



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

**Histomorfometría del epitelio interno del intestino delgado y conteo de
Escherichia coli en el ciego de pollos de carne de 42 días de edad que
reciben orégano en la dieta**

TESIS

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

Autor

Bach. Tello Cárdenas, Sayda Consuelo

Asesor

Del Carpio Ramos, Pedro Antonio, Dr.

(ORCID id: 0000-0002-0236-1593)

Lambayeque [23/ noviembre/ 2022]

Histomorfometría del epitelio interno del intestino delgado y conteo de *Escherichia coli* en el ciego de pollos de carne de 42 días de edad que reciben orégano en la dieta

TESIS

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

Autor: Tello Cárdenas, Sayda Consuelo

**Sustentada y aprobada ante el
siguiente jurado**

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



**Ing. Alejandro Flores Paiva, M. Sc.
Secretario**



**Ing. Corrales Rodríguez, Napoleón, Dr.
Vocal**



**Ing. Del Carpio Ramos, Pedro Antonio, Dr.
Asesor**





UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA

ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL

N° 019- 2022/FIZ



Siendo las 6:00 pm del día miércoles 23 de noviembre de 2022, de acuerdo a lo dispuesto en la Resolución N° 168-2022-VIRTUAL-FIZ/D de fecha 10 de noviembre de 2022, que autoriza la sustentación virtual de la tesis "HISTOMORFOMETRIA DEL EPITELIO INTERNO DEL INTESTINO DELGADO Y CONTEO DE Escherichia coli EN EL CIEGO DE POLLOS DE CARNE DE 42 DIAS DE EDAD QUE RECIBEN OREGANO EN LA DIETA", presentado por la Bachiller SAYDA CONSUELO TELLO CÁRDENAS, se reunieron vía plataforma virtual: <https://meet.google.com/txw-zwrb-tkk> los miembros de jurado designados con Resolución N° 011-2019-CF/FIZD, de fecha 14 de febrero del 2019, modificada en su constitución por la Resolución N°040-2022-VIRTUAL-FIZ/D, de fecha 03 de mayo de 2022 por motivos de cese en función docente del Presidente de Jurado ing. Enrique Gilberto Lozano Alva, M.Sc quedando de la siguiente manera: Ing. Rafael Antonio Guerrero Delgado, M.Sc. (Presidente), Ing. Alejandro Flores Paiva, MSc. (Secretario), Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr. (Vocal) e Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr. (Asesor) para dictaminar sobre la sustentación del trabajo de tesis antes citado, el cual fue aprobado con Resolución N° 112-2022-VIRTUAL-FIZ/D de fecha 10 de setiembre del 2022.

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/pgy-rwtu-wqj> para deliberar y calificar la sustentación de la tesis: "HISTOMORFOMETRIA DEL EPITELIO INTERNO DEL INTESTINO DELGADO Y CONTEO DE Escherichia coli EN EL CIEGO DE POLLOS DE CARNE DE 42 DIAS DE EDAD QUE RECIBEN OREGANO EN LA DIETA", presentado por la Bachiller SAYDA CONSUELO TELLO CÁRDENAS; habiendo acordado APROBAR el trabajo de tesis con la nota en escala vigesimal de 18 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 SAYDA CONSUELO TELLO CÁRDENAS; se encuentra APTA para recibir el Título Profesional de Ingeniera Zootecnista de acuerdo a la ley Universitaria N° 30220 y normatividad vigente de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo y Facultad de Ingeniería Zootecnia.

Siendo las 7:00 pm horas se dio por concluido el presente acto académico firmando en señal de conformidad los miembros de jurado y asesor.

Ing. Rafael Antonio Guerrero Delgado, MSc
PRESIDENTE

Ing. Alejandro Flores Paiva, MSc.
SECRETARIO

Ing. Napoleón Corrales Rodríguez, Dr.
VOCAL

Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr.
ASESOR

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Tello Cárdenas, Sayda Consuelo, investigador principal, y Del Carpio Ramos, Pedro Antonio, asesor, del trabajo de investigación **Histomorfometría del epitelio interno del intestino delgado y conteo de *Escherichia coli* en el ciego de pollos de carne de 42 días de edad que reciben orégano 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, agosto de 2022.



Tello Cárdenas, Sayda Consuelo



Del Carpio Ramos, Pedro Antonio

DEDICATORIA

Ante todo, a Dios; por haberme dado la fortaleza de levantarme de cada tropiezo que se me han puesto en el camino.

A mis padres (Wilfredo Tello Mori y Renata Cárdenas Cachay), por haber estado ahí siempre a mi lado, apoyándome y aconsejándome en mis decisiones siempre dándome lo mejor para salir adelante.

AGRADECIMIENTO

A todas las personas, naturales y jurídicas, que me brindaron su ayuda, directa e indirecta, para que este documento sea una realidad.

En especial a mi asesor, Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr.; quien, más que un asesor, fue un guía y un consejero en este proceso de realización de mi tesis, me inspiró a seguir y culminarla.

A mis maestros, por sus múltiples consejos, enseñanzas y por estar allí cuando los temas se me hacían confusos y difíciles; les agradezco también por haberme inculcado el espíritu de la investigación, amor y pasión por esta carrera.

A la Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”, por haberme dado la oportunidad de haber estudiado esta tan noble y provechosa carrera, logrando una formación de calidad.

Resumen

El presente trabajo se realizó con pollos Ross de 42 días de edad, procedentes de un ensayo de alimentación en el que se implementaron cuatro tratamientos (T1, testigo positivo con APC; T2, testigo negativo sin APC sin orégano; T3, 0.05% de orégano en polvo en el alimento; 0.10% de orégano en polvo en el alimento); finalizada la crianza se muestrearon completamente al azar cuatro pollos por tratamiento, los que fueron faenados y de los que se obtuvo muestras de la parte media del intestino delgado y contenido cecal. Se determinó la longitud de las vellosidades intestinales (425.6, 585.6, 437.7 y 508.5 μg , respectivamente para los tratamientos en el orden mencionado), profundidad de criptas de Lieberkühn (84.2, 86.83, 88.69 y 85.06 μg) y la relación longitud/ profundidad (5.491, 7.920, 5.166 y 6.187), hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) en longitud de vellos y en la relación longitud/ profundidad, el testigo negativo y el orégano al 0.1% presentaron los valores mayores. Así mismo, se determinó la cantidad más probable de *E. coli* en el contenido cecal y se expresó como lgNMP/g (5.28, 6.23, 6.19 y 5.87), la menor cantidad correspondió al testigo positivo seguido por el tratamiento con 0.1% de orégano. El orégano en polvo ejerce acción positiva en el epitelio intestinal y en la cantidad de *E. coli* en el ciego.

Palabras clave: Orégano; Pollos de carne; histomorfometría; *E. coli*.

Abstract

This work was carried out with 42-day-old Ross chickens, from a feeding trial in which four treatments were implemented (T1, positive control with APC; T2, negative control without APC without oregano; T3, 0.05% oregano in powder in the food; 0.10% of oregano in powder in the food); After breeding, four chickens per treatment were completely randomly sampled, which were slaughtered and from which samples of the middle part of the small intestine and cecal content were obtained. It was determined, length of the intestinal villi (425.6, 585.6, 437.7 and 508.5 μg , respectively for the treatments in the mentioned order), depth of the Lieberkühn crypts (84.2, 86.83, 88.69 and 85.06 μg) and length/depth relationship (5.491, 7.920, 5.166 and 6.187), there were significant differences ($P < 0.05$) in hair length and in the length/depth relationship, the negative control and oregano at 0.1% presented the highest values. Likewise, the most probable amount of *E. coli* in the cecal content was determined and expressed as lgNMP/g (5.28, 6.23, 6.19 and 5.87), the lowest amount corresponded to the positive control followed by the treatment with 0.1% oregano. Powdered oregano exerts a positive action on the intestinal epithelium and on the amount of *E. coli* in the cecum.

Keywords: Oregano; Meat chickens; Histomorphometry; *E. coli*

ÍNDICE

N° Cap.	Título del Capítulo	N° Pág.
	Resumen/ Abstract	vii
	INTRODUCCIÓN	01
I	ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO	05
	1.1. Tipo y Diseño de Estudio	05
	1.2. Lugar y Duración	05
	1.3. Tratamientos Evaluados	05
	1.4. Animales Experimentales	06
	1.5. Alimento Experimental	06
	1.6. Instalaciones y Equipo	07
	1.7. Técnicas Experimentales	07
	1.8. Variables Evaluadas	11
	1.9. Evaluación de la Información	11
II	MARCO TEÓRICO	13
	2.1. Antecedentes Bibliográficos	13
	2.1.1. Alternativa de los antibióticos promotores del crecimiento (APC)	13
	2.1.2. Acción sobre el epitelio intestinal	16
	2.1.3. Acción antioxidante	20
	2.1.4. Acción antimicrobiana	21
	2.1.5. Respuesta antibacteriana y del epitelio intestinal a la suplementación de orégano	25
	2.2. Bases Teóricas	36
III	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
	3.1. Longitud de las Vellosidades Intestinales	38
	3.2. Profundidad de la Criptas de Lieberkühn	40
	3.3. Relación Longitud de Vellosidad: Profundidad de Cripta (L: P)	42
	3.4. Presencia de <i>E. coli</i> en el ciego	44
IV	CONCLUSIONES	48
V	RECOMENDACIONES	49
	BIBLIOGRAFÍA	50
	ANEXOS	53

ÍNDICE DE TABLAS

Nº	Título	Pág. Nº
1	<i>Composición (kg por 500 kilos) de las raciones de Inicio, Crecimiento y Acabado</i>	06
2	<i>Composición química (análisis proximal), %, y contenido energético (Mcal/ kg) de las raciones utilizadas</i>	07
3	<i>Longitud (μm) de vellosidades del tercio medio del intestino delgado de pollos de carne (42 días de edad) por efecto de la presencia de orégano en la dieta</i>	38
4	<i>Profundidad (μm) de criptas de Lieberkühn del tercio medio del intestino delgado de pollos de carne (42 días de edad) por efecto de la presencia de orégano en la dieta</i>	40
5	<i>Relación Longitud: Profundidad del tercio medio del intestino delgado de pollos de carne (42 días de edad) por efecto de la presencia de orégano en la dieta</i>	42
6	<i>Contenido estimado de E. coli en el contenido cecal de pollos de carne (42 días de edad) que recibieron orégano en polvo en el alimento</i>	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	Título	Pág. Nº
1	<i>Esquema representativo de vellosidades intestinales y criptas de Lieberkhun</i> (Fuente: Wikipedia, 2021)	17
2	<i>Comparativo porcentual entre tratamientos para longitud de vellosidades intestinales</i>	39
3	<i>Comparativo porcentual entre tratamientos para profundidad de criptas de Lieberkhün</i>	41
4	<i>Comparativo porcentual entre tratamientos para longitud de vello: profundidad de criptas</i>	43
5	<i>Comparativo porcentual entre tratamientos para \log_{10}NMP de <i>E. coli</i> en el contenido cecal</i>	45

ANEXOS

Nº	Título	Pág. Nº
1	Prueba de normalidad con la longitud de vellosidades intestinales	53
2	Prueba de homogeneidad de varianzas con longitud de vellosidades Intestinales	53
3	Análisis de varianza con longitud (lgt.) de vellosidades intestinales	54
4	Prueba de normalidad con la profundidad de criptas de Lieberkühn	54
5	Prueba de homogeneidad de varianzas con profundidad de criptas de Lieberkhun	55
6	Análisis de varianza con profundidad (lgt.) de criptas de Lieberkühn	55
7	Prueba de normalidad con la relación longitud: profundidad	55
8	Prueba de homogeneidad de varianzas con la relación longitud: Profundidad	56
9	Análisis de varianza con la relación (lgt.) longitud profundidad	56

INTRODUCCIÓN

El accionar negativo de las bacterias de tipo patógeno que pueblan el tracto gastrointestinal (TGI) de los pollos de carne se puede manifestar de diferentes modos, uno de ellos es el deterioro del epitelio interno del intestino delgado afectando, por disminución de tejido sano, la absorción de nutrientes, la salud de los animales y los incrementos de peso; de hecho, los animales que no mueren tienen un rendimiento pobre y significa una gran pérdida económica para la empresa.

