficiente utilización del alimento en estos tratamientos condujeron a plantear una situación a la que se optó por denominar como “teoría de las necesidades satisfechas”, aunque necesita aún mayores análisis.

Al considerar la conversión alimenticia con el rendimiento de carcasa, los tratamientos 1, 2 y 4 fueron muy parecidos; sin embargo, el tratamiento 3 se comportó 15.6% más eficientemente que el testigo. Este resultado corrobora lo sucedido con el cálculo en vivo, 0.1% de la combinación de cúrcuma y pimienta permitieron mayor eficiencia en la utilización del alimento, lo que se evidenció con el producto final (carcasa) que es el que al final mide la rentabilidad.

Los resultados obtenidos evidencian que la presencia de pimienta negra en la combinación con cúrcuma ha promocionado mejor eficiencia de utilización del alimento para incrementar peso vivo y rendimiento de carcasa y debería recomendarse su utilización en la alimentación de pollos de carne. Así mismo, estos resultados permiten inferir que bajo condiciones sanitarias adecuadas no habría necesidad de emplear

antibiótico promotor del crecimiento, lo que representaría una ventaja para la comercialización, ya que el usuario está exigiendo no emplear APC.

Interesados en las propiedades farmacológicas de la curcumina, Shoba et al. (1998) indicaron que una parte considerable de la curcumina se excretaba y que era necesario disponer de un aumentador de la absorción con la finalidad de que el organismo disponga de más curcumina para una serie de funciones. Estos investigadores indicaron que la pimienta negra (*Piper nigrum*) tendría esa propiedad. Para la producción del pollo de carne esto es importante, ya que se busca la acción de los principios contenidos en la cúrcuma no sólo a nivel del ambiente intestinal sino también a nivel orgánico, sobre todo en la función hepática. La potencialidad de utilizar la piperina (alcaloide contenido en la pimienta) en la alimentación del pollo de carne para mejorar la absorción de otros principios fue indicada por Cardoso et al. (2012) y explicada por Puvaca et al. (2014), quienes indicaron que este alcaloide ocasiona alteraciones de la dinámica de la membrana celular y de las características de permeación, lo que permitiría mayor absorción de curcumina. Deminiciis et al. (2021) resaltaron el efecto de los fitobióticos en la mejora de la conversión alimenticia.

Mejoras en la eficiencia de utilización del alimento empleando pimienta sola o combinada con cúrcuma u otros fitobióticos han sido reportadas por ELnaggar et al. (2021), Aikpitanyi et al (2019), Barad et al. (2016), Chuparan et al. (2016), Abou-Elkhair et al. (2014), entre otros; lo que indicaría la importancia de realizar investigación complementaria en la que la pimienta sea uno de los componentes de combinaciones de fitobióticos. En el caso de la combinación con cúrcuma con mayor razón, debido a que se ha resaltado la capacidad del organismo de los pollos de aprovechar mejor los lípidos de la dieta cuando está presente la curcumina; ya que una forma de incrementar la densidad energética de las dietas para pollos de carne es utilizando aceites y la energía

alimentaria extra podría perderse si no se suministra un potenciador de la absorción, acción que ha sido mostrada en la cúrcuma.

3.4. Mérito Económico

Los resultados referentes al mérito económico logrado por pollos de carne que recibieron cúrcuma sola o en combinación con pimienta negra se presentan en la tabla 6.

Tabla 6. Mérito económico de pollos de carne que recibieron cúrcuma y una combinación de cúrcuma y pimienta en el alimento

Ítem	Tratamiento			
	1	2	3	4
Días experimentales	42	42	42	42
Pollos	25	25	25	25
APC	Sí	No	No	No
Cúrcuma, %	No	0.10	00	00
Cúrcuma + Pimienta, %	00	00	0.10	0.20
Mérito económico/ período:				
Inicio	2.914	3.019	2.704	2.750
Crecimiento	2.408	2.523	2.568	2.559
Acabado	3.160	3.153	3.003	3.006
Acumulado	2.859	2.889	2.794	2.812
Con el peso de carcasa ^{&}	3.866	3.918	3.263	3.894

[&]El peso de carcasa correspondió a submuestras tomadas en forma completamente al azar.

Aún con unas pequeñas diferencias en las cifras, las tendencias del mérito económico dentro de los períodos, el acumulado y con la carcasa fueron similares a las logradas con la conversión alimenticia. La combinación de cúrcuma con pimienta en la proporción de 0.1% dio lugar a mejor eficiencia económica, sobre todo cuando el cálculo se hizo en base al peso de la carcasa. Lo importante es resaltar se trato de carcasa descargada; en consecuencia, se tiene un margen mayor al comercializarse las vísceras comestibles.

La única fuente bibliográfica que se pudo conseguir en la que se reportó valores de mérito económico fue el de Chuparan et al. (2016) en la que se reporta los resultados encontrados con la utilización de diferentes cantidades de pimienta en Filipinas, mostrándose que la especia permitió la obtención de hasta 25% mayor eficiencia en el

mérito económico. Debe tenerse en consideración que el tratamiento testigo incluyó a la Zinc-Bacitracina como APC.

3.5. Aceptación de la Carne

Los resultados referentes a la aceptación de la carne de pollos que recibieron cúrcuma sola o en combinación con pimienta negra se presentan en la tabla 7.

Tabla 7. Aceptación (%) de la carne de pollos que recibieron cúrcuma y una combinación de cúrcuma y pimienta en el alimento

Tratamiento	Puntuación		
	1 - 5	6 - 10	11 - 15
I. Testigo (Dieta con APC)	20	44	36
II. 0.1% de cúrcuma (sin APC)	08	44	48
III. 0.1% de cúrcuma + pimienta (sin APC)	12	64	24
IV. 0.2% de cúrcuma + pimienta (sin APC)	08	36	56

Fueron 25 degustadores semientrenados los que degustaron de las muestras de pechuga procedente de cada uno de los tratamientos; se puede observar que los degustadores repartieron sus preferencias en una forma más normalizada con la carne del tratamiento Testigo, 20% de ellos indicaron baja aceptación, 44% media aceptación y 36% alta; como se puede observar en la figura 4.

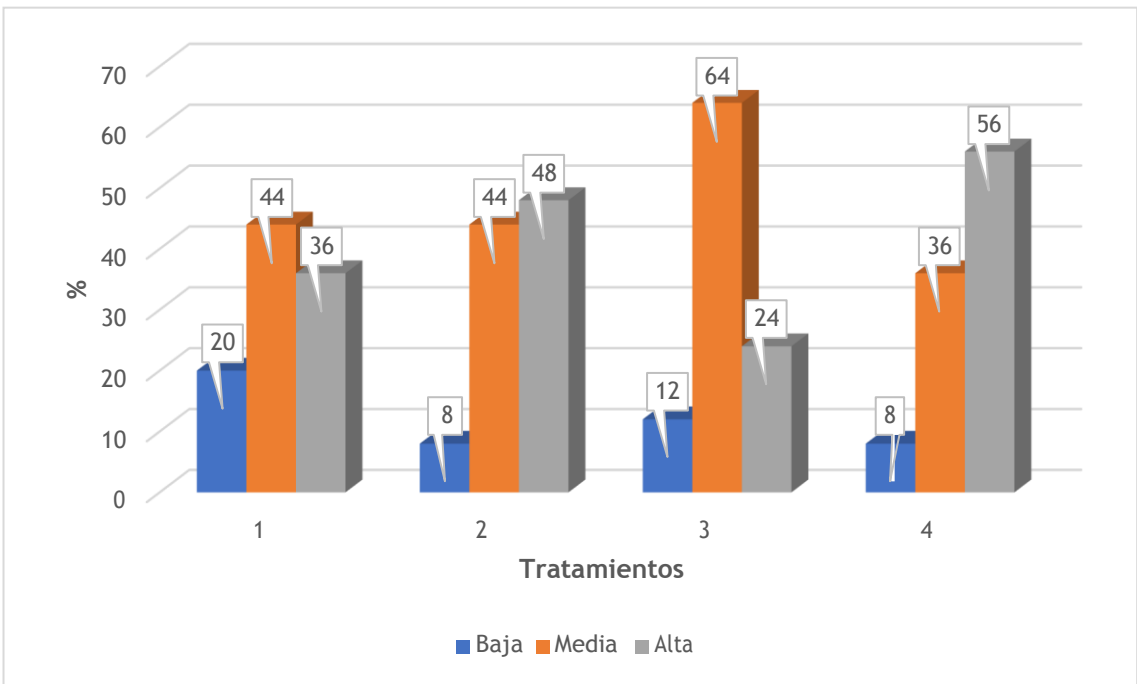


Figura 4. Aceptación (%) de la carne según tratamientos

En los tratamientos 2, 3 y 4 hubo un desplazamiento de la aceptación hacia la derecha; es decir, hacia la aceptación media o alta. En el caso del tratamiento 4 hubo una marcada aceptación, ya que 56% de los degustadores consideraron a la carne proveniente de este tratamiento como de alta aceptación.

En función del comportamiento del grado de aceptación de la carne por más del 50% de los degustadores semientrenados se puede asumir que con 0.2% de la combinación de cúrcuma con pimienta se ha promovido la mejora en diferentes aspectos que regulan la aceptación (sabor, consistencia, olor, etc.) lo que debe haber debido a los compuestos contenidos en la cúrcuma y en la pimienta. Deminicis et al. (2021), Badran et al. (2020), Puvaca et al. (2014), Cardoso et al. (2012), entre otros, han indicado que son una serie de compuestos los que constituyen lo que, en forma general, se denomina curcumina y piperina y que han demostrado ser bioactivos y, en consecuencia, ejercen efectos sobre diferentes funciones orgánicas. Se resalta que son especias (uso culinario) porque potencian el sabor y olor de los alimentos (pungentes y mordientes) y se puede asumir que podrían depositarse en lo más íntimo de los tejidos y afectar el sabor y olor de la carne. También se ha mencionado que estos compuestos pueden tener un tiempo de vida media muy corto dentro del organismo animal, que podría ir desde minutos hasta 24 horas; sin embargo, dado que se suministraron en el alimento en forma permanente hasta el último día de crianza es posible que producido el sacrificio hayan quedado en los tejidos y mejorado el grado de aceptación de la carne.