En el afán de controlar a este tipo de bacterias intestinales, a mediados del siglo XX los productores empezaron a utilizar antibióticos promotores del crecimiento (APC), los que permitieron que la industria alcanzara rendimientos asombrosos en cuanto a incremento de peso y conversión alimenticia, lo que permitió acortar la edad de faenado de los pollos; por supuesto que, todo esto se acompañó de un muy intenso trabajo de mejora genética y porque los APC, de alguna manera, mejoraron la tasa de absorción de nutrientes.

En sus inicios el empleo de APC se sostuvo por que se asumió que estos no eran absorbidos por el organismo y que su acción se focalizaba en la luz intestinal, pero sucedió que las bacterias empezaron a mostrar resistencia a los APC y esta fue transmitida a las que pueblan el TGI de las personas, por lo menos esa es la presunción actual; aunque nadie sabe como es que de las bacterias resistentes del TGI de los animales se transmitió esta capacidad a las de los humanos. Bajo este contexto, muchos problemas de salud humana vinculadas a la antibiótico-resistencia se relacionaron con el empleo de APC en la alimentación de las aves.

En los países desarrollados, ante la sospecha de existencia de un vínculo entre el empleo de un insumo y la salud de las personas, inmediatamente se activa la alarma para

recomendar el *uso prudente* de ese insumo y de corroborarse lo sospechado se exige la prohibición de su empleo. Así, los europeos empezaron por prohibir el uso de determinados APC y en 2006 se extendió a la totalidad de los antimicrobianos fármacos empleados como promotores del crecimiento. En la actualidad, la totalidad de los los países desarrollados lo ha hecho. Los países en vías de desarrollo, como el nuestro, se mantienen al margen de la misma, pero las comunidades científicas (principalmente en las universidades) han empezado a manifestarse para que se asuma la prohibición y los organismos de defensa de los consumidores también han empezado a presionar.

Bajo la coyuntura de la prohibición, y considerando la importancia de la carne de pollo en la dieta humana, la ciencia empezó a buscar a los posibles candidatos para reemplazar a los APC sin que se se pierdan los índices productivos ya logrados. Entre las estrategias optadas se encuentran los aceites esenciales de determinadas plantas que tienen acción antibacteriana y que, se asume, no generan resistencia; a este modo de acción se le ha denominado Fitobiótica, los principios y plantas de donde se obtienen, por lo tanto, son denominados fitobióticos. Lo bueno es que los fitobióticos han mostrado, además, propiedades antioxidantes, inmunoestimulantes, desinflamantes, etc.

Una de tales hierbas es el orégano, cuyo principio más llamativo es el carvacrol; de amplio uso en el arte culinario y de amplia disponibilidad en el medio.

Problema

La alta densidad de crianza y el elevado consumo de los alimentos altamente nutritivos destinados a los pollos de carne generan las condiciones ideales para un incremento de las poblaciones bacterianas de tipo patógeno y de cantidades importantes de radicales libres en el intestino de los pollos de carne; propiciándose el deterioro del epitelio intestinal interno, lo que atenta en contra del rendimiento y calidad de vida de los animales; debido a

que ya no debe utilizarse APC es necesario determinar una alternativa para controlar la flora intestinal y continuar obteniendo elevados rendimientos.

El orégano y otras especies vegetales han demostrado poseer acción de control de las poblaciones de bacterias negativas y otras propiedades a favor del organismo y del rendimiento. Siendo necesario evaluarlo para determinar el grado de su efecto sobre el epitelio y las bacterias intestinales. Por lo que se pregunta: **¿Se podrá determinar y evaluar el efecto sobre la histomorfometría del epitelio interno del intestino delgado y el conteo de *Escherichia coli* en el ciego al utilizar orégano en la dieta, sin APC, de pollos de carne de 42 días de edad?**

Hipótesis

La utilización de orégano en la dieta, sin APC, de pollos de carne permitirá evaluar su efecto sobre la histomorfometría del epitelio interno del intestino delgado y el conteo de *Escherichia coli* en el ciego.

La ejecución del presente proyecto de investigación se justifica porque se tiene poco conocimiento en el medio sobre el efecto que puede tener la inclusión de orégano en la dieta sobre la histomorfometría del epitelio interno del intestino delgado y sobre el conteo de *Escherichia coli* y el rol que puede jugar sobre algunos indicadores productivos.

Si el orégano puede permitir la no utilización de APC en la alimentación de los pollos de carne no se justifica el empleo de los fármacos y de esa manera se estaría coadyuvando en la reducción del antibiótico resistencia de las personas. Así, se favorecería el mejor rendimiento de carne, la que desde la antigüedad ha sido uno de los alimentos más importantes para la humanidad; lo que no ha cambiado en la actualidad, con creciente demanda, especialmente la de aves, sobre todo en los estratos más amplios de los consumidores y que son los más deprimidos económicamente (Puvaca et al., 2022).

La Facultad de Ingeniería Zootecnia puede llegar a convertirse en líder en la investigación que permita dejar de utilizar APC y en la reducción de la antibiótico-resistencia en la macro-región norte. Así mismo, los ingenieros zootecnistas deberían tener presente que una de sus metas es la producción de alimentos seguros para los consumidores; cooperando en la reducción de la antibiótico-resistencia se sienta el precedente para que los productores avícolas reconozcan el rol de esta profesión en la industria.

En la presente investigación se consideró los siguientes **objetivos**:

1. Determinar y analizar la longitud de vellosidades intestinales del tercio medio del intestino delgado.
2. Determinar y analizar la profundidad de las criptas de Lieberkühn.
3. Determinar y analizar la relación longitud de vellos y profundidad de criptas.
4. Determinar y analizar el conteo de *Escherichia coli* en el ciego.

I. ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO

1.1. Tipo y Diseño de Estudio

Debido a que la investigación se propuso para buscar una solución a un problema de investigación es considerada como *propositiva*; Así mismo, en las estrategias en la búsqueda de solución al problema se utilizaron datos (información) relacionada con las cantidades de respuesta que se observaron en las variables, por lo que la investigación es *cuantitativa*. Debido a que, para la obtención de la información, se manipuló una variable *independiente* (cantidad de orégano) y se observó su efecto sobre otras variables (*dependientes*), la investigación fue experimental.

Para mayores definiciones teórica y aplicativas se puede consultar a diferentes autores, como Ostle (1979), Scheffler (1981), Hernández et al. (2010), Maletta (2015).

1.2. Lugar y Duración

La investigación, en su fase de campo, se desarrolló en una crianza familiar - comercial de la ciudad de Chiclayo. La crianza tuvo una duración efectiva de 42 días de edad. Sin embargo, la presente investigación se desarrolló con los animales en el último día, inmediatamente después del faenado para tomar las muestras intestinales y de contenido cecal.

1.3. Tratamientos Evaluados

En esta investigación se evaluó cuatro tratamientos; dos testigos, positivo y negativo en función de la presencia (positivo) o ausencia de APC y dos proporciones de orégano (0.05 y 0.10%), con la siguiente configuración:

T₁: Testigo positivo (con APC);

T₂: Testigo negativo (sin APC);

T₃: Dieta con 0.05% de orégano (sin APC);

T4: Dieta con 0.10% de orégano (sin APC).

1.4. Animales Experimentales

De un ensayo de alimentación, se tomó cuatro pollos, de ambos sexos, por tratamiento, en forma completamente al azar, de los que se obtuvo las muestras para realizar los análisis. Los pollos fueron de la línea Ross.

1.5. Alimento Experimental

Las raciones empleadas en la fase de alimentación se presentan en la Tabla 1 y su composición química en la Tabla 2.

Tabla 1.
Composición (kg por 500 kilos) de las raciones de Inicio, Crecimiento y Acabado

Insumos	Inicio	Crecimiento	Acabado
Maíz amarillo, grano molido	225.2	285.0	337.0
Arroz partido	100.0	48.25	----
Soja, torta	117.0	117.0	99.0
Soja, harina integral	28.44	16.0	29.17
Aceite de palma	5.00	10.0	10.0
Carbonato de calcio	2.85	2.68	4.20
Phosbic	6.57	6.07	5.50
Arroz, polvillo	---	2.49	2.95
Hemoglobina bovina	3.00	2.00	2.00
Sal común	0.75	0.73	0.69
Premix*	11.17	9.78	9.36
Total	500.0	500.0	500.0

* Premix: combinación de productos vitamínicos, minerales, antioxidante, acidificantes, secuestrantes de micotoxinas, coccidiostato, pigmentantes, APC, etc.

El orégano se obtuvo en el mercado mayorista de la ciudad de Chiclayo, el mismo que se adecuó (deshidrató y molió) para ser incorporado a las raciones en el Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Ingeniería Zootecnia.

El antibiótico promotor del crecimiento (APC) fue la zinc-bacitracina, la que se adquirió en proveedor de insumos de la ciudad de Chiclayo. El APC sólo se utilizó en el tratamiento testigo positivo, en los otros tratamientos no se incluyó.

En todos los insumos se verificó aspectos de calidad para evitar complicaciones.

Tabla 2.

Composición química (análisis proximal), %, y contenido energético (Mcal/ kg) de las raciones utilizadas

Componente	Inicio	Crecimiento	Acabado
Materia seca	88.04	88.92	89.21
Proteína (N x 6.25)	20.22	21.41	17.04
Fibra cruda	1.41	1.29	1.83
Cenizas	4.24	4.12	2.76
Extracto etéreo	4.88	5.05	4.84
Extracto libre de nitrógeno	57.29	57.05	62.74
Calcio	0.72	0.75	0.35
Fósforo	0.50	0.49	0.37
Energía bruta	4.63	4.68	4.81

1.6. Instalaciones y Equipo

- Corrales, hechos de manta arpillera con poste de madera y con cama de cascarilla de arroz.

- Comederos de tipo bandeja y tolva y bebederos de sifón de 2 y 5 litros.

- Balanza de tipo reloj, con aproximación de 20 g.

- Balanza electrónica, con una precisión de 1 g.

- Cintas de plástico, adhesivas y plumones de tinta indeleble.

- Equipo para el faenado y recolección de muestras.

- Planillas de registros para pesos corporales, suministro y residuo de alimento.

- Además del equipo y material típicos para la explotación avícola.

1.7. Técnicas Experimentales

En el ensayo general de alimentación, del que provinieron los pollos para esta investigación, las instalaciones fueron acondicionadas considerando una densidad de 6 pollos por metro cuadrado; primero se hizo limpieza profunda y luego se procedió a hacer desinfección con amonio cuaternario y gluteraldehído. Se colocó cascarilla de arroz y se puso manta arpillera

para hacer vacío sanitario hasta la llegada de los pollitos. Se preparó cuatro corrales, cada uno para 10 pollos (dos para machos y dos para hembras), para cada tratamiento.

Los pollitos se asignaron aleatoriamente a cada uno de los tratamientos. Cada uno fue identificado con una banda plástica numerada y sujeta al tarso y se procedió a tomar el peso inicial y luego se pesaron al finalizar cada una de las fases de crianza. Todos los pollos empleados para esta investigación procedieron de una crianza bien llevada. Se aplicó un programa sanitario que estuvo basado en la bio-seguridad (no ingreso de personas ajenas a los ensayos, programa estricto de vacunaciones, desinfección de calzado y ropa antes de ingresar al galpón, etc.)

El alimento se preparó con insumos de disponibilidad local y el proceso de mezclado fue progresivo (el orégano se combinó con los insumos menores de la fórmula en un kilo de maíz y progresivamente se fue incorporando el resto de insumos) para procurar mezclado homogéneo. Se suministró en cantidades pesadas pero en cantidades suficientes para lograr consumo *ad libitum*.

Al finalizar el período de Acabado, 42 días de edad, se tomó la muestra de pollos y se faenaron; este proceso implicó: Aturdimiento (rotura de una vértebra cervical), Degüello, Escaldado (70° C), Desplumado (manual), y Eviscerado. Se procedió a tomar el intestino delgado y del tercio medio se extrajo una muestra de 4 cm de largo, la que se puso en un depósito con formol al 10% y se identificó. Así mismo, se tomó muestra del contenido del ciego para determinar el conteo (NMP/g) de *Escherichia coli*. Ambos análisis se realizaron en el Laboratorio de Patología y en el Laboratorio de Microbiología de la Universidad Privada Antenor Orrego de la ciudad de Trujillo.

Para la determinación de la longitud de las vellosidades intestinales y la profundidad de las criptas de Lieberkühn se siguió la metodología descrita por Ordóñez (2018) y Vidarte (2021), que en resumen implicó lo siguiente:

Retiro del fijador y lavado con agua (12 horas), luego se deshidrató, implicando:

- Dos baños con alcohol de 70° (1 hora cada uno).
- Dos baños con alcohol de 95° (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 (media hora cada uno), hasta que las muestras se vieron 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; obtenido 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 hicieron las mediciones (altura de vellosidades y profundidad de criptas) en los cortes fijados en las láminas, cada lamina con 3 cortes. De cada lámina se registró 10 medidas para cada estructura. Para la captura de imágenes se utilizó un microscopio óptico binocular 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.

La metodología para el conteo de *E. coli* la describe Ordóñez (2018) de la siguiente manera:

Se hizo conteo de *E. coli* en las muestras diluidas, los tubos positivos fueron comparados en una tabla probabilística; los datos se expresaron como número más probable por gramo de contenido intestinal (NMP/g).

El método consiste de una *prueba presuntiva* que proporciona una estimación de *E. coli* y una *confirmativa* para *E. coli.*, para ello se pesó 10 g de por cada repetición. La muestra se mezcló con agua peptonada tamponada al 0.1 %. Se hicieron diluciones decimales seriadas. Se agregó 1 mL de cada dilución a tubos de ensayo que contenían 9 mL de caldo lauryl sulfato y un tubo Durham invertido, los tubos se incubaron a 35 °C por 48 h. La prueba se consideró positiva por la presencia de gas en el interior de los tubos Durham después de su incubación.

Para la prueba confirmativa se seleccionaron los tubos positivos resultantes de la prueba anterior para inocular tubos que contenían 9 mL de caldo EC y un tubo Durham invertido, se incubaron los tubos EC a 44.5 °C por 24 h. El NMP se determinó al llevar el número de tubos positivos presentes en cada dilución a una tabla probabilística.

1.8. Variables Evaluadas

- Longitud de vellosidades intestinales, uM
- Profundidad de criptas de Lieberkühn, uM
- Relación Longitud: Profundidad
- Conteo de *Escherichia coli*, logNMP/g.

1.9. Evaluación de la Información

Estadísticamente se hizo el siguiente planteamiento de hipótesis:

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

H₁: AL MENOS UNA MEDIA ES DIFERENTE

Para tomar la decisión de rechazar una de las dos, se aplicó un diseño irrestricto al azar (DIA) en el que se controló la variable presencia de orégano en la dieta según los tratamientos indicados en el acápite 1.3. El modelo aditivo lineal es descrito por Ostle (1979) de la siguiente manera:

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

En el que, Y_{ij} es la variable evaluada (longitud de vellosidades intestinales, profundidad de criptas, relación longitud: profundidad, etc.); μ , es el efecto medio verdadero; τ_i , es el efecto verdadero del i-ésimo tratamiento; ξ_{ij} , es el efecto de la j-ésima unidad experimental sujeta a los efectos del i-ésimo tratamiento o error experimental.

De acuerdo a las apreciaciones de Scheffler (1981), se toleró una máxima probabilidad de 5% de cometer error de tipo I.

Para el análisis de la varianza, primero se determinó la normalidad y homocedasticidad a través de las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Levene. En las variables determinadas del epitelio intestinal, debido a que los resultados de la evaluación estadística indicaron que las varianzas no fueron homogéneas se siguió la recomendación de Ostle (1979) de transformación para poder aplicar el análisis de la varianza, en este caso se aplicó la transformación logarítmica.

Para la evaluación estadística de la información de cada variable se utilizó el software estadístico Minitab 15.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Bibliográficos

2.1.1. Alternativa de los antibióticos promotores del crecimiento (APC)

La producción animal, principalmente la avícola y porcina, lograron un máximo productivo, debido a factores no inherentes a los animales, cuando se determinó que con el empleo de antibióticos en el alimento se lograba mejorar el incremento de peso y la utilización del alimento para tal incremento; se asumió que este comportamiento se debería al control de bacterias nocivas que, en su afán de conseguir nutrientes, destruyen el epitelio intestinal del hospedero mermando la conversión alimenticia. Posteriormente, se determinó en animales sin colonización intestinal que estos fármacos ejercían no solo lo antes mencionado, sino que definitivamente promocionaban mejor rendimiento del crecimiento y que actuaban sobre el fisiologismo orgánico, indicándose que disminuían el grosor del tejido intestinal favoreciendo la absorción de nutrientes. No obstante, se llegó a determinar que el empleo de estos fármacos se vinculaba con la antibiótico resistencia en las bacterias que pueden ocasionar serios problemas de salud en las personas, por lo que su empleo fue prohibido en Europa y, paulatinamente, en casi todos los países desarrollados y parecería que esta tendencia se generalizaría también en los países en vías de desarrollo. En 2006 la Unión Europea prohibió el empleo de antibióticos como promotores del crecimiento en concordancia con la regulación EC1831 creada en 2003 (Cabarkaba et al., 2020).

La situación de preocupación por parte de los productores se genera por el temor a no lograr indicadores productivos económicamente sostenibles y no confiar o desconocer posibles alternativas a los APC. Bajagai et al. (2021) indican que inicialmente la prohibición del empleo de los APC se asumió como un desastre total por la conmocionada industria de

la producción animal, que temía por la pérdida de eficiencia en el rendimiento animal, ya que las enfermedades se incrementaron en los primeros países que prohibieron estos fármacos.

Los mismos autores (Bajagai et al., 2021) mencionan que la industria de ajustó rápidamente y buscó agentes alternativos naturales (es decir, no sintéticos producidos por la industria farmacéutica) para el control de patógenos, entre las que se encuentran las hierbas y especias poseedoras de acción antimicrobiana como orégano, tomillo, ajo, pimienta, pimientos, canela y otros. Los autores indican que inicialmente su empleo se inició como un complemento de especias crudas o aceites esenciales, pero que durante la última década evolucionó hacia el uso de productos con dosis controladas de los componentes antimicrobianos más activos provenientes de estas hierbas y especias. Así mismo, consideran que, independientemente del empleo a gran escala por parte de la industria, se sabe relativamente muy poco sobre cómo afectan a diferentes órganos y sistemas fisiológicos, así como a la salud y bienestar general de los animales, debido a su complejo modo de acción.

Barbabosa Pliego et al. (2020) indicaron que estas hierbas se emplean no solo como alternativa a los APC, sino también como antivirales, antiparasitarios (incluida la coccidiosis) e inmunomoduladores. Así mismo, consideraron que la función antibiótica de estos productos se basa en sus componentes bioactivos (isotiocinatos, timoquinona, alicina, azadiractina, etc.) y la promoción del crecimiento en la capacidad para promocionar la ingestión de alimentos, incrementar la digestibilidad (estimulación de enzimas digestivas) y prevenir la colonización de patógenos del intestino o influir en el desarrollo de las vellosidades intestinales favoreciendo la absorción de nutrientes.

Los productos de acción fitobiótica son considerados en la actualidad como una alternativa a los APC debido a su contenido de sustancias activas con diferentes propiedades importantes para el organismo animal; estos compuestos son referenciados comúnmente con

“aceites esenciales”. En la revisión realizada por Puvaca et al. (2022) se indica que existen alrededor de 3000 tipos de aceites esenciales en el mercado y se producen a partir de 2000 especies de plantas; así mismo, consideran que 300 aceites esenciales son de importancia. Que anualmente se producen entre 40 y 60 mil toneladas de aceites esenciales por un valor aproximado de 700 millones de dólares.

La misma fuente (Puvaca et al., 2022) también menciona que:

Los aceites esenciales son líquidos aromáticos y fácilmente volátiles, en su mayoría incoloros o de color amarillento. La consistencia de la mayoría de ellos es similar al agua o al alcohol, pero algunos pueden ser pegajosos y viscosos. Ninguno contiene grasa o aceite, aunque llevan el término “aceite” en su nombre, lo que muchas veces es un error acerca de la composición de estas mezclas heterogéneas. Una de sus características es que no se disuelven en agua o se disuelven muy poco, en tanto que se disuelven bien en todos los disolventes orgánicos (éter, cloroformo, gasolina, etc.) Además, se espesan, oscurecen y reaccionan en forma ácida cuando se exponen al aire durante mucho tiempo. [...] es difícil determinar el punto de ebullición de estas mezclas complejas, dada la gran cantidad de sustancias que las componen; la temperatura de ebullición suele oscilar entre 150 y 280°C, por lo que los componentes pueden ser separados por destilación fraccionada. [...] Estos suelen ser flavonoides, polifenoles, taninos, alcaloides, terpenoides, polipéptidos y muchos otros compuestos que hacen que los aceites esenciales sean específicos y se conocen como metabolitos secundarios de las plantas.

Los autores indican que los metabolitos secundarios (MS) son pequeñas moléculas orgánicas producidas por un organismo que no son esenciales para su crecimiento, desarrollo y

reproducción y son biológicamente activos y que desempeñan algunos roles importantes en la vida de cada planta.

Puvaca et al. (2021) y Raza et al. (2022) coinciden en indicar que los MS son depósitos de productos nocivos y componentes de ciertos sistemas enzimáticos (coenzimas); poseen actividad hormonal, protegen a la planta previniendo infecciones que pueden ser causadas por bacterias, hongos y virus; así como de una sobredosis de radiación ultravioleta y transpiración excesiva, entre otras funciones.

A pesar de la gran cantidad (20 a 60) de compuestos diferentes, biológicamente activos, en distintas concentraciones, que pueden estar presentes en el aceite esencial, en realidad unos pocos son dominantes (20 – 70%) y el resto están en trazas. Sin embargo, se ha indicado que hasta los presentes en cantidades traza pueden darle peculiaridades importantes al aceite esencial de una planta. Las concentraciones varían según las partes utilizadas de la planta (semillas, hojas, raíz, flores, yemas, tallo), la temporada de recolección y la zona geográfica; así mismo, el procedimiento de obtención también hace variar el contenido.