Por otra parte, la pechuga es la parte de la carcasa con menor intensidad de sabor y olor, pero también es la parte que más influye sobre el rendimiento, por lo que la mejora en la aceptación en este corte trasciende a los mayores rendimientos ya que podría utilizarse para mercados selectos que buscan emplear este corte siempre que tenga mayor aceptación por parte de los consumidores.

3.6. Histometría Intestinal

Los resultados referentes a las medidas de longitud de vellosidades y profundidad de las criptas de Lieberkühn, además de la relación longitud: profundidad, de pollos que recibieron cúrcuma sola o en combinación con pimienta negra se presentan en la tabla 8.

Tabla 8. Histometría del epitelio interno del duodeno de pollos de carne que recibieron cúrcuma y una combinación de cúrcuma y pimienta en el alimento

Ítem	Tratamiento			
	1	2	3	4
Días experimentales	42	42	42	42
Pollos	25	25	25	25
APC	Sí	No	No	No
Cúrcuma, %	No	0.10	00	00
Cúrcuma + Pimienta, %	00	00	0.10	0.20
Longitud de vellosidades, um:				
	393.52 ^b	521.08 ^a	474.81 ^a	496.93 ^a
Profundidad de criptas de Lieberkühn, um:				
	164.20 ^b	245.63 ^a	201.60 ^b	199.39 ^b
Relación Longitud: Profundidad:				
	2.53 ^a	2.13 ^a	2.37 ^a	2.52 ^a

^{a, b} Letras diferentes sobre los promedios indican diferencias significativas ($P < 0.05$, Tukey)

El análisis estadístico mostró que se cumplió con las suposiciones de normalidad y homocedasticidad. Así mismo, se determinó que las diferencias entre tratamientos para la longitud de las vellosidades y profundidad de criptas de Lieberkühn fueron significativas ($P < 0.027$ y $P < 0.003$, respectivamente); lo que no sucedió para la relación longitud: profundidad ($P > 0.281$). En las dos primeras variables, el tratamiento 2 (0.1% de cúrcuma sola) logró la mayor longitud y profundidad, luego los tratamientos 3 y 4 (cúrcuma + pimienta), que estuvieron muy próximos entre sí. Los valores de menor magnitud correspondieron al tratamiento testigo, que incluyó APC (Zinc-Bacitracina).

En la Figuras 5, 6, 7 y 8 se presentan microfotografías del epitelio intestinal de cada uno de los tratamientos, mostrando las características del epitelio intestinal interno y algunas de las mediciones que se realizaron en las muestras duodenales que se tomaron de animales del presente ensayo.