2.1.2. Acción sobre el epitelio intestinal

Puvaca et al. (2022), han realizado la descripción del sistema intestinal indicando que:

...el intestino del pollo es un órgano digestivo complejo compuesto principalmente por tres partes del intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon) que entran en contacto con una gran cantidad de microbiota intestinal. La mucosa, en la que se absorben los nutrientes, consta de células epiteliales que se basan en estructuras mucosas especializadas llamadas “vellosidades intestinales” y “criptas”. Las vellosidades intestinales son una formación repetitiva que representa una protrusión en la luz

intestinal, mientras que las criptas, ubicadas a cada lado de las vellosidades, representan la invaginación del epitelio.

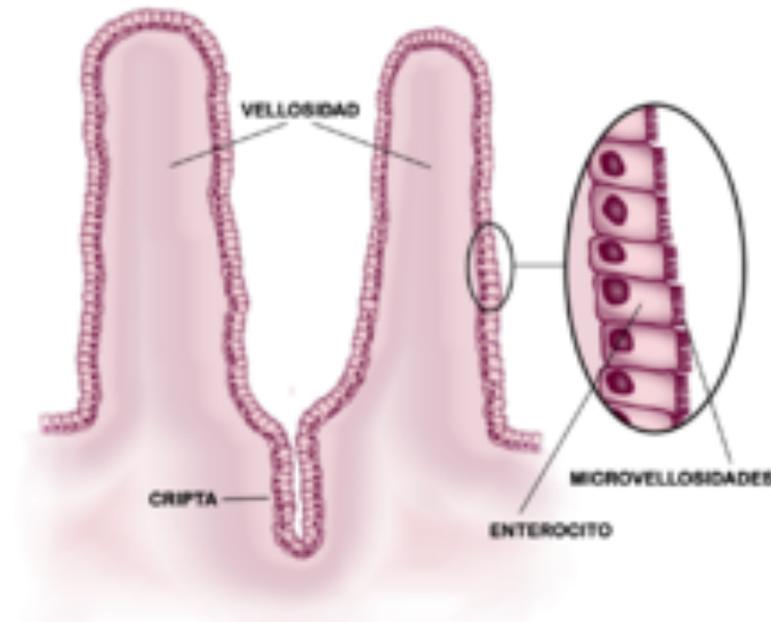


Figura 1. Esquema representativo de vellosidades intestinales y criptas de Lieberkühn (Fuente: Wikipedia, 2021)

En los pollos, el desarrollo de vellosidades y criptas se observa en el período posterior a la eclosión. Las vellosidades se consideran una estructura especializada para aumentar la superficie de absorción. Por lo tanto, en muchos estudios, la altura de las vellosidades intestinales se mide histológicamente para indicar una superficie incrementada para la absorción de nutrientes.

El epitelio intestinal actúa como una barrera natural contra las bacterias patógenas y las sustancias tóxicas que se encuentran en la luz intestinal. Los factores estresantes, patógenos y químicos, entre otros, provocan alteraciones en la microflora o epitelio intestinal que pueden alterar la permeabilidad de esta barrera natural, facilitando la invasión de patógenos y sustancias nocivas y modificando su metabolismo y capacidad para digerir y absorber nutrientes, lo que lleva a procesos

inflamatorios crónicos en la mucosa intestinal. En consecuencia, se produce un acortamiento de las vellosidades, un aumento de la renovación celular y una disminución en la actividad y absorción del tracto digestivo.

Puesto que la absorción de nutrientes depende del proceso que tiene lugar en la mucosa intestinal, los aceites esenciales son ampliamente utilizados para mejorar las características productivas y la eficiencia de la mucosa. El mecanismo de acción de los aceites esenciales puede explicarse por la producción de sustancias antimicrobianas y ácidos orgánicos, la protección de las vellosidades y absorción de superficies de toxinas producidas por patógenos indeseables, así como la estimulación del sistema inmune. Por otro lado, la acción de los aceites esenciales se basa en la reducción del crecimiento de bacterias intestinales, patógenas o no, mediante la disminución del pH como resultado del incremento del ácido láctico en el intestino. Algunas bacterias pueden reconocer tales sitios de unión en las moléculas cuando están en la superficie de la mucosa y así se reduce la colonización intestinal por bacterias patógenas. Por lo tanto, existe una menor frecuencia de procesos infecciosos y pueden realizarse adecuadamente a través de la mucosa las funciones de secreción, digestión y absorción de nutrientes.

Ante estas perspectivas se ha tratado de dilucidar el rol que ejercen los aceites esenciales en estos procesos; como en la mayoría de los casos primero se describieron los efectos y paulatinamente entender el modo de acción. Así, Puvaca et al. (2022) indicaron que:

Se observó que los compuestos bioactivos, como el carvacrol, el cinamaldehído y la oleoresina de capsicum, tienen un efecto en la estimulación de la producción y secreción de mucina en el intestino, lo que posiblemente perjudique la adhesión de patógenos y tenga un efecto positivo en el intestino del pollo. Beneficios

adicionales incluyen influencias sobre la digestibilidad, absorción de los nutrientes y la morfología intestinal y un efecto estabilizador sobre la microbiota intestinal. [Así mismo,] Reisinger et al., evaluaron los efectos sobre el rendimiento de pollos de carne que recibieron un aditivo alimenticio fitogénico que contenía aceites esenciales de orégano, anís y cáscara de cítricos sobre la morfología intestinal durante la la exposición a la vacuna coccidial; los resultados mostraron que los pollos alimentados con el suplemento de aceites esenciales tuvieron criptas 12% más profundas que las de los pollos del [tratamiento] control, en tanto que los pollos que recibieron la vacuna coccidial tuvieron una reducción del 11% en la profundidad de las criptas.

Como indicaron los mismos investigadores (Puvaca et al., 2022), “la morfología y funcionalidad de las diferentes regiones del tracto intestinal parecen ser un sistema flexible capaz de adaptarse a las necesidades del organismo; sin embargo, se dispone de poca información [que explique] cómo los compuestos bioactivos afectan la morfología y funcionalidad gastrointestinal”. Lo evidente es que la suplementación de aceites esenciales provenientes de diferentes fuentes han mostrado efectos positivos sobre la cantidad de células caliciformes, secreción de mucina, tamaño y cantidad de vellosidades intestinales y profundidad de criptas que se reflejaron en muchos casos en mejoras en los indicadores productivos.

Muy vinculado con la estructura adecuada del epitelio intestinal promocionada por los aceites esenciales se encuentra la acción sobre la autooxidación; entendiéndolo como tal al proceso por que se trata de neutralizar a los radicales libres los que, en su afán de apreamiento, pueden dañar tejidos (epitelio intestinal, por ejemplo) y mermar el rendimiento de los pollos; sobre todo, considerando que las condiciones productivas adoptadas por la mayoría (alta densidad) son proclives a producir radicales libres.

2.1.3. Acción antioxidante

Cabarkapa et al. (2020) reportaron que muchas plantas aromáticas y sus aceites esenciales son conocidas por sus propiedades antioxidantes, basadas principalmente en los compuestos fenólicos del aceite o en otras fracciones fitoquímicas. Algunas sustancias no fenólicas también pueden mostrar considerable potencial antioxidativo. Los mismos autores, respecto a la acción antioxidante, refieren que:

Muchos compuestos fenólicos son los contribuyentes principales en la protección de los procesos de peroxidación de los alimentos, actuando en la forma de sustituto parcial y en uso de acetato de vitamina E ($C_{31}H_{52}O_3$) con compuestos relacionados como aditivos o preservantes alimenticios. Los aceites esenciales pueden, también, afectar el metabolismo de los lípidos en el cuerpo animal; por ejemplo, un suplemento dietético de aceite esencial de tomillo o timol a animales de laboratorio mostró efectos benéficos sobre las enzimas antioxidantes súper óxido dismutasa (SOD) y la glutatión peroxidasa (GPx), así como sobre la composición de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) en varios tejidos; los animales de laboratorio experimentales que recibieron estos suplementos tuvieron niveles más altos de las enzimas y concentraciones más altas de PUFA en los fosfolípidos del cerebro en comparación con los animales no tratados de los tratamientos control.

El aceite esencial de orégano adicionado en dosis de 0.005 – 0.01 a la dieta de pollos ejerció un efecto antioxidante en la carne blanca y roja; en tanto que el patrón de ácidos grasos de la grasa abdominal también fue alterada por la adición dietética de ácidos grasos de orégano. La misma investigación mostró una influencia positiva de las adiciones de carvacrol dietético a la nutrición de pollos, que condujeron a más baja concentración de triglicéridos totales en el plasma sanguíneo. En animales

productores de alimentos, tales efectos son importantes para la calidad del producto: pueden mejorar el valor dietético y conducir a mejor estabilidad oxidativa y más larga vida media de la grasa prolongando la vida útil de la carne y huevos de mesa.

Además se ha indicado que el aceite de orégano puede estabilizar los mecanismos antioxidantes bioquímicos de pollos de carne, indicándose que su capacidad es superior a la de vitamina E; también, se ha investigado que es capaz de mejorar los mecanismos para controlar el estrés por calor estimulado por el ARN_m70 de la proteína de choque térmico, el estado oxidativo y la producción de enzimas oxidantes. Así mismo, se ha observado reducción de los niveles de malonaldehído (MAD) y elevación de la actividad antioxidante (Alagawany et al., 2018).

2.1.4. Acción antimicrobiana

Probablemente una de las acciones más documentadas de los aceites esenciales es la antimicrobiana, tanto de bacterias como protozoarios (coccidiosis), y existen varios artículos de revisión relacionados con este aspecto.

Relacionada con sus componentes, se ha indicado que el mayor efecto antimicrobiano los presentan los fenoles, los que están en mayor proporción, seguidos de los alcoholes, aldehídos, cetonas y éteres; en tanto que el efecto antibacteriano de los carbohidratos es bajo. No obstante, es necesario considerar también a los componentes que están presentes en trazas, debido a las interacciones (aditivas, antagónicas y sinérgicas) que se dan entre los componentes que pueden influir en esta actividad (Cabarkapa et al., 2020). El efecto aditivo ocurre, generalmente, en el caso de que el efecto combinado de los componentes sea igual a la suma de los efectos de cada uno de los compuestos individuales. El sinergismo se da cuando la actividad de las sustancias combinadas es más eficiente que la suma de las actividades individuales. En tanto que el antagonismo resulta cuando la actividad de los

compuestos combinados es menor en comparación con la actividad individual; es decir, las interacciones pueden ser positivas, negativas o no existir.

El cómo es que los aceites esenciales actúan es una acción compleja; no sólo es un tipo de actividad, Burt (2004) ha sugerido degradación de la pared celular, daño a las proteínas de la membrana, daño de la membrana citoplasmática, fuga del contenido celular, coagulación del citoplasma y agotamiento de la fuerza motriz de protones; y que pueden darse en forma conjunta, tal que la bacteria no determina que es lo que la ataca, disminuyendo la posibilidad de generarse resistencia.

Debido a la acción antibacteriana exhibida por los fenoles y se ha supuesto que la mayoría de los componentes antimicrobianos representan compuestos fenólicos y que tienen un mecanismo de acción similar al de los fenoles. Se ha determinado que la acción de los compuestos fenólicos es dependiente de la concentración; a concentraciones menores pueden inhibir la actividad enzimática y en concentraciones altas suelen provocar desnaturalización proteica. También, los fenoles pueden causar alteración de la permeabilidad de la membrana celular bacteriana ocasionando pérdida de macromoléculas, cuya reducción afecta el crecimiento microbiano y la producción de energía, provocando la muerte celular (Carson et al., 2002; citados por Cabarkapa et al., 2020).

Fenoles importantes en varias especies fitobióticas son el carvacrol y el timol; el carvacrol es un fenol monoterpenoide que tiene un grupo hidróxilo (-OH) y un sistema de electrones deslocalizados que contribuyen a su efecto antimicrobiano. El timol, al igual que el carvacrol, tiene -OH en una ubicación diferente en el anillo fenólico y ambos compuestos influyen en la permeabilidad de la membrana celular.

Se han realizado estudios para confirmar la actividad del carvacrol y del 2-amino-p-cimeno (un análogo del carvacrol); se descubrió que el carvacrol tuvo tres veces más

actividad y mostró que el grupo -OH influía en la actividad antimicrobiana del carvacrol. Se ha propuesto algunos mecanismos para explicar de que manera estos fenoles interactúan con las proteínas de membrana de la célula bacteriana, el primero ocurre como resultado de la distorsión de la bicapa lipídica debido a la acumulación de moléculas lipófilas que alteran las interacciones lípido-proteína; un segundo mecanismo se da como resultado de la interacción directa de un componente lipofílico con una parte hidrofóbica de la proteína (Burt, 2004).

En la revisión mencionada (Cabarkapa et al., 2020) al iniciar este subcapítulo se reportó que los monoterpenos de hidrocarburos ρ -cimeno y γ -terpineno son precursores bioquímicos del carvacrol y timol que no exhiben actividad antimicrobiana pero se notó que su presencia incrementa el efecto antimicrobiano del carvacrol y timol. El ρ -cimeno origina una mayor inflamación de la membrana citoplasmática provocando su hinchazón permitiendo el mejor transporte del carvacrol generando desestabilización de la membrana, la caída del potencial de membrana, reducción del pH intracelular y la interrupción de la síntesis de ATP y la consecuente muerte de la célula bacteriana; en un claro ejemplo de sinergia entre estos compuestos, ya que ρ -cimeno en ausencia de carvacrol provoca, con excepción del hinchamiento de la membrana citoplasmática, sólo una ligera disminución del potencial de membrana.

La misma fuente indica que, desde el punto de vista de la seguridad alimentaria, la mayoría de los aceites esenciales se clasifican como Generalmente Reconocidos Como Seguros (GRAS, por sus siglas en inglés).

Según Giannenas et al. (2018), se ha probado que el orégano es una de las más potentes especias inhibidoras de un amplio espectro de bacterias. Así, se ha investigado la actividad de *O. vulgare* y *O. majorana* contra muchas bacterias diferentes como *Acinetobacter baumannii*, *Aeromonas veronni*, *Streptococcus faecalis*, *Escherichia coli*,

Klebsiella pneumonia, *Pseudomonas aureoginosa*, *Salmonella enterica* subs. *Tiphimurium*, *Serratia marcescens* y *Staphylococcus aureus*. Se ha informado que *O. vulgare* procedente de Australia produjo uno de los aceites esenciales antibacterianos más potentes, que inhibió significativamente el crecimiento de los microorganismos examinados. La concentración inhibitoria mínima más baja del aceite esencial de *O. vulgare* fue 0.12% (v/v) y 0.25% (v/v) de *O. mejorana*. La bacteria más resistente encontrada entre las examinadas fue *P. aureoginosa*; su crecimiento fue inhibido por el aceite esencial de *O. vulgare* al 2% (v/v), pero no fue afectada por el aceite esencial de *O. majorana*.

Así mismo, Bajagai et al. (2021) reportaron sobre el efecto transcriptómico de la suplementación con orégano en pollos de carne; cuando ellos publicaron sus resultados mencionaron que sólo se disponía de un trabajo de investigación en este aspecto, que indicó sobre la inhibición del metabolismo de los ácidos grasos y las vías de señalización de la insulina en pollos suplementados con extracto de orégano, en el que se indicaba que el orégano juega un papel en la reducción de la acumulación de grasa abdominal y visceral. Bajagai et al., informaron que otros investigadores han estudiado los efectos del orégano y otros extractos de hierbas en la expresión génica utilizando qPCR o ELISA para obtener información sobre el cambio de genes diana seleccionados. Según la información, se presume que un alto nivel de consumo continuo de orégano tendría una fuerte influencia en la expresión génica del hígado que superaría las alteraciones debido a los efectos acumulativos del uso prolongado y, probablemente, alteraría la predisposición de las aves a diferentes tipos de enfermedades. Los resultados de Bajagai et al. indicaron interacciones complejas de los componentes del orégano con la regulación transcripcional del huésped, las hormonas andrógenas, las enfermedades relacionadas con el cáncer, el metabolismo de las grasas y carbohidratos y son relevantes para uso veterinario como médico. Esta información es

trascendente para explicar las respuestas del organismo animal obtenidas con la suplementación de orégano frente a los diferentes desafíos del entorno, tanto sanitarios como productivos.

2.1.5. Respuesta antibacteriana y del epitelio intestinal a la suplementación de orégano

Sarica et al. (2014) realizaron un estudio para investigar los efectos de la suplementación dietética de aceite esencial de orégano (OEO) sobre el desarrollo morfológico del intestino delgado de pollos de carne con diferentes momentos de inicio de la alimentación (inmediato, 24, 48 o 72 horas post eclosión) desde el día 0 a 14. Las dietas se suplementaron con: 0, 250 o 500 mg de OEO/ kg de alimento (OEO250 y OEO500, respectivamente). Los resultados mostraron que el ayuno durante 72 horas incrementó significativamente el peso y la longitud de los segmentos del intestino delgado en el día 14. Los tratamientos OEO250 y OEO500 incrementaron significativamente la altura de las vellosidades del yeyuno de los pollos alimentados inmediatamente post eclosión y la altura de las vellosidades del duodeno de los pollos que ayunaron por 48 horas. El área superficial de las vellosidades del duodeno de los pollos en ayunas por 48 horas y la del íleon de los pollos en ayunas por 24 horas aumentaron significativamente con OEO 250. El tratamiento OEO500 mejoró significativamente el área superficial de las vellosidades del duodeno de los pollos en ayunas durante 24 horas y la del íleon de los pollos en ayunas durante 48 horas. Las profundidades de las criptas de los segmentos del intestino delgado de los pollos en ayunas durante 72 horas se redujeron significativamente con OEO250 y OEO500. Los investigadores concluyeron que la dosis de compuestos fenólicos en el OEO que llega al intestino delgado podría ser suficiente para proteger las células epiteliales intestinales del daño de las toxinas y para eliminar los efectos negativos del retraso en la alimentación sobre el desarrollo morfológico de todos los segmentos del intestino delgado de los pollos el día 14.

Du et al. (2016) investigaron los efectos protectores de la suplementación con aceites esenciales (EO, 25% de carvacrol y 25% de timol como componentes activos) sobre el rendimiento del crecimiento, lesiones intestinales, morfología intestinal y respuestas inmunitarias de pollos de carne infectados con *C. perfringens*. Implementaron ocho grupos de tratamientos en un arreglo factorial 4x2, cuatro dosis de EO en la dieta (0, 60, 120 o 240 mg/ kg) y dos estados de infección (con o sin desafío con *C. perfringens* del día 14 al 20). El desafío no dañó el rendimiento del crecimiento de las aves, pero indujo lesiones intestinales e incrementó la profundidad de la cripta en el íleon ($P < 0.05$). En las aves desafiadas, la suplementación dietética de EO alivió linealmente las lesiones intestinales y mejoró la relación entre la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas ($P < 0.05$), y la suplementación de 120 y 240 mg de EO/ kg aumentó los títulos de anticuerpos séricos contra el virus de la enfermedad de Newcastle ($P < 0.05$). Independientemente del desafío, la suplementación con EO mostró una tendencia a elevar linealmente la eficiencia de conversión alimenticia entre los 14 y 28 días de edad.

Peng et al. (2016) estudiaron los efectos de las dietas con aceite esencial de orégano (OEO) sobre el rendimiento del crecimiento, características de la canal y morfología intestinal de pollos de carne de 42 días de edad. Implementaron cuatro tratamientos dietéticos: (1) dieta a base de maíz-soja (control, CON), (2) CON + 8 mg de avilamicina/ kg (AVI), (3) CON + 300 mg de OEO/ kg (OEO300), y (4) CON + 600 mg de OEO/ kg (OEO600). Los resultados mostraron que ninguno de los tratamientos tuvo efecto sobre la altura de las vellosidades en el yeyuno de los pollos; sin embargo, OEO300 y OEO600 redujeron ($P < 0.0001$) la profundidad de la cripta y aumentaron ($P < 0.0001$) la relación entre la altura de las vellosidades y la profundidad de la cripta en comparación con los tratamientos CON y AVI, lo que puede contribuir a mejorar el rendimiento del crecimiento. Para los

autores, en conclusión, la suplementación con OEO mostró efecto positivo y significativo sobre el rendimiento del crecimiento, características de la carcasa y salud intestinal de los pollos de carne y puede ser una alternativa prometedora a los APC.

Scocco et al. (2016) realizaron un ensayo en el que, con hembras broiler, implementaron tres grupos de tratamientos: dieta basal control (C); C suplementado (2 g/ kg) de extracto acuoso de orégano (O); C suplementado (150 mg/ kg) con vitamina E (E). El grupo O mostró el peso corporal más alto ($P < 0.01$) a los 21 días de edad, no se observaron diferencias a los 42 días de edad. La observación al microscopio óptico y la histoquímica convencional no mostraron diferencias con respecto a los dos momentos de muestreo, en tanto que si hubo diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento con O mejoró generalmente la reactividad de las células caliciformes más que los tratamientos con C y E. El recuento de coliformes fue menor en el íleon del grupo O, tanto en la primera como en la segunda edad de muestreo ($P < 0.05$), y aumentó con la edad en todos los grupos. *Escherichia coli* mostró los valores más bajos en el ciego del grupo O ($P < 0.001$) en ambos momentos de muestreo. Las poblaciones de enterococos, lactobacilos y estafilococos no mostraron diferencias entre los diferentes grupos experimentales en el ciego. En el íleon, el grupo O no mostró la fuerte disminución en la población de bacterias ácido lácticas observada en los otros dos grupos experimentales. Concluyeron que la suplementación con el extracto acuoso de orégano parece provocar la mejor respuesta entre los tratamientos, lo que permitió un mejor rendimiento del crecimiento, mejorando tanto la cantidad como la calidad de los glucoconjugados involucrados en las acciones de defensa indirecta y reduciendo significativamente los recuentos de coliformes y *E. coli*.

Turcu et al. (2018) realizaron un experimento con pollos Cobb 500 (14 – 42 días), criados bajo condiciones de estrés calórico, para evaluar el efecto del polvo y aceite de

orégano (*Origanum vulgare* L.) en la dieta, sobre el equilibrio de la microflora intestinal; los pollos se asignaron a tres grupos (C, E1 y E2). La dieta convencional C incluyó monensina en la premezcla para la fase de crecimiento (14 – 35 días). A diferencia del grupo de control, la dieta de los grupos experimentales incluyó 0.01% de aceite de orégano (E1) o 0.005% de aceite más 1% de polvo de orégano (E2). Los resultados (42 días) mostraron que el conteo total de *Enterobacteriaceae*, *E. coli* y *Staphylococcus* fue significativamente ($P<0.05$) menor tanto en la microbiota cecal como en la microbiota intestinal de los grupos experimentales que en el grupo C, mientras que el conteo de lactobacilos fue significativamente ($P<0.05$) mayor en los grupos E1 y E2 que en el grupos C.