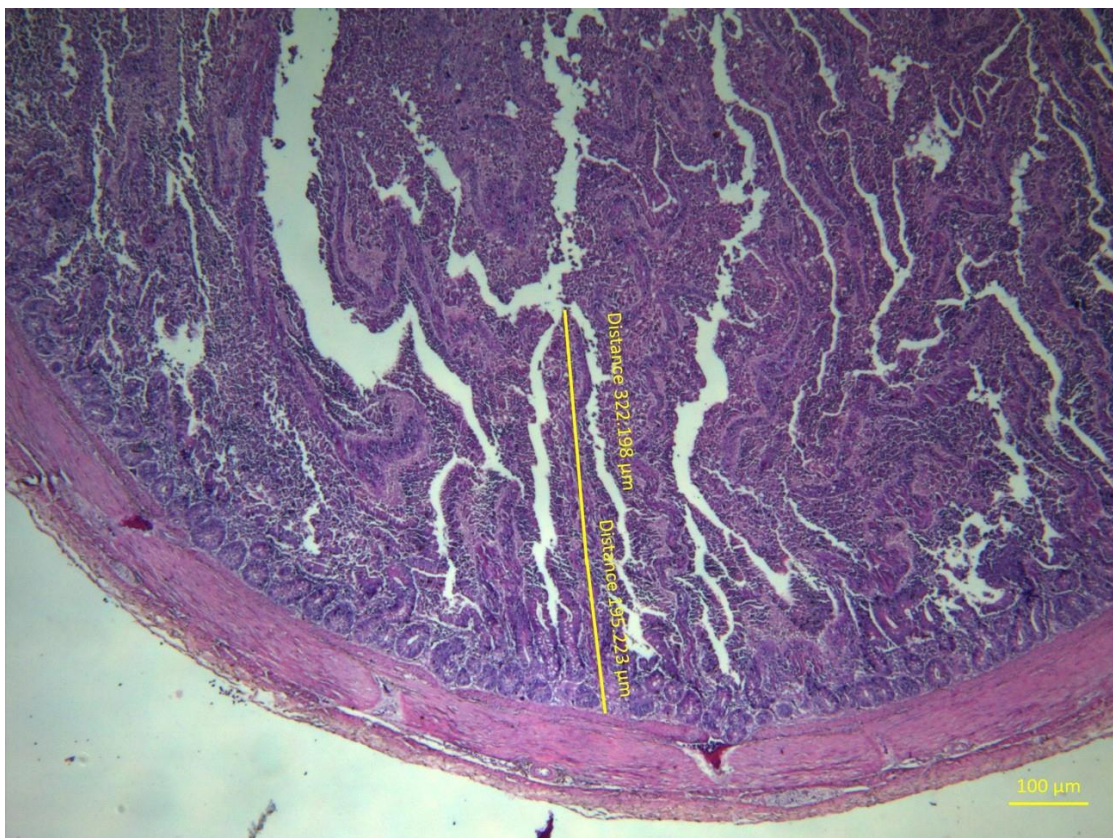


Figura 5. Microfotografía del epitelio duodenal interno de una muestra del T1

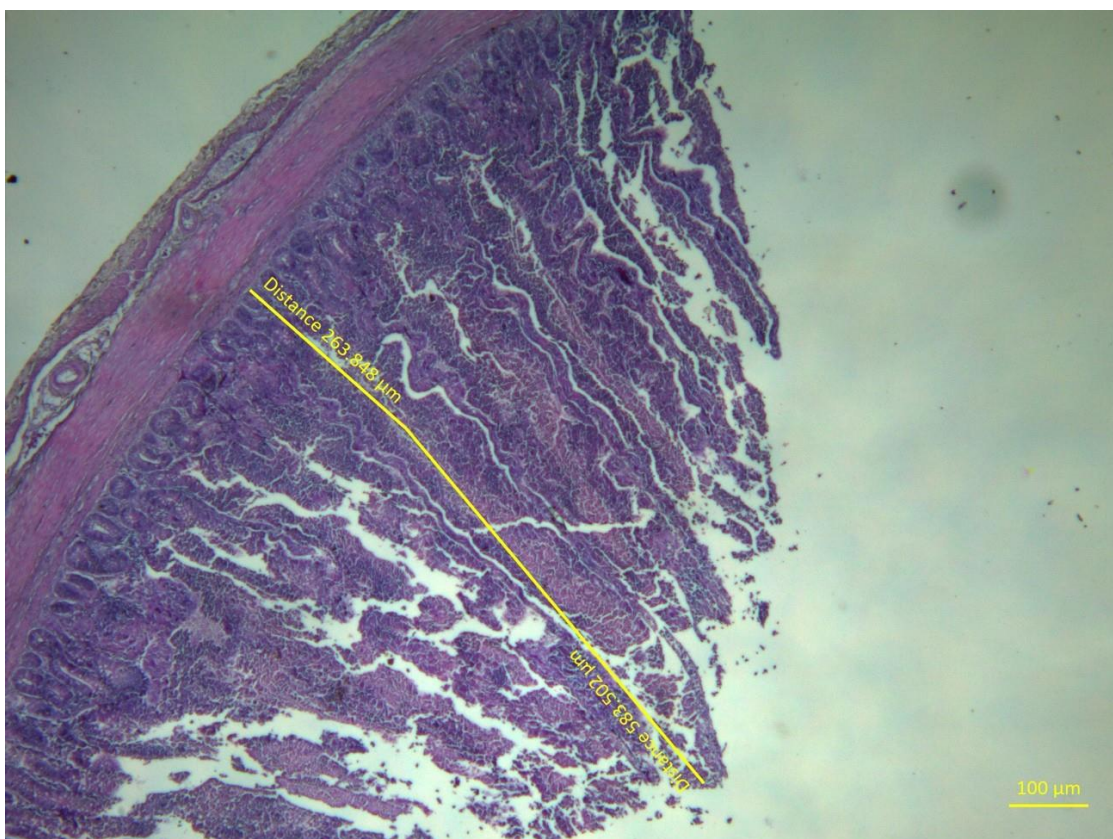


Figura 6. Microfotografía del epitelio duodenal interno de una muestra del T2



Figura 7. Microfotografía del epitelio duodenal interno de una muestra del T3

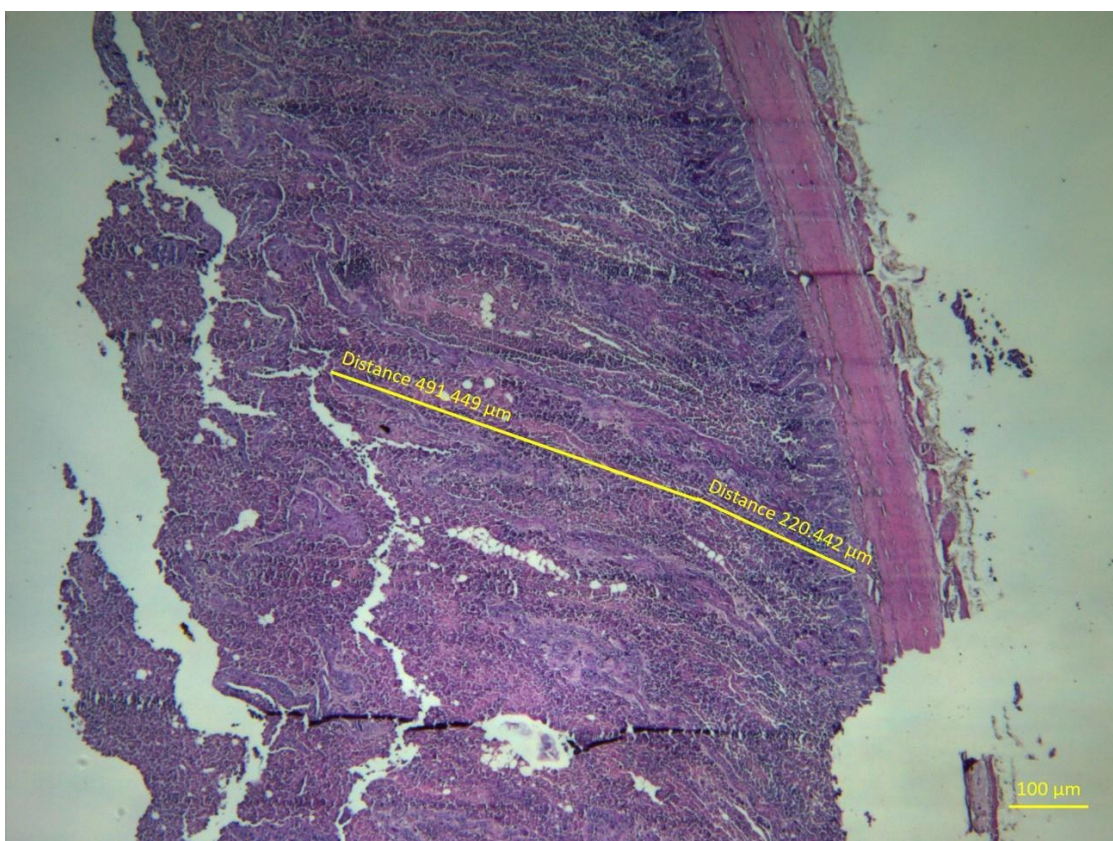


Figura 8. Microfotografía del epitelio intestinal interno de una muestra del T4

Deminicis et al. (2021) realizaron un trabajo de revisión relacionado con el efecto de los fitobióticos y antibióticos sobre longitud de vellos, profundidad de criptas y relación L: P y determinaron que los fitobióticos produjeron incrementos en longitud y profundidad en comparación con el control, pero mayor efecto se logró con APC; en lo referente a la relación L: P reportan medias de los diferentes ensayos desde 5.88 para el control, 7.78 para los fitobióticos y 8.2 para los antibióticos. Esto es importante de considerar, toda vez que la finalidad del empleo de APC es evitar la proliferación de bacterias que podrían dañar el epitelio (deterioro de vellosidades); sin embargo, en el presente ensayo los tratamientos 2, 3 y 4 superaron al APC en ambas variables, pero al considerar la relación L: P fue el APC el que logró el mayor valor, aunque sin diferencias significativas con el resto de los tratamientos. Los investigadores indican que son preferibles los valores mayores de L: P toda vez que indican mayor disponibilidad de superficie de absorción.

Al parecer, los principios contenidos en los fitobióticos, sobre todo en la cúrcuma, promueven mayores magnitudes de vellosidades y criptas y no necesariamente se asocian con mejor conversión alimenticia. En el tratamiento 2 se logró conversión alimenticia de menor eficiencia en comparación con T3, que fue inferior en longitud de vellos y profundidad de criptas. Dado que la presencia de pimienta permitió lograr mejor conversión alimenticia se podría asumir que la mayor eficiencia exhibida por T3 se debería a efectos sobre los procesos de síntesis y no totalmente a su acción de estimulación del desarrollo epitelial.

Nascimento et al. (2019) reportaron incremento en la longitud de vellosidades utilizando cúrcuma en el alimento; en tanto que, Akbarian et al. (2013) no encontraron diferencias en estos indicadores al evaluar cáscara de limón, cáscara de naranja y aceite esencial de *Curcuma xanthorrhiza*; así mismo, Cardoso et al. (2012) no reportaron efecto

sobre estas variables por parte de la piperina. No obstante, casi todos los reportes indican una relación entre mayor longitud de vellos, mayor superficie de absorción y más eficiente utilización del alimento; en el presente trabajo aportamos que la más eficiente conversión lograda con 0.1% de la combinación de cúrcuma + pimienta se debería, aunque no totalmente, a la acción sobre el metabolismo.

IV. CONCLUSIONES

Bajo la condiciones en las que se realizó el presente trabajo de investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

1. La combinación de Cúrcuma + Pimienta propició una tendencia de reducción en el consumo de alimento, pero no fue superior al 2% en comparación al testigo.
2. No hubo diferencia significativa ($P>0.05$) en el incremento acumulado de peso; los tratamiento 3 y 4 fueron superiores ($P<0.05$) en el incremento de peso sólo en el Inicio.
3. La conversión alimenticia fue más eficiente cuando se utilizó la combinación de Cúrcuma + Pimienta; principalmente en los período de Inicio y Acabado, reflejándose en una ventaja de 2.3% en eficiencia en el valor acumulado.
4. El mérito económico siguió una tendencia muy parecida a la de la conversión alimenticia, reforzando el resultado obtenido con la combinación ensayada.
5. No hubo diferencia significativa ($P>0.05$) en el rendimiento de carcasa, aunque con 0.1% de la combinación se logró casi 5% más en el rendimiento.
6. El empleo de 0.2% de la combinación de Cúrcuma + Pimienta dio lugar a carne de pechuga que fue altamente aceptada por 56% de los degustadores.
7. La cúrcuma sola (0.1%) dio lugar a vellosidades intestinales más largas ($P<0.027$) y mayor ($P<0.003$) profundidad en las criptas de Lieberkühn, aunque la relación L: P fue estadísticamente similar ($P>0.281$).

V. RECOMENDACIONES

1. Emplear 0.1% de combinación de Cúrcuma + Pimienta por permitir mejor conversión alimenticia, mérito económico, rendimiento de carcasa y buena aceptación de la carne.
2. Implementar investigación con diferentes proporciones Cúrcuma: Pimienta en la combinación.
3. Complementar los estudios de aspectos relacionados a la calidad de la carcasa.