Bauer et al. (2019) complementaron las dietas de pollos de carne con orégano en polvo (0, 0.5, 1 y 2%) durante seis semanas. La capacidad de control de patógenos se estimó mediante el perfil de microbiota del contenido de yeyuno, íleon y ciego, y en las heces, mediante la secuenciación del amplicón del gen 16SrARN. También se midió las concentraciones de ácidos grasos de cadena corta en el contenido cecal, así como los parámetros de vellosidades/ criptas en el íleon. No encontraron diferencias entre los tratamientos en la ganancia de peso, consumo de alimento o la concentración de ácidos grasos de cadena corta. La altura, el ancho y el área de superficie de las vellosidades en el íleon no fueron influenciadas por la adición de orégano. Sin embargo, el 1 y el 2% de orégano produjeron un aumento significativo en la relación entre altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas. No hubo cambios histopatológicos visibles en el hígado en los grupos de control y tratados. Aunque el orégano no tuvo efecto significativo sobre la diversidad microbiana general y la composición bruta, algunos géneros específicos como *Proteus*, *Klebsiella* y *Staphylococcus*, que incluyen patógenos conocidos, se redujeron en

abundancia relativa con el orégano. *Bifidobacterium*, reconocido como un género beneficioso y probiótico, también fue suprimido por el orégano.

Vlaicu et al. (2019) evaluaron el efecto de orégano (*Origanum vulgare*), en forma de aceite y polvo, sobre el rendimiento, desarrollo de órganos internos y balance de la microflora intestinal en pollos de carne de 14 a 42 días y que fueron criados en el piso; se evaluó tres grupos experimentales (C, E1 y E2) y se empleó un ambiente con condiciones controladas de microclima. La dieta del grupo C fue la convencional (maíz, gluten y harina de soja), en tanto que las dietas E1 y E2 se suplementaron con 0.01% de aceite de orégano (E1), y con 0.005% de aceite de orégano y 1% de polvo de orégano (E2). El rendimiento acumulado (14 – 42 días) mostró que ambos grupos experimentales (E1 y E2) tuvieron ganancia diaria de peso significativamente ($P < 0.05$) más alta en comparación en el grupo C, no obstante el consumo de alimento no fue diferente entre los tres grupos. El conteo de *Enterobacteriaceae* y *Escherichia coli* fue significativamente ($P < 0.05$) más bajo en el intestino de los grupos E que en el control, en tanto que el de *Lactobacillus* spp. fue significativamente ($P < 0.05$) más alto en el intestino de los pollos de los grupos E.

Ivanov y Bozakova (sin fechar) reportaron que se ha encontrado que el aceite esencial de orégano aumenta el contenido de inmunoglobulina A secretora y la expresión relativa de Caludina 1, Mucina 2 y Avian beta-defensina 1 en el íleon. El aceite de orégano afecta positivamente la reproducción del phylum *firmicutes* y de los géneros *Clostridium* y *Lactobacillus*, mientras que disminuye la reproducción de *Romboutsia* en los intestinos. Además, el orégano revela tener propiedades antioxidantes beneficiosas (disminuye los niveles de ARN_m de la proteína de shock térmico 70 y aumenta los niveles de ARN_m de súper óxido dismutasa, glutatión peroxidasa y la capacidad antioxidante total en plasma, en tanto

que al mismo tiempo disminuye la concentración plasmática de malonilaldehído, lo que se asocia con una mejor protección oxidativa en aves.

Bahakaim et al. (2020) realizaron un ensayo en el que los pollos de carne se distribuyeron aleatoriamente en cinco grupos experimentales. El primer grupo recibió la dieta basal (control), el segundo y tercer grupo recibieron la dieta baasal suplementada con 0.25 y 0.50 g de Robadiar/ kg de dieta, respectivamente. Los grupos cuarto y quinto recibieron la dieta basal suplementada con 0.30 y 0.60 de Orego-Stim/ kg de dieta, respectivamente. Evaluándose el efecto de estos aditivos sobre diferentes indicadores del rendimiento. Con relación al conteo bacteriano, se determinó que los aditivos dietéticos redujeron significativamente los conteos totales de bacterias anaerobias y *E. coli*, al mismo tiempo se incrementaron los conteos de bacterias benéficas (lactobacilos); así mismo, las aves del quinto grupo registraron los conteos más bajos de bacterias anaerobias y *E. coli*, y el recuento más alto de lactobacilos en comparación con los otros tratamientos. La suplementación de la dieta con 0.60 g de Orego-Stim/ kg de dieta mejoró significativamente el rendimiento del crecimiento, las características de la canal y algunos parámetros fisiológicos e inmunológicos.

Para investigar los efectos de la inclusión en la dieta de una mezcla encapsulada de aceite esencial de tomillo (TEO), aceite esencial de oregano (OEO) y probióticos sobre el crecimiento, respuesta inmune y morfología intestinal en pollos de carne, Heydarian et al. (2020) implementaron un ensayo con los siguientes tratamientos: (1) dieta basal (control) y basal con (2) avilamicina, 10 mg; (3) mezcla encapsulada de TEO + OEO, 200 mg/ kg; (4) mezcla no encapsulada de TEO + OEO, 200 mg/ kg; (5) Pronigeb[®] (probiótico); (6) Pronigeb[®] con 200 mg/ kg de mezcla no encapsulada de TEO + OEO; y (7) Pronigeb[®] con 200 mg/ kg de la mezcla encapsulada de TEO + OEO. Los resultados revelaron que la

inclusión en la dieta de los aceites esenciales encapsulados, con y sin probiótico, aumentó significativamente ($P < 0.05$) la longitud y ancho de las vellosidades en comparación con los otros grupos. Las proporciones más alta y más bajas se observaron para el grupo control y el grupo que recibió probiótico + mezcla encapsulada TEO + OEO, respectivamente. En función de sus resultados totales los investigadores concluyeron que alimentar a las aves con una dieta que contenga aceites esenciales encapsulados, solos o con probióticos, podría mejorar el rendimiento del crecimiento, las respuestas inmunitarias y la morfología intestinal de los pollos de carne.

Martínez et al. (2020) evaluaron, a través de un meta análisis, el efecto de los aditivos fitogénicos (orégano) sobre diferentes indicadores del rendimiento en pollos de carne. El aditivo alimenticio fitogénico estuvo basado en aceite esencial de orégano. En función de los resultados generales, concluyeron que se mejoró la conversión alimenticia, incrementando la eficiencia de convertir el alimento en peso vivo (35 gramos menos de alimento por kilo de peso corporal incrementado); además, indicaron que la tendencia a producir pollos libres de antibióticos presiona a la industria en la búsqueda de tecnologías que ayuden a superar los mecanismos de acción multimodal de los antibióticos promotores del crecimiento. Consideraron que el orégano ha demostrado capacidad para promover la estructura y la salud de la mucosa intestinal y prevenir la coccidiosis.

Para evaluar el efecto de los probióticos y aceites esenciales en las actividades intestinales y procesos metabólicos de pollos de carne, Nilkanth et al. (2020) realizaron un experimento con pollos de carne de uno a 42 días de edad. Los pollos se distribuyeron al azar en 4 grupos de tratamiento, T₀ (control, dieta estándar), T₁ (dieta estándar con aceite esencial de orégano, 0.15g/ kg de dieta), T₂ (dieta estándar con probiótico, *Saccharomyces cerevisiae* encapsulado, 200 g/ tonelada) y T₃ (dieta estándar con aceite esencial de orégano, 0.15 g/ kg

de dieta y probiótico (*S. cerevisiae* encapsulado), 200 g/ tonelada). El conteo intestinal de *Salmonella* y clostridios, el pH ileal, digestibilidad de la materia seca y la retención de nitrógeno mostraron diferencia significativa ($P < 0.05$), en tanto que el conteo de *E. coli*, la longitud y el peso intestinal no mostraron diferencias significativa ($P > 0.05$) entre los grupos. Por lo que los investigadores concluyeron que la suplementación con probióticos y aceites esenciales modula la actividad del intestino, aumenta la digestibilidad de la materia seca y la retención de nitrógeno.

Los resultados del estudio de Turcu et al. (2020) mostraron resultados variados del análisis proximal de varias especies; de todas las plantas evaluadas, el comino, el fenogreco y la albahaca fueron los de mayor contenido de proteína cruda; el tomillo tuvo un gran contenido de extracto etéreo seguido del romero, salvia y comino. Así mismo, los resultados obtenidos revelaron que el orégano presentó la mayor capacidad antioxidante (849.77 mmol equiv. ácido ascórbico; 863.57 mmol equiv. vitamina E), la mayor concentración de polifenoles totales (86.77 mg GAE/ g) y luteína y zeaxantina (304.23 $\mu\text{g}/\text{g}$) de las plantas analizadas. Sin embargo, todas las plantas exhibieron una alta concentración de polifenoles totales, excepto el comino, una gran cantidad de xantófilas y vitamina E. Después del orégano, la salvia y el tomillo se han destacado por su capacidad antioxidante y sus principales compuestos antioxidantes.

Feng et al. (2021) realizaron un estudio que tuvo como objetivo investigar los efectos potenciales del aceite esencial de orégano sobre el rendimiento productivo, la calidad del huevo, la salud intestinal y la microbiota ileal de gallinas en la última fase de producción. Gallinas ponedoras Hy-Line Brown se dividieron al azar en 4 grupos y se alimentaron con una dieta basal (control) o dieta basal suplementada con aceite esencial de orégano a 100, 200 y 400 mg/ kg (EO100, EO200 y EO400). Entre los resultados se determinó que hubo una

elevación cuadrática ($P < 0.05$) en la actividad de quimotripsina y lipasa ileal, junto con un aumento lineal en la relación entre la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas. Se identificaron disminuciones cuadráticas ($P < 0.05$) en la expresión de ARNm de IL-1B, TNF- α , IFN- γ y TLR-4, junto con un aumento lineal y cuadrático ($P < 0.05$) en la expresión de ZO-1 en el íleon con la adición del aceite esencial. Estos efectos favorables se maximizaron con una dosis media (200 mg/ kg) de aceite esencial adicionado y se evaluó la composición microbiana intestinal en los grupos control y EO200. La adición del aceite esencial en la dieta incrementó ($P < 0.05$) la abundancia de Bulkholderiales, *Actinobacteria*, bífidobacteriales, *Enterococcaceae* y *Bacillaceae*; mientras que disminuyó la abundancia de *Shigella* en el íleon. Los investigadores concluyeron que la adición de aceite esencial en la dieta podría aumentar la actividad de enzimas digestivas, mejorar la morfología intestinal, las funciones de la barrera epitelial y modular el estado inmunológico de la mucosa al alterar la composición microbiana, lo que favorece la eficiencia alimenticia y la calidad de la cáscara del huevo.

Zhang et al. (2021) llevaron a cabo un experimento para evaluar los efectos comparativos de la adición de APC y aceite esencial de orégano (OEO) sobre el rendimiento del crecimiento, el estado antioxidante y la salud intestinal de los pollos de carne. Los 4 tratamientos implementados fueron: control (sin antibiótico), control + 20 mg de sulfato de colistina/ kg y 20 mg de virginiamicina/ kg, control + 200 mg de OEO natural/ kg (NOEO), y control + 200 mg de OEO sintético/ kg (SOEO). El experimento duró 42 días. Los resultados mostraron una restricción significativa ($P < 0.05$) de *Escherichia coli* debido a la suplementación de OEO. La suplementación con NOEO aumentó ($P < 0.05$) los anaerobios totales en el día 42 y la relación entre la altura de las vellosidades y la profundidad de criptas en el íleon. Los resultados sugirieron a los investigadores que el OEO mejoró el estado

antioxidante y la salud intestinal de los pollos, lo que contribuyó a la mejora del rendimiento del crecimiento; por lo que, la suplementación con OEO en la dieta puede ser una alternativa prometedora a los APC para mejorar la producción avícola.