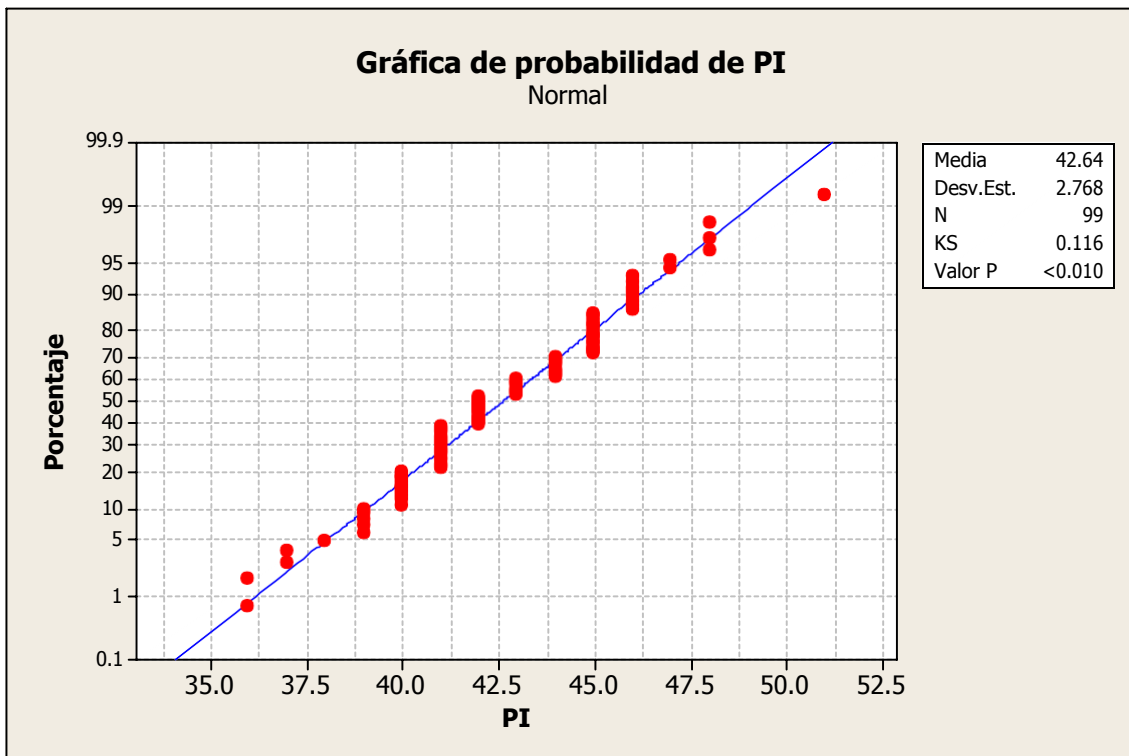
BIBLIOGRAFÍA

- Abou-Elkhair, R., Ahmed, H. A., and Selim, S. (2014). Effects of black pepper (*Piper nigrum*), turmeric powder (*Curcuma longa*) and coriander seeds (*Coriandrum sativum*) and their combinations as feed additives on growth performance, carcass traits, some blood parameters and humoral immune response of broiler chickens. *Asian Australas. J. Anim. Sci.*, 27(6): 847-854, <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2013.13644>
- Aikpitanyi, K. V., Igwe, R. O., and Egweh, N. O. (2019). Assessment of ginger and black pepper as feed additives on growth performance and carcass traits of broiler chickens. *International Journal of Veterinary Science and Animal Husbandry*, 5(1): 033-038, ISSN: 8991-0338.
- Akbarian, A., Golian, A., Kermanshahi, H., Gilani, A., and Moradi, S. (2012). Influence of turmeric rhizome and black pepper on blood constituents and performance of broiler chickens. *African Journal of Biotechnology*, 11(34): 8606-8611, DOI:10.5897/AJB11.3318
- Akbarian, A., Golian, A., Kermanshashi, H., Farhoosh, R., Raji, A. R., DeSmet, S., and Michiels, J. (2013). Growth performance and gut health parameters of finishing broilers supplemented with plant extracts and exposed to daily increased temperature. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11(1): 109-119, <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2013111-3392>
- Arslan, M., ul Haq, A., Ashraf, M., Iqbal, J., and Mund, M. D. (2017). Effect of turmeric (*Curcuma longa*) supplementation on growth performance, immune response, carcass characteristics and cholesterol profile in broilers. *Veterinaria*, 66(1): 16-20.
- Attia, Y. A., Al-Harthi, M. A., and Hassan, S. S. (2017). Turmeric (*Curcuma longa* Linn.) as a phytogenic growth promoter alternative for antibiotic and comparable to mannan oligosaccharides for broiler chicks. *Rev. Mex. Cienc. Pec.*, 8(1): 11-21, <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v8:1.4309>
- Badran, A. M. M., Basuony, H. A., Elsayed, M. A., and Abd El-Moneim, A. E. (2020). Effect of dietary curcumin nanoparticles supplementation on growth performance, immune response and antioxidant of broiler chickens. *Egyptian Poultry Science Journal*, 40(I): 325-343. ISSN: 2090-0570.
- Barad, N. A., Savsani, H. H., Patil, S. S., Garg, D. D., Das, O., Singh, V., Kalaria, V. A., and Chatrabhuji, B. B. (2016). Effect of feeding coriander seeds, black pepper and turmeric powder as feed additives on hemato-biochemical profile and performance of broiler chicken. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 5(6): 3976-3982. ISSN: 2278-3687.
- Bunge, M. (1972). *La Investigación Científica, su Estrategia y su Filosofía*. 2da edición. Ediciones Ariel. Barcelona, España.
- Cardoso, V., Lima, C., Lima, M., Dorneles, L., And Danelli, M. (2012). Piperine as a phytogenic additive in broiler diets. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 47(4): 489-496.
- Chuparan, A., Atinyao, M., and Garcia, M. A. D. (2016). Effect of ground black pepper (*Pipper nigrum*) as feed additive on the performance of broilers. *Benguet State University Research Journal (BRJ)*, 75: 1-5.
- Deminicis, R., Meneghetti, C., Oliveira, E., Garcia, A., Farias, R., and Deminicis, B. (2021). Systematic review of the use of phytobiotics in broiler nutrition. *Revista de Ciencias Agroveterinarias*, 20(1): 98-106. DOI:10.5965/223811712012021098

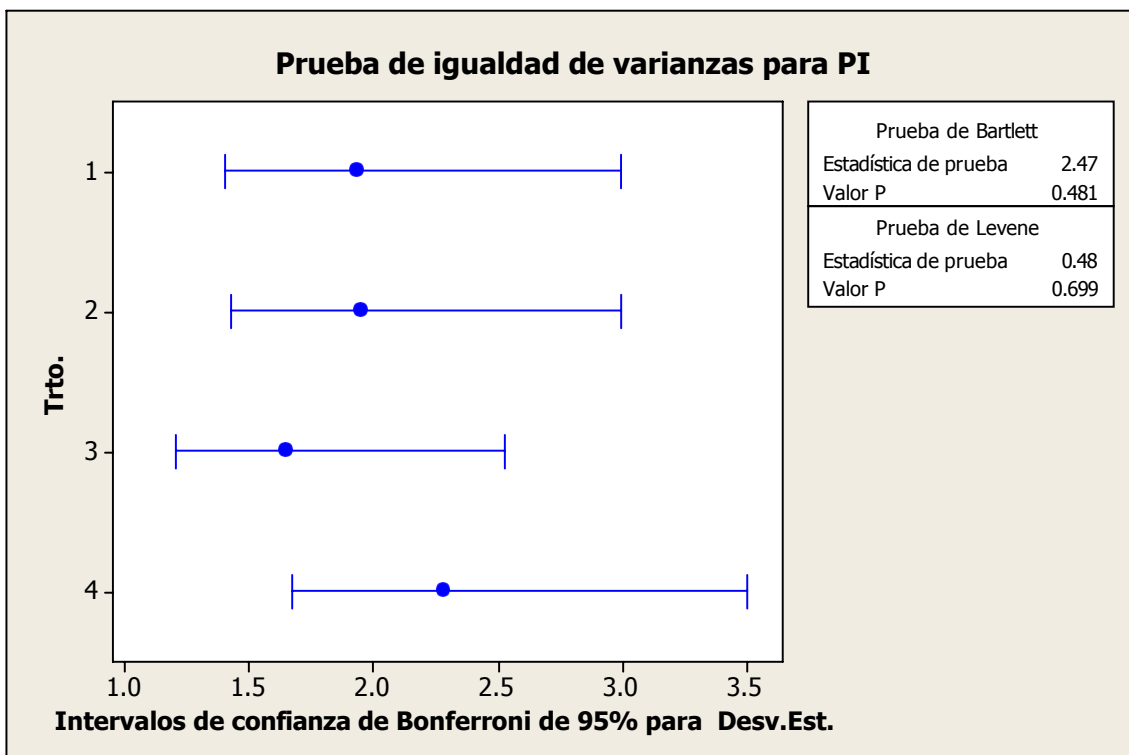
- ELnagar, A. Sh., Reham, A. M. Ah., and EL-Said, E. A. (2021). Complementary effect of black pepper and turmeric on productive performance and physiological responses of Japanese quail. *Egyptian Poultry Science Jopurnal*, 41(I): 77-91, <http://www.epsj.journals.ekb.eg/>
- Fascina, V. B., Pasquali, G. A. M., Carvalho, F. B., Vercese, P., Aoyagi, M. M., Pezzato, A. C., Gonzales, E., and Sartori, J. R. (2017). Effects of phytogenic additives and organic acids, alone or in combination, on the performance, intestinal quality and immune responses of broiler chickens. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 19(3): 497-508, <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0422>
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2010). Metodología de la Investigación. 5ta edición. McGraw-Hill/ Interamericana Editores S.A. de C.V. Impreso en Chile.
- McDowell, L. R., Conrad, J., Thomas, J. & Harris, L. E. (1974). *Latin American Tables of Feed Composition*. University of Florida. Gainesville, Florida, USA.
- Nascimento, G. M., Cervi, R. C., Santos, J. B., Mota, B. P., Leonídio, A. R. A., Leandro, N. S. M., Café, M. B., and Andrade, M. A. (2019). Effects of *Curcuma longa* on the intestinal health of chicks infected with *Salmonella typhimurium*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 48: e20180197, <https://doi.org/10.1590/rbz4820180197>
- Ordóñez, E. (2018). Influencia de suplementación alimenticia con orégano (*Origanum vulgare*) y complejos enzimáticos en los índices productivos y salud intestinal de pollos de emngorde. Tesis Maestro en Producción Animal. Escuela de Posgrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Chachapoyas, Perú.
- Ostle, B. (1979). Estadística Aplicada. Limusa. México: D.F.
- Puvaca, N., Stanacev, V., Beukovic, M., Ljubojevic, D., Kostadinovic, Lj., and Teodosin, S. (2014). Black pepper (*Piper nigrum* L.) and hot red pepper (*Capsicum annum* L.) in broiler chicken nutrition. *Proceedings of the International Symposium on Animal Science*. September 2014. Belgrade-Zemun.
- Scheffler, C. (1982). Bioestadística. Fondo Educativo Interamericano. EE. UU. de N. A.
- Shoba, G., Joy, D., Joseph, T., Majeed, M., Rajendran, R., and Srinivas, P. S. S. R. (1998) Influence of piperine on the pharmacokinetics of curcumin in animals and human volunteers. *Planta Medica* 64: 353-356.
- Ürüsan, H. and Bölükbasi, S. C. (2017). Effects of dietary supplementation levels of turmeric powder (*Curcuma longa*) on performance, carcass characteristics and gut microflora in broiler chickens. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 27(3): 732-736, ISSN: 1018-7081.
- Wang, D., Huang, H., Zhou, L., Li, W., Zhou, H., Hou, G., Liu, J., & Hu, L. (2015). Effects of dietary supplementation with turmeric rhizome extract on growth performance, carcass characteristics, antioxidant capability, and meat quality of Wenchang broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 14(3): 344-349, DOI:10.4081/ijas.2015.3870

ANEXOS

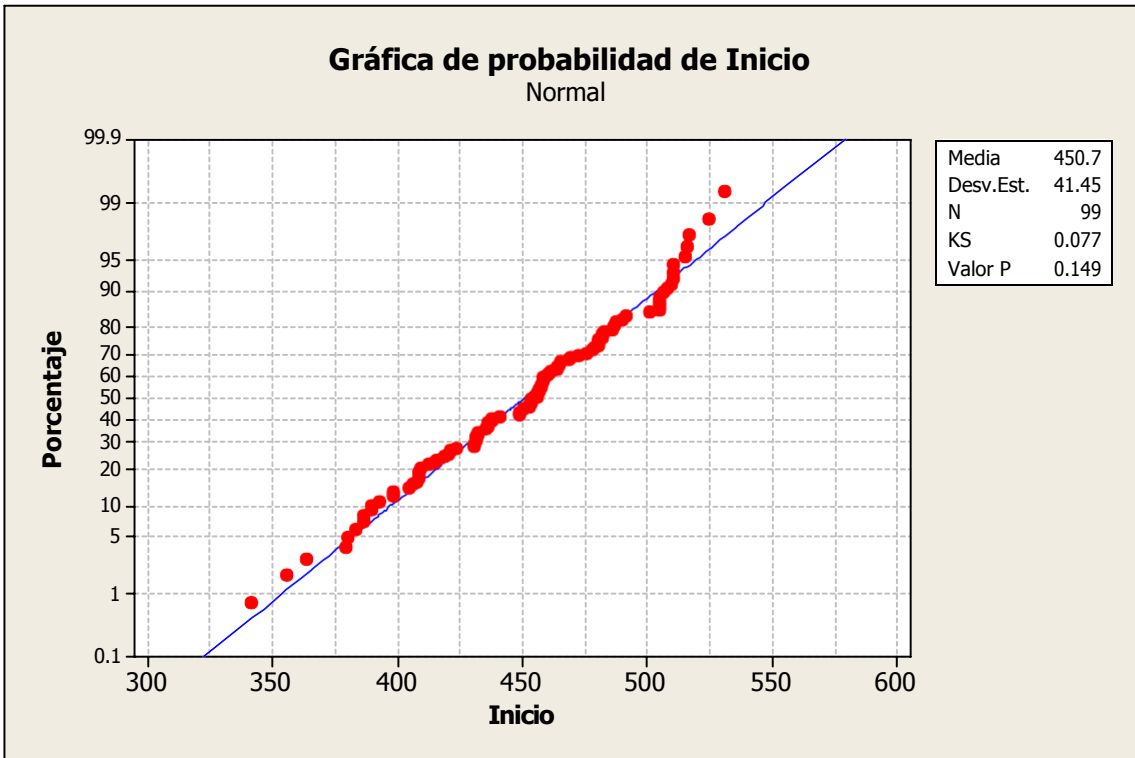
Anexo 01. Prueba de normalidad para el peso inicial



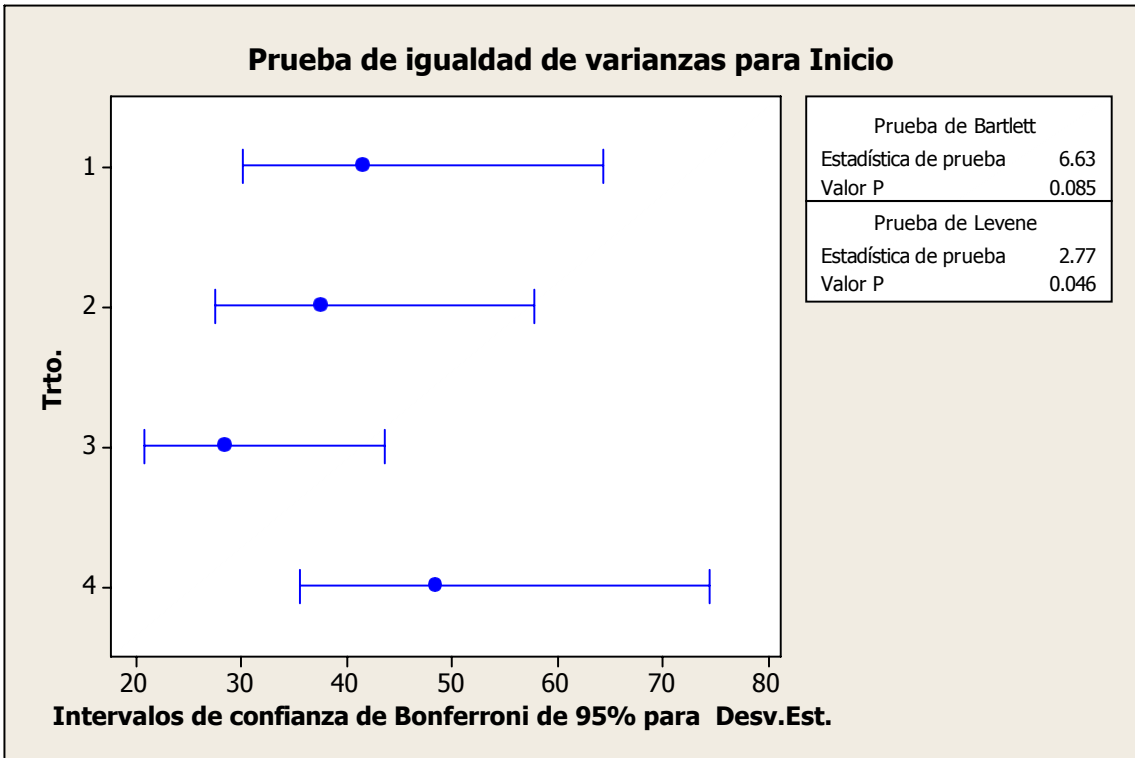
Anexo 02. Prueba de homogeneidad de varianzas con el peso inicial



Anexo 03. Prueba de normalidad para incremento de peso en Inicio



Anexo 04. Prueba de homogeneidad de varianzas con el incremento de peso en Inicio

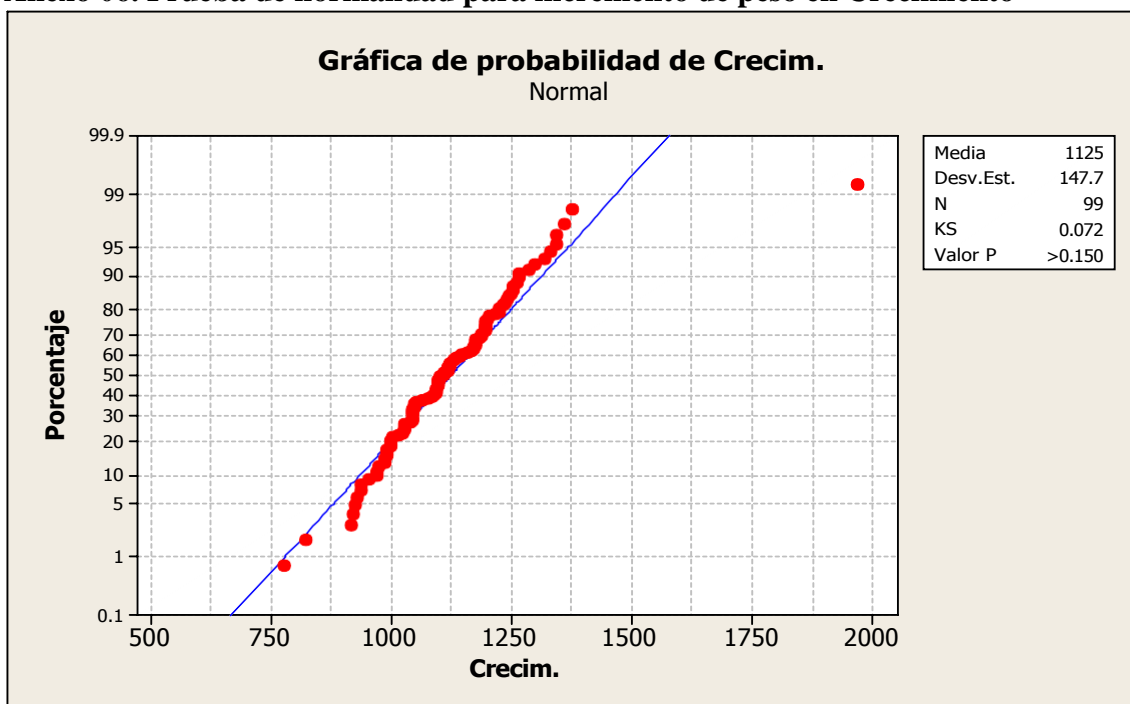


Anexo 05. Análisis de varianza con el incremento de peso en Inicio

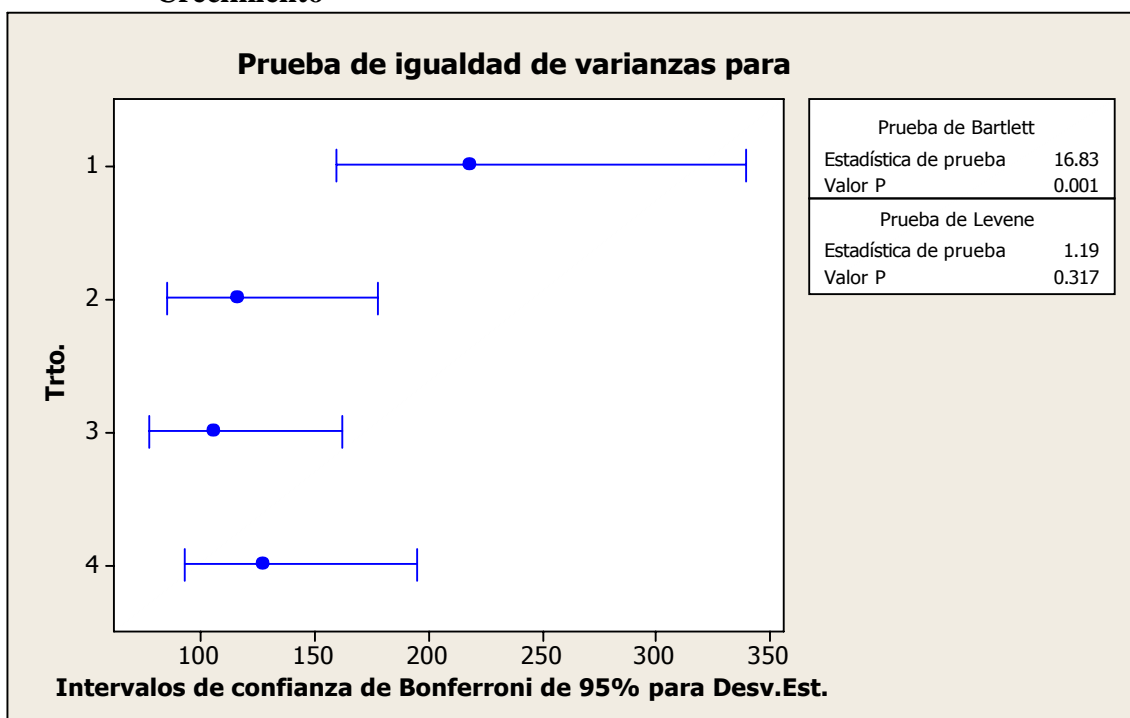
Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	P	Significación
Tratamientos	18533	3	6178	3.92	0.011	P<0.05
Residual	149864	95	1577			
Total	168388	98				