Abdullah et al. (2022) llevaron a cabo un estudio para comparar el uso de la vacuna muerta de *Escherichia coli* con aceites aromáticos o sola contra la infección de pollos de carne con *E. coli* patógena. Los grupos experimentales se implementaron de la siguiente manera: G₁, vacunados con vacuna de *E. coli* muerta, mediante inyección subcutánea en dosis de 0.5 ml (3×10^7 ufc/ml) en el quinto día de vida y recibieron Digestarom[®] P.E.P. solución en agua de bebida 6 ml/ 100 L desde el primer día de edad hasta la finalización del ensayo; G₂, solo vacuna con *E. coli* muerta, inyección subcutánea a dosis de 0.5 ml (3×10^7 ufc/ml) en el quinto día de vida; G₃, solo Digestarom[®] P.E.P. solución en agua de bebida 6 ml/ 100 L desde el primer día de edad hasta la finalización del ensayo; G₄, control negativo. En el día 25 las aves experimentales fueron desafiadas mediante inoculación intratraqueal con *E. coli* de 0.5 ml a LD₅₀ (3×10^8 ufc/ml). Los resultados mostraron que el empleo de aceites aromáticos y vacunas muertas de *E. coli* tuvieron un buen efecto sobre la respuesta inmune, disminuyendo la tasa de mortalidad y la puntuación de lesiones de los pollos infectados. Los investigadores concluyeron en que el uso de Digestarom[®] mejoró la respuesta inmune después de la aplicación de la vacuna de *E. coli* contra la bacteria patógena y que el empleo de la combinación (vacuna con Digestarom[®]) fue más efectivo que el empleo de la vacuna sola.

Ampode y Mendoza (2022) realizaron un estudio para determinar los efectos del polvo de orégano (OP) como aditivo alimenticio fitobiótico sobre el rendimiento del crecimiento y la inmunidad mediada por células en pollos de carne. Las raciones experimentales que contuvieron proporciones crecientes (0, 1, 3 y 5%) de OP se formularon

y administraron *ad libitum* en una prueba de alimentación de 42 días. Los resultados indicaron que los pollos alimentados con OP incrementaron significativamente ($P < 0.05$) el peso final, ganancia de peso corporal, consumo voluntario de alimento y tasa de conversión alimenticia. La inmunidad mediada por células no mostró diferencia significativa ($P > 0.05$) entre los tratamientos; sin embargo, se observó que los indicadores de los órganos inmunitarios de los pollos que recibieron OP fueron mayores que los de las aves sin OP. Por otro lado, la inversión total en los pollos alimentados con OP al 5% se redujeron en 5.81% de los insumos totales y los ingresos generados aumentaron hasta en 30.86% del retorno por sol invertido en alimento y en el pollito. Los investigadores concluyeron en que se puede incorporar OP al 5% sin efectos adversos sobre el rendimiento productivo e inmunidad mediada por células.

Con el objetivo de evaluar los efectos potenciales del aceite esencial de orégano (OEO) en la prevención de enteritis necrótica (NE) en pollos de carne, Jin et al. (2022) implementaron un ensayo en el que se consideró 5 grupos experimentales durante un período de producción de 26 días (del día 19 al día 26 fue la etapa de desafío con *Clostridium perfringens*): dieta basal (control); dieta basal y desafío (modelo); desafío y 10 mg de enramicina/ kg (control positivo); desafío y 200 mg de OEO (OEOL); desafío y 300 mg de OEO/ kg (OEOL). Se determinó que el suplemento de OEO, en ambas dosis, tuvo efectos significativos sobre el incremento de peso corporal y revirtió la disminución del consumo de alimento inducida por el desafío. Los cambios histopatológicos en el íleon de los pollos con NE inducida fueron aliviados por el OEO, lo que se confirmó mediante la reducción en las puntuaciones de las lesiones intestinales. Los pollos de los grupos OEOL y OEOL redujeron significativamente la expresión de ARNm de TNF- α en el íleon y solo se encontró que el grupo OEOL inhibió la expresión de IFN- γ de IFN-inducida por la exposición a *C.*

perfringens. Así mismo, a pesar que se observaron efectos antibacterianos *in vitro* debidos al OEO, considerando su alto valor de concentración inhibitoria mínima (MIC), los autores infirieron que los efectos protectores del OEO contra el desafío no se atribuyen a los efectos antibacterianos directos y propusieron al OEO como un prometedor sustituto de los antibióticos contra la NE inducida por *C. perfringens* durante la crianza.

2.2. Bases Teóricas

Los seres humanos dirigimos la mirada hacia ciertas especies de animales cuando determinamos que algún beneficio podríamos obtener de ellos y, en consecuencia, los domesticamos; haciendo de ellos artefactos vivos o, como lo indica Cuevas (2008), “bioartefactos”. En las últimas décadas los hemos hecho, cada vez, más productivos y para obtener su mayor rendimiento debemos abastecerlos de todos los recursos necesarios para que logren expresar su potencial productivo. Así ha sucedido con casi todas las especies domésticas de interés zootécnico (especializados en la producción de alimentos o subproductos necesarios para el bienestar humano), al punto que se refiere como la máxima expresión de eficiencia a un sistema en el que debe salir más energía que la ingresa (más energía como carne o leche que la que ingresó como alimento) en clara contraposición con la Segunda Ley de la Termodinámica (la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma) a lo que los zootecnistas denominamos como eficiente “conversión alimenticia”.

Para el logro de tal “eficiente” conversión alimenticia los animales (en el caso de la presente investigación, los pollos de carne) deben poseer un adecuado epitelio intestinal y el menor desafío sanitario posible, para lo que deben recibir los recursos necesarios. Hace varias décadas se asumió que el suministro de antibióticos promotores del crecimiento era lo más conveniente; sin embargo, en la actualidad su uso está vinculado con las bacterias resistentes a los antibióticos. Por tal motivo, el empleo de tal recurso ha sido desestimado en

el mundo desarrollado y está en camino de serlo en el mundo subdesarrollado, ya que las personas de este tienen el mismo derecho al bienestar que los de aquel. En consecuencia, se hizo necesario buscar uno o varios recursos reemplazantes que permitan el sostenimiento o mejora de la eficiencia productiva.

Así, la presente investigación se enmarca dentro de la Teoría de la Asignación de Recursos en la Producción Ganadera (Rauw, 2009) y se ha empleado para el análisis de sus resultados.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Longitud de las Vellosidades Intestinales

Los resultados relacionados con la longitud de las vellosidades intestinales se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3.

Longitud (μm) de vellosidades del tercio medio del intestino delgado de pollos de carne (42 días de edad) por efecto de la presencia de orégano en la dieta

Variable	Tratm.	N	Media	Desv. Est.	Mínimo	Mediana	Máximo
Longitud	1	44	425.6 ^b	93.1	262.6	421.3	632.8
	2	44	585.6 ^a	245.9	259.4	535.1	1133.0
	3	44	437.7 ^b	96.0	304.6	416.6	673.1
	4	44	508.6 ^{ab}	186.1	173.3	516.4	832.7

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

La longitud media de las vellosidades intestinales fue de 425.6, 585.6, 437.7 y 508.6 μm , respectivamente para los tratamientos del primero al cuarto. El análisis estadístico indicó que los tratamientos 2 y 4 fueron similares, igualmente los tratamientos 1, 2 y 4. El tratamiento 3, con la menor proporción (0.05%) de orégano, no tuvo la capacidad de igualar al tratamiento 2.

En el presente ensayo, el tratamiento 4, con la mayor proporción (0.10%) de orégano, tuvo mejor comportamiento que el tratamiento testigo positivo (con APC); dado que el resultado obtenido con el tratamiento con la menor proporción de orégano fue muy parecido al del tratamiento testigo positivo, se pudo asumir que una proporción ligeramente mayor de orégano podría haber dado mejores resultados.

Se realizó el comparativo porcentual entre tratamientos haciendo como referente al tratamiento testigo positivo (Figura 2), apreciándose la superioridad neta de los tratamientos 2 y 4 de 37.6 y 19.5%, respectivamente. Llamó la atención que el tratamiento con la media

más alta fue el testigo negativo (sin APC), lo que es difícil de explicar debido a la complejidad del medio intestinal.

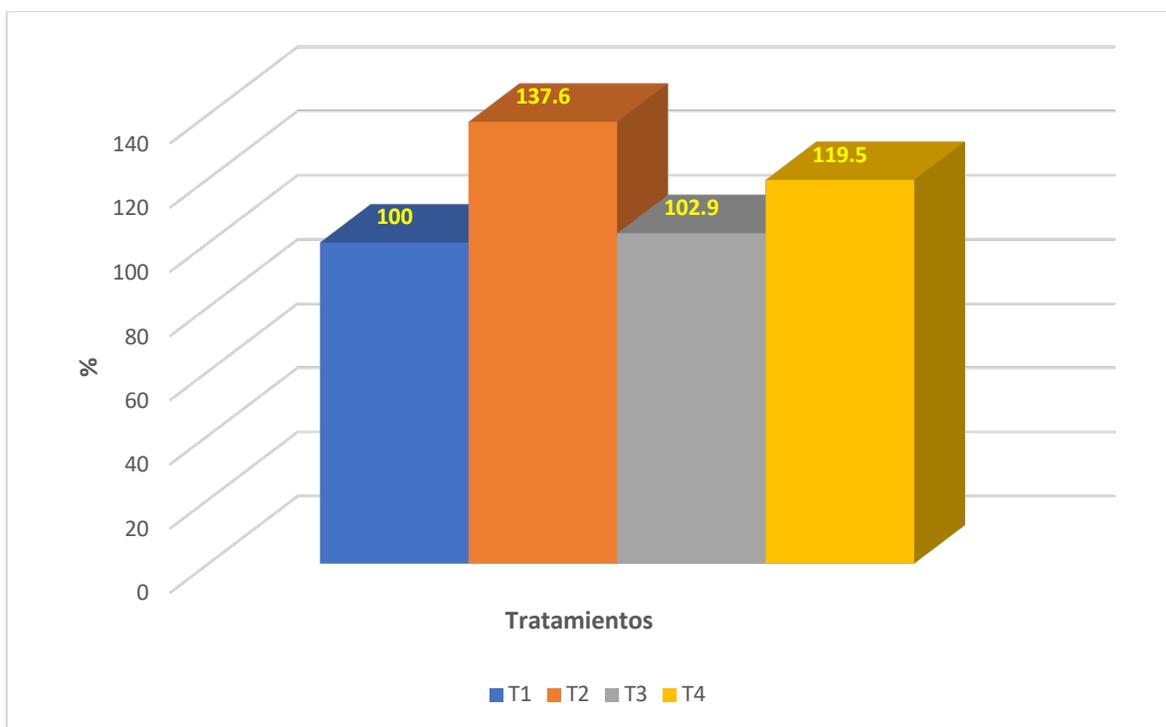


Figura 2. Comparativo porcentual entre tratamientos para longitud de vellosidades intestinales

Sin embargo, existe la posibilidad de la presencia de bacterias resistentes a los antibióticos en los animales dado a su empleo continuo en el lugar en que se realizó la investigación; normalmente los pequeños productores incorporan, en algunos casos, hasta tres APC en las raciones de los pollos debido al temor de obtener escasos rendimientos, la presentación de mortalidad o ambas cosas. No obstante, esta posición teórica puede quedar invalidada debido a que el tratamiento 2 no incluyó APC en la dieta.