S = 39.72 R-cuad. = 11.01% R-cuad.(ajustado) = 8.20%

Anexo 06. Prueba de normalidad para incremento de peso en Crecimiento



Anexo 07. Prueba de homogeneidad de varianzas con el incremento de peso en Crecimiento

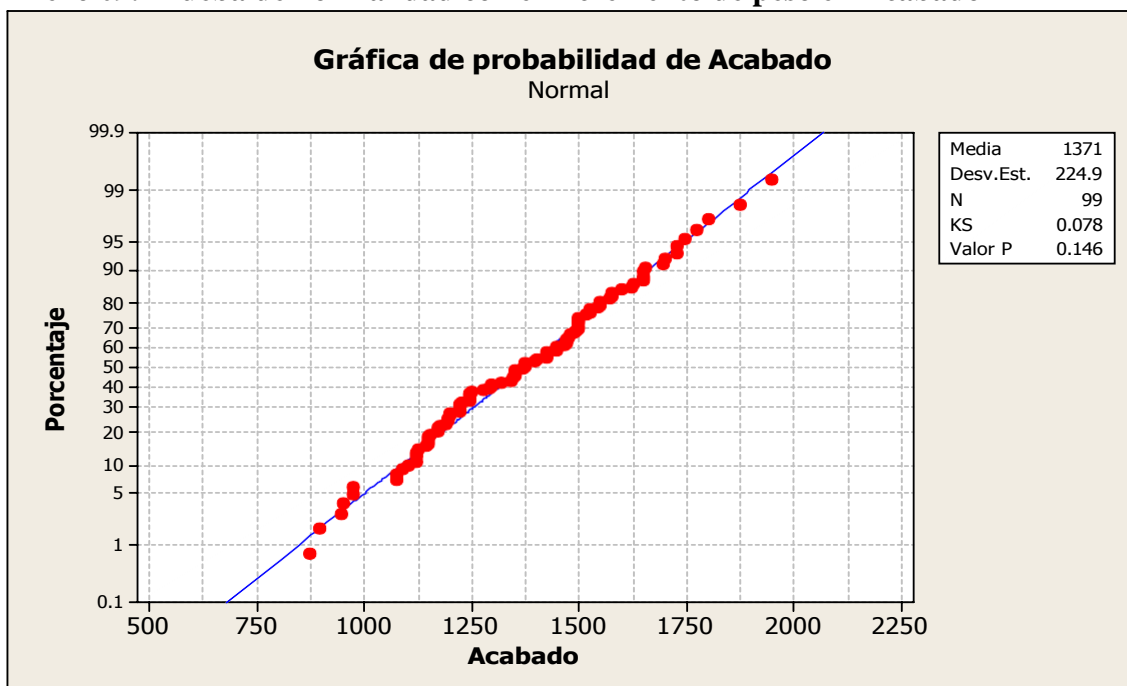


Anexo 08. Análisis de varianza con el incremento de peso en Crecimiento

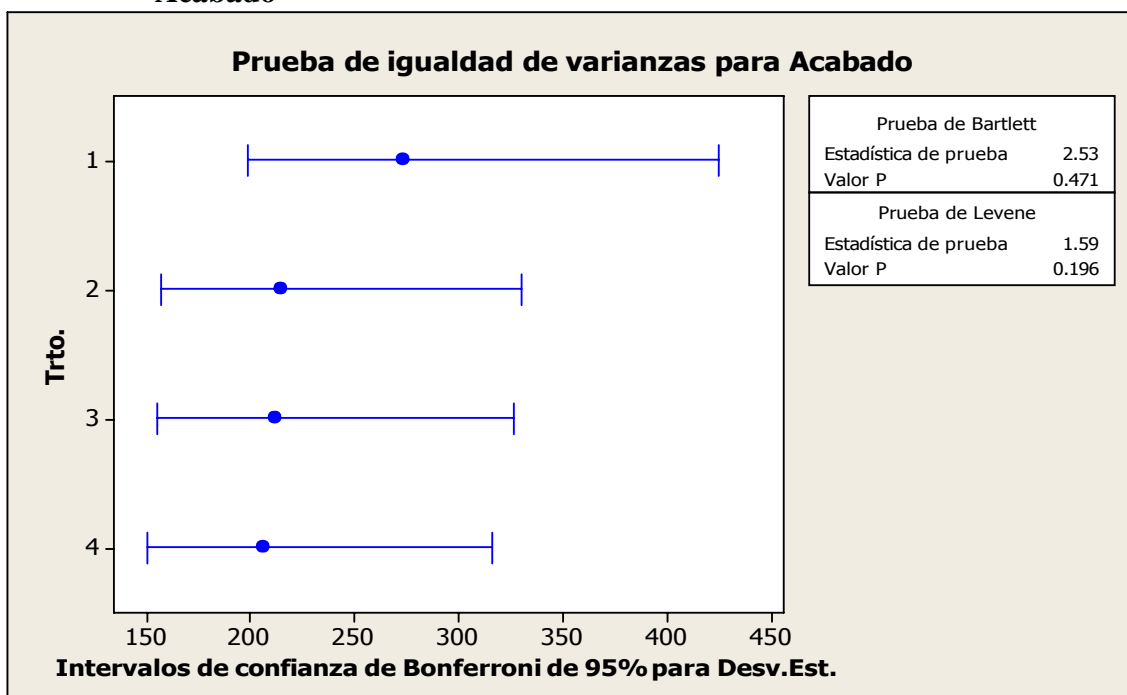
Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	P	Significación
Tratamientos	50944	3	16981	0.77	0.512	P>0.05
Residual	2086523	95	21963			
Total	2137467	98				

S = 148.2 R-cuad. = 2.38% R-cuad.(ajustado) = 0.00%

Anexo 09. Prueba de normalidad con el incremento de peso en Acabado



Anexo 10. Prueba de homogeneidad de varianzas con el incremento de peso en Acabado

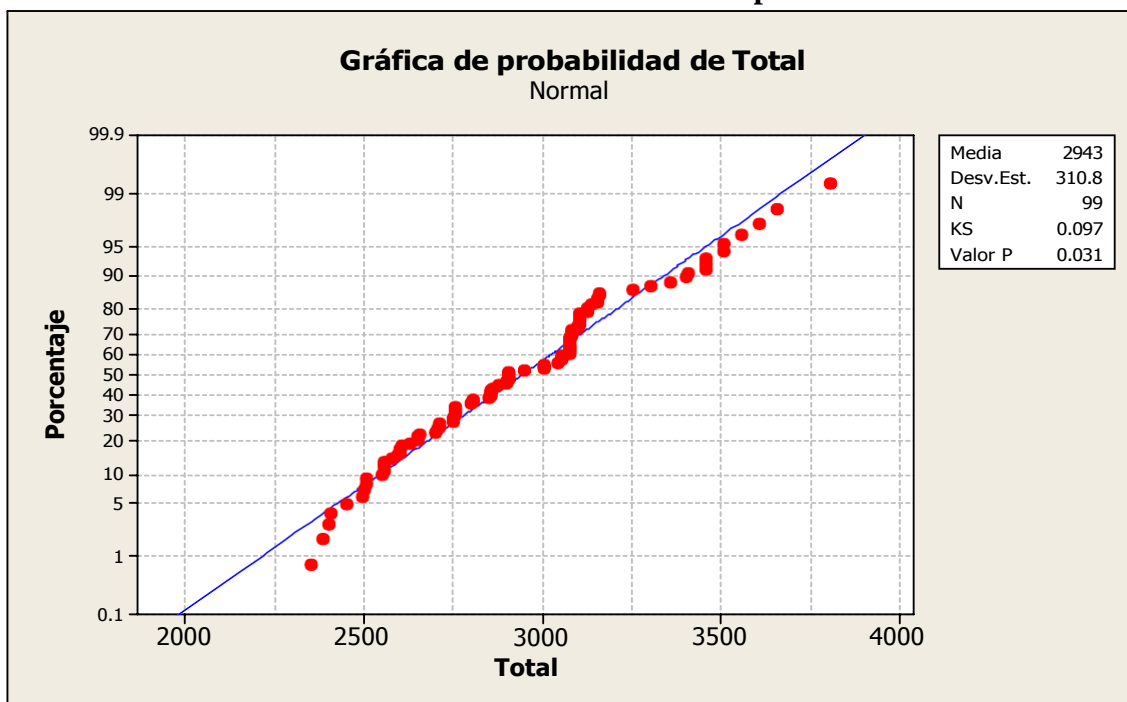


Anexo 11. Análisis de varianza con el incremento de peso en Acabado

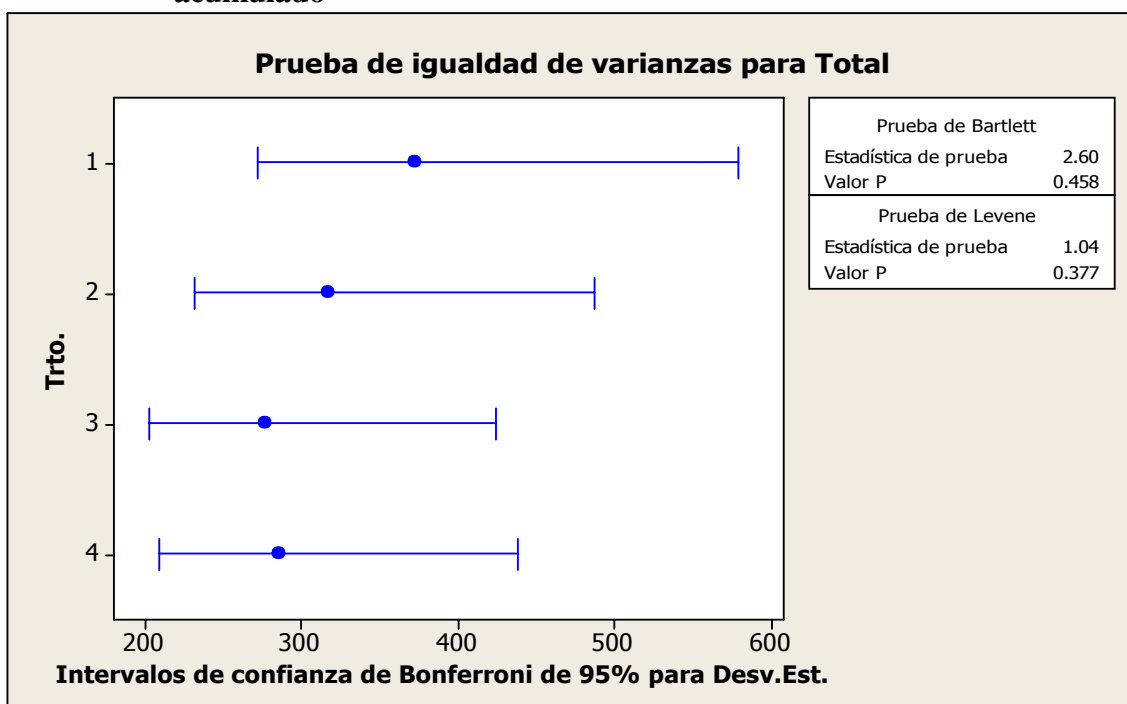
Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	P	Significación
Tratamientos	14481	3	4827	0.09	0.964	P>0.05
Residual	4942168	95	52023			
Total	4956649	98				

S = 228.1 R-cuad. = 0.29% R-cuad.(ajustado) = 0.00%

Anexo 12. Prueba de normalidad con el incremento de peso acumulado



Anexo 13. Prueba de homogeneidad de varianzas con el incremento de peso acumulado

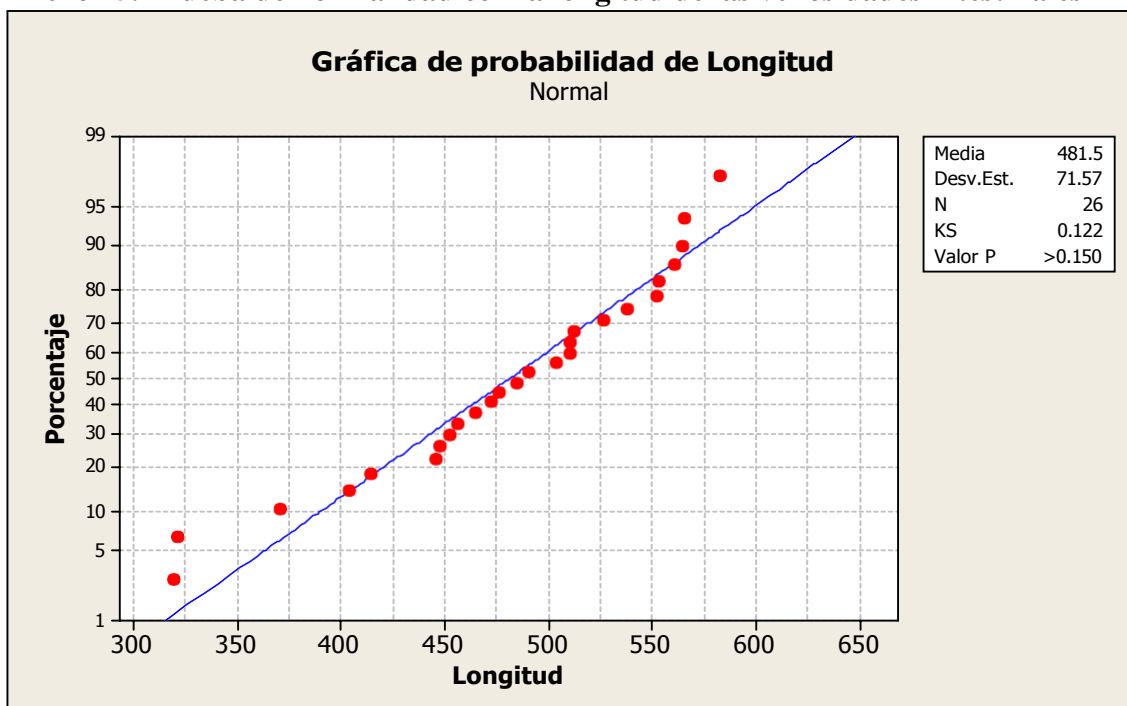


Anexo 14. Análisis de varianza con el incremento de peso acumulado

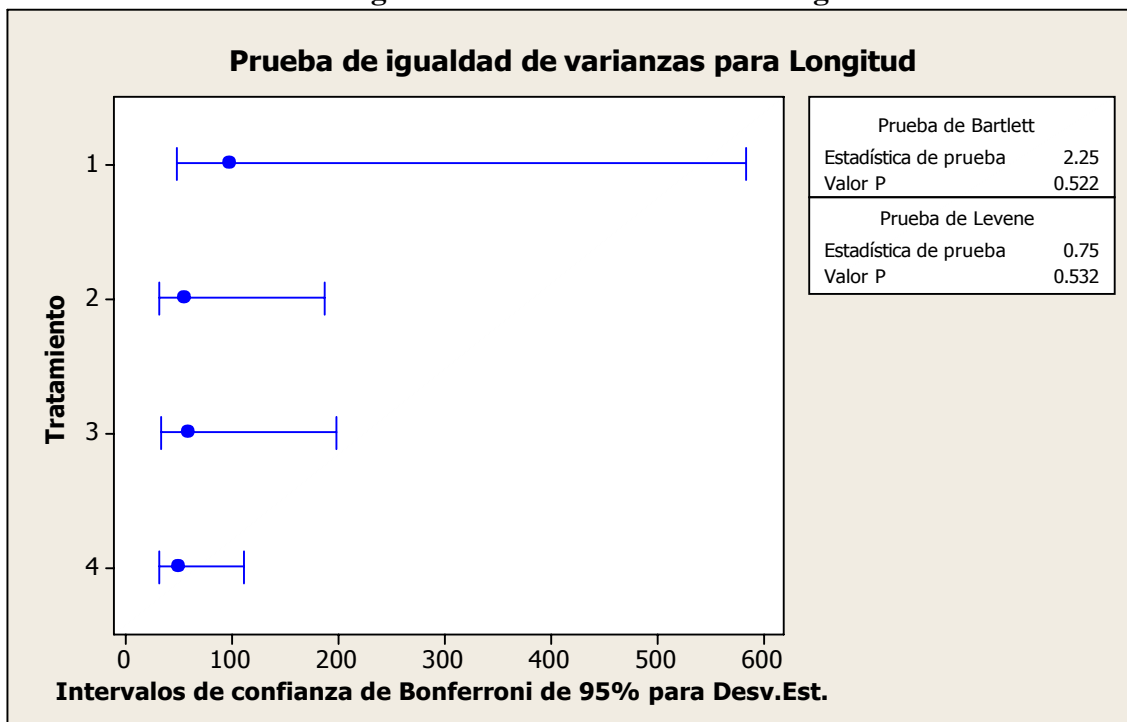
Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	P	Significación
Tratamientos	35908	3	11969	0.12	0.948	P>0.05
Residual	9432264	95	99287			
Total	9468171	98				