Se resalta el comportamiento del tratamiento 4 que mostró mayor longitud de vellosidades en comparación con el tratamiento control positivo. Aun cuando diferentes investigadores han indicado la importancia de utilizar aceite esencial de orégano para evitar

el efecto multifactorial enmascarado al suministrar la hierba completa, se puede deducir un efecto estimulante sobre las vellosidades.

Los reportes de investigaciones realizadas en diferentes lugares del extranjero han indicado, en algunos casos, efectos positivos y en otros no efecto sobre la longitud de las vellosidades intestinales, ya sea con aceite esencial de orégano o con polvo de orégano. Sarica et al. (2014) y Heydarian et al. (2020) encontraron incrementos en la longitud (altura) de las vellosidades; en tanto que Peng et al. (2016) y Bauer et al. (2019) no encontraron efecto. No obstante, aun cuando no encontraron efectos histomorfométricos otras variables evaluadas (rendimiento del crecimiento, inmunología, etc.) si fueron afectadas positivamente.

Los investigadores concuerdan en que el mantenimiento o mejora de la longitud de las vellosidades es un indicativo de una mayor superficie de absorción de nutrientes que se concatena con mejor eficiencia en la utilización del alimento para incrementar peso; así mismo, indican que la longitud se acorta por acción negativa de algunas especies bacterianas sobre las células del ribete de cepillo (Puvaca et al., 2022).

3.2. Profundidad de la Criptas de Lieberkühn

Los resultados relacionados con la profundidad de las criptas de Lieberkühn se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4.

Profundidad (μm) de criptas de Lieberkühn del tercio medio del intestino delgado de pollos de carne (42 días de edad) por efecto de la presencia de orégano en la dieta

Variable	Tratm.	N	Media	Desv. Est.	Mínimo	Mediana	Máximo
Profundidad	1	44	84.20 ^a	26.96	38.60	80.60	183.10
	2	44	86.83 ^a	29.62	17.60	86.15	186.50
	3	44	88.69 ^a	22.48	54.20	84.60	151.50
	4	44	85.06 ^a	37.79	34.90	81.50	232.70

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

Respectivamente para los tratamientos del primero al cuarto, los promedios de profundidad de las criptas fue de 84.20, 86.83, 88.69 y 85.06 μm ; el análisis estadístico permitió determinar que las diferencias entre los tratamientos no fueron significativas ($P>0.05$).

En la Figura 3 se aprecia la homogeneidad entre las medias para la profundidad de criptas, en comparación con la Figura 2.

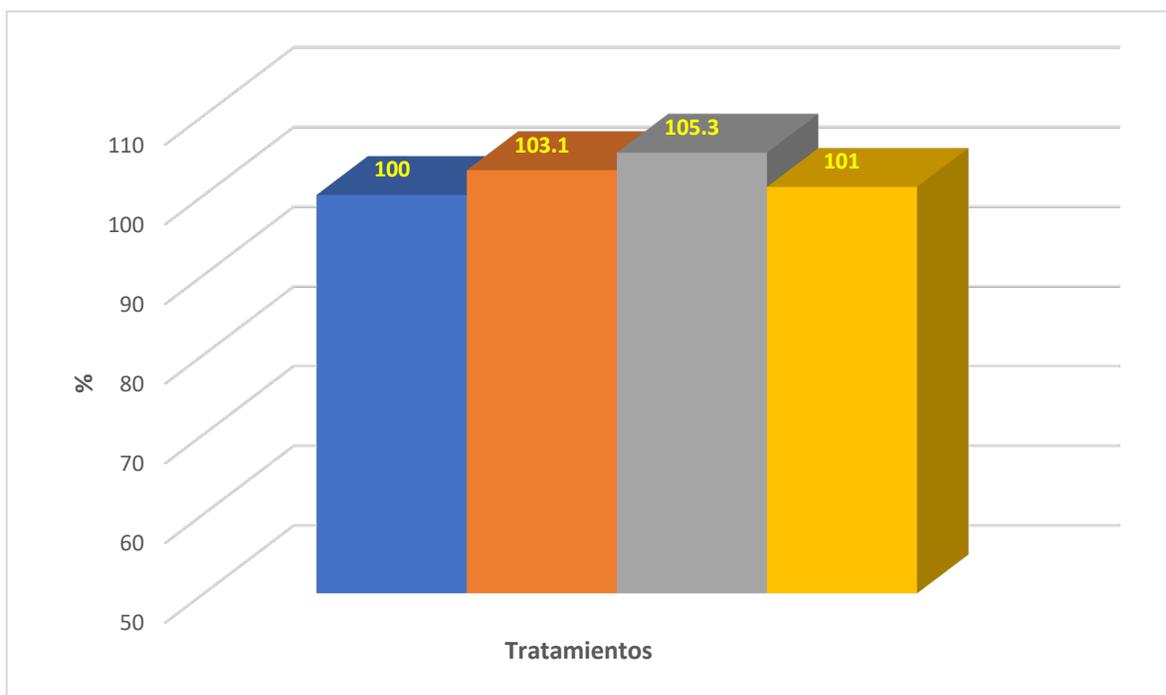


Figura 3. Comparativo porcentual entre tratamientos para profundidad de criptas de Lieberkühn

Como han indicado diferentes autores (Barbabosa Pliego et al., 2020; Bajagai et al., 2021; Puvaca et al., 2022; Raza et al., 2022) el epitelio intestinal es un complejo sistema en el que se dan efectos multifactoriales. En este el organismo animal busca incrementar la superficie de absorción de nutrientes a través de la mayor longitud de las vellosidades intestinales y conservando su estructura; en tanto que la función de las criptas es la formación de células que migran a lo largo de las vellosidades para ir reemplazando a las células que por apoptosis tienen que abandonar los tejidos. En consecuencia, las criptas son importantes

para la renovación celular; no obstante, frente a un ataque del epitelio, se da una función extra en las criptas lo que se refleja a través de una mayor profundidad. En consecuencia, el mantenimiento de profundidades parecidas y con, casi, la misma variación es un indicativo que en el momento del muestreo no se estuvo produciendo ataque alguno a las vellosidades y que las diferencia en la longitud de estas se debería a la acción estimulante de su crecimiento por factores como la presencia de orégano en el tratamiento 4.

Como en el caso de la longitud de los vellos, los investigadores reportan distintos comportamientos en esta variable en relación con el empleo de aceite esencial o polvo de orégano; pero menores magnitudes de esta variable han sido reportados por Sarica et al. (2014), Peng et al. (2016) y Bauer et al. (2019).

3.3. Relación Longitud de Vellosidad: Profundidad de Cripta (L: P)

Los resultados de la relación L: P se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5.

Relación Longitud: Profundidad del tercio medio del intestino delgado de pollos de carne (42 días de edad) por efecto de la presencia de orégano en la dieta

Variable	Tratm.	N	Media	Desv. Est.	Mínimo	Mediana	Máximo
L: P	1	44	5.491 ^b	2.012	2.537	5.384	13.322
	2	44	7.920 ^a	8.490	2.380	6.450	60.850
	3	44	5.166 ^b	1.483	2.603	5.047	8.360
	4	44	6.187 ^{ab}	1.579	3.093	5.833	10.850

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

Respectivamente para los tratamientos del primero al cuarto, las medias de L: P fueron de 5.49, 7.92, 5.17 y 6.19; las diferencias observadas entre tratamientos alcanzaron significación estadística ($P < 0.001$). Al realizar el comparativo porcentual entre tratamientos se determinó que los tratamientos 2, 3 y 4 representaron 144.2, 94.1 y 112.7% con respecto al testigo positivo (T1); dado que la profundidad de cripta fue más parecida entre tratamientos, los valores de la relación L: P tienen más parecido con los obtenidos en la

longitud de vellos. Como en el caso de los valores de longitud, en los de la relación L: P la variabilidad dentro de los tratamientos 1, 3 y 4 fueron parecidos, el valor obtenido con el tratamiento testigo negativo (T2) fue considerablemente alto (42 y 144.2%, respectivamente para longitud y L: P), por lo que se puede asumir que la presencia del APC y del orégano en el alimento fueron capaces de generar mayor homogeneidad en las vellosidades. Al observar los valores máximos de longitud (Tabla 3) y de L: P (Tabla 5) se notó que la significación de la no homogeneidad de varianzas se debió al comportamiento muy irregular del tratamiento testigo negativo.

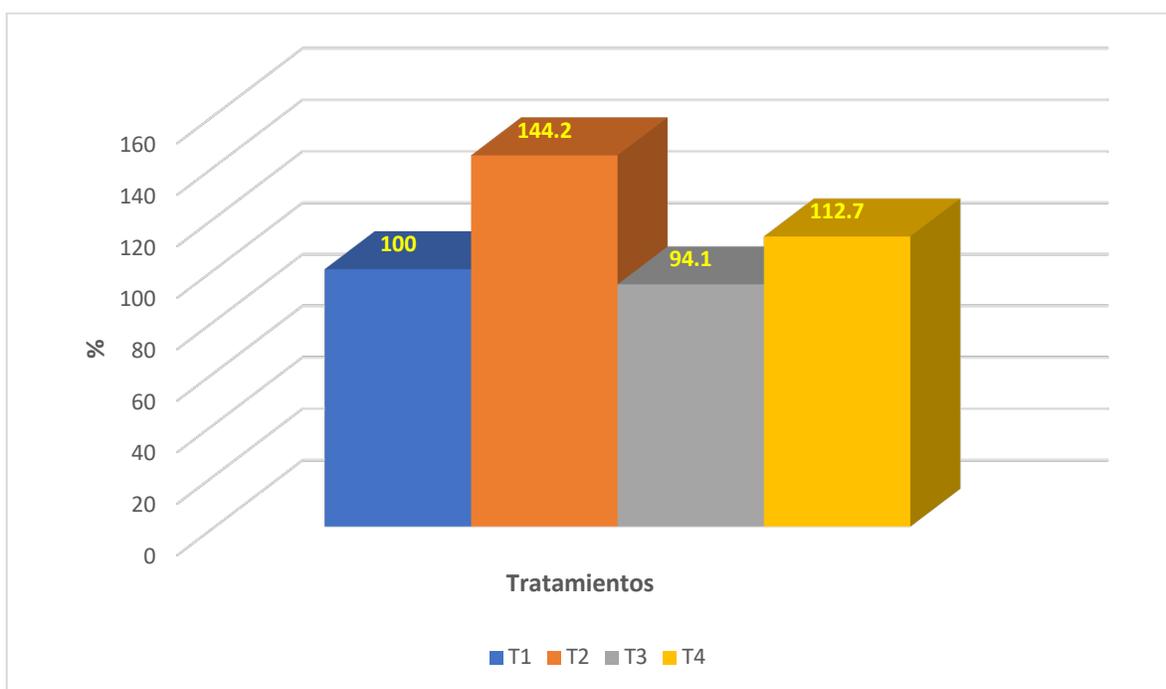


Figura 4. Comparativo porcentual entre tratamientos para longitud de vello: profundidad de criptas

En consecuencia, por la información estadística se asumió que la respuesta del tratamientos testigo negativo fue completamente aleatoria (ausencia de causalidad) y debería tenerse cuidado al asumir que podría ser conveniente, en función de los resultados con la metría intestinal, no emplear un controlador de la integridad intestinal; ya que el uso de los APC ya no es sostenible, el tratamiento con 0.1% de orégano mostró mejorar la relación L:

P. La importancia de esta variable radica en que es un mejor indicador de la superficie de absorción de nutrientes.

Peng et al. (2016) y Bauer et al. (2019), entre