S = 315.1 R-cuad. = 0.38% R-cuad.(ajustado) = 0.00%

Anexo 15. Prueba de normalidad con la longitud de las vellosidades intestinales



Anexo 16. Prueba de homogeneidad de varianzas con la longitud de vellosidades

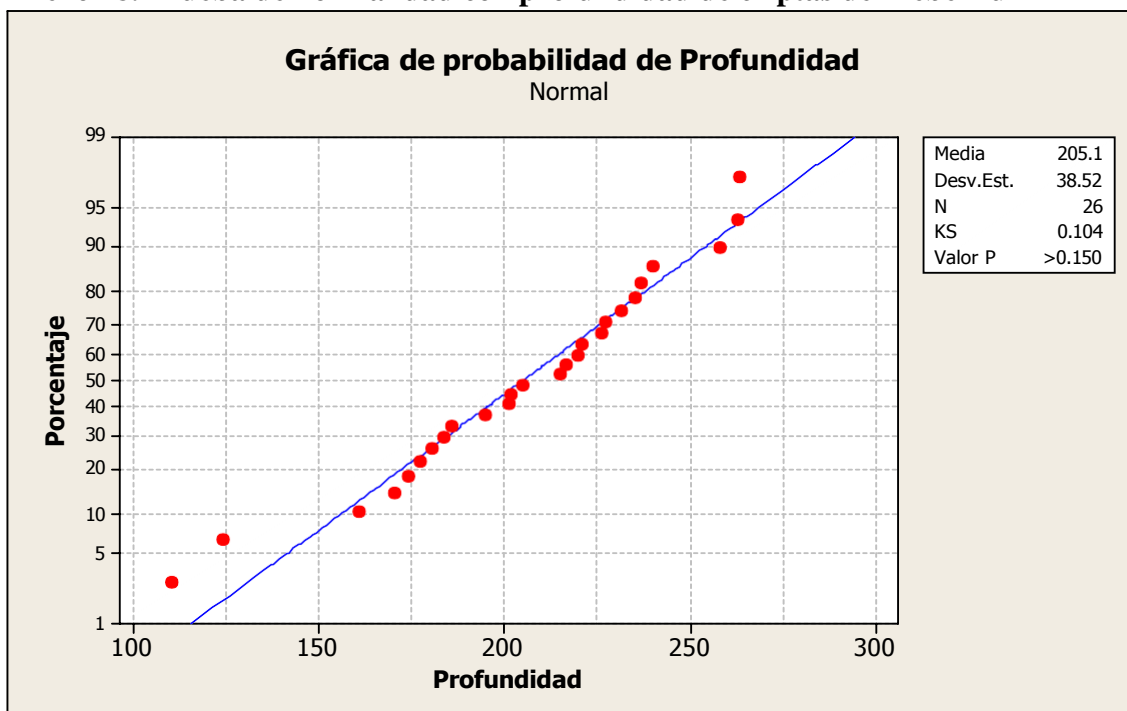


Anexo 17. Análisis de varianza con longitud de vellosidades intestinales

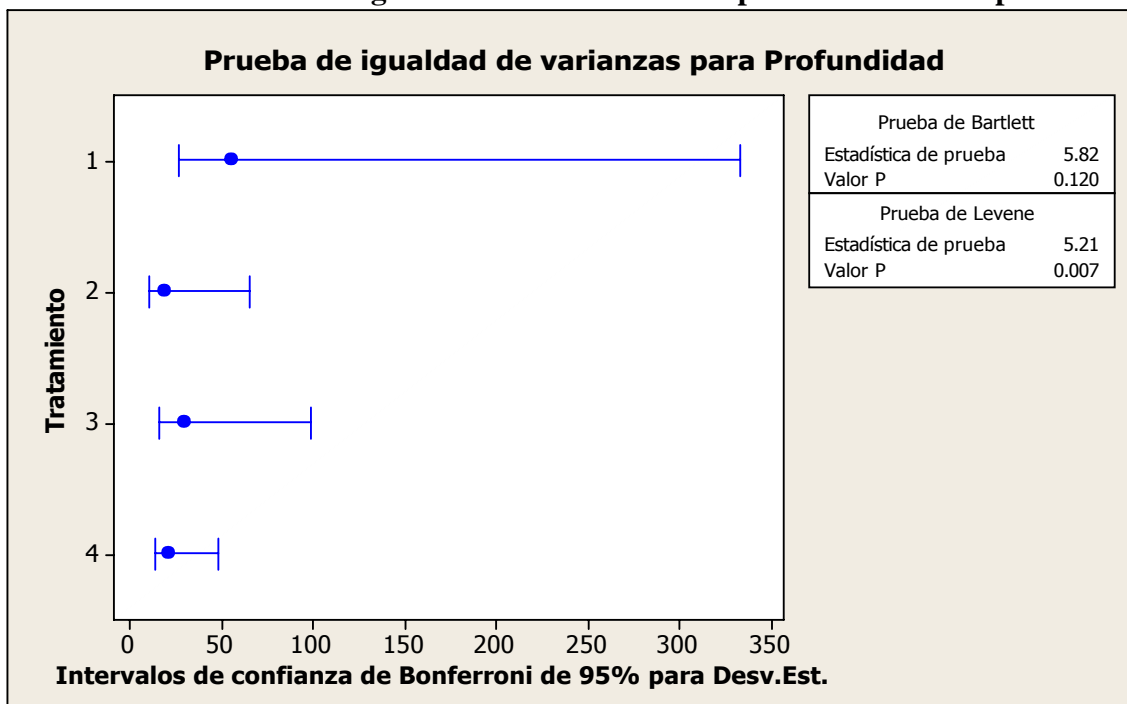
Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	P	Significación
Tratamientos	43011	3	14337	3.71	0.027	P<0.05
Residual	85045	22	3866			
Total	128056	25				

S = 62.17 R-cuad. = 33.59% R-cuad.(ajustado) = 24.53%

Anexo 18. Prueba de normalidad con profundidad de criptas de Lieberkühn



Anexo 19. Prueba de homogeneidad de varianzas con profundidad de criptas

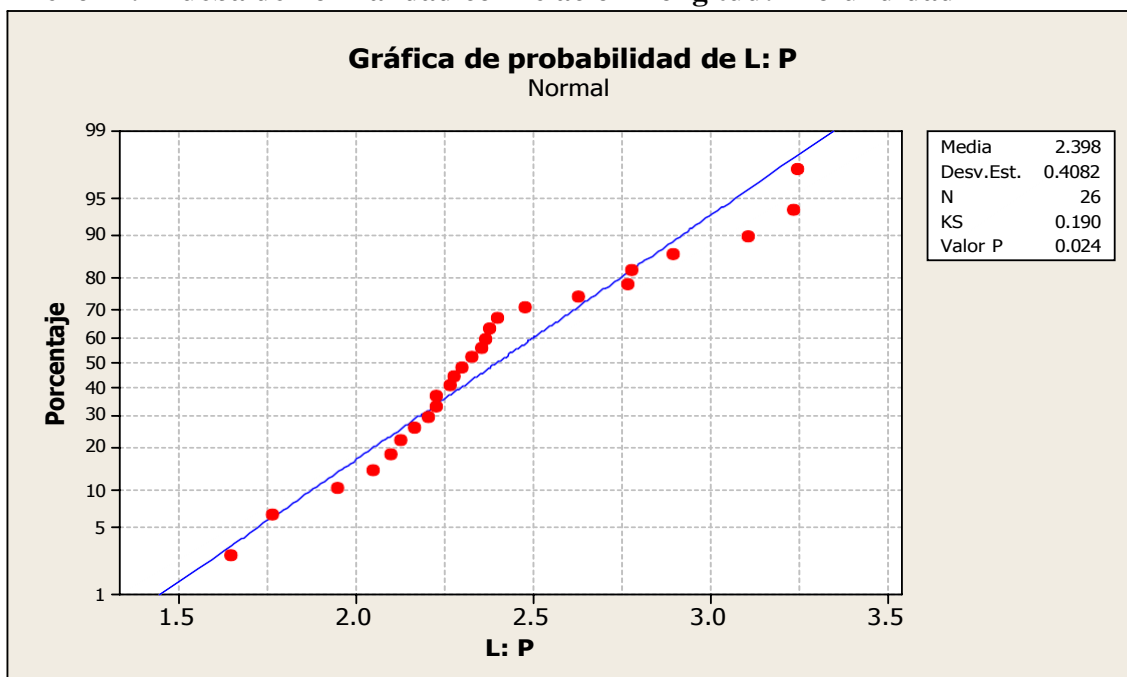


Anexo 20. Análisis de varianza con profundidad de criptas de Lieberkühn

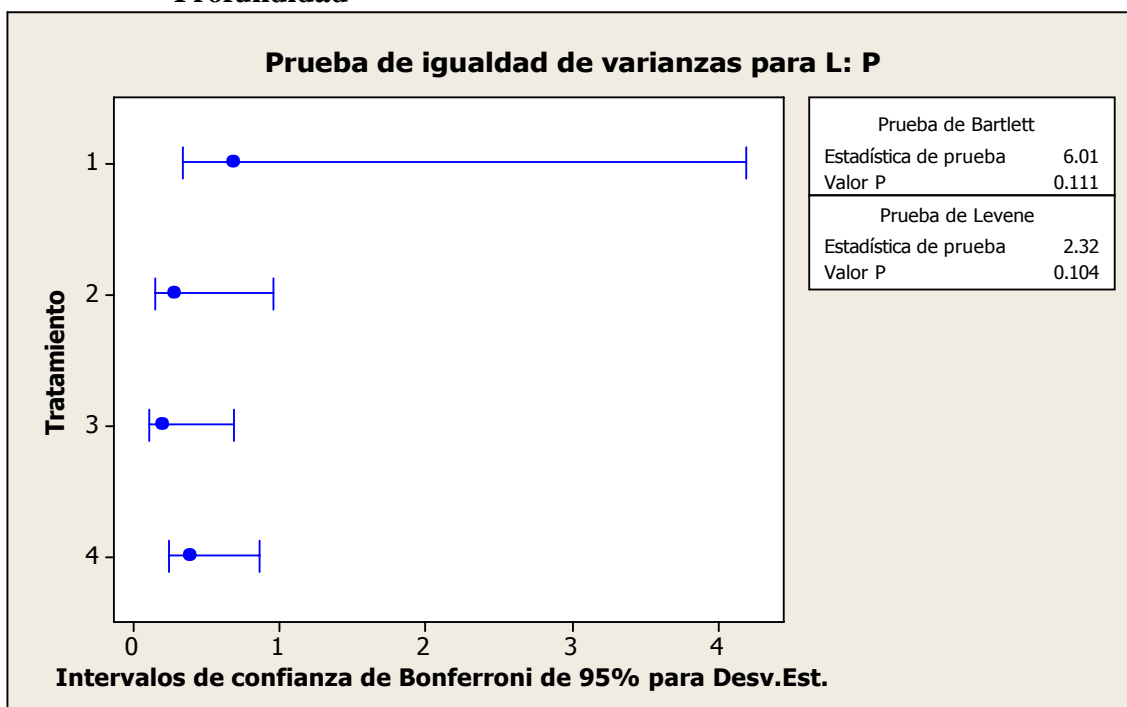
Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	P	Significación
Tratamientos	16941	3	5647	6.16	0.003	P<0.05
Residual	20155	22	916			
Total	37096	25				

S = 30.27 R-cuad. = 45.67% R-cuad.(ajustado) = 38.26%

Anexo 21. Prueba de normalidad con relación Longitud: Profundidad



Anexo 22. Prueba de homogeneidad de varianzas con relación Longitud: Profundidad



Anexo 23. Análisis de varianza con la relación Longitud: Profundidad

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	P	Significación
Tratamientos	0.652	3	0.217	1.36	0.281	P>0.05
Residual	3.154	22	0.160			
Total	4.166	25				

S = 0.3997 R-cuad. = 15.64% R-cuad.(ajustado) = 4.14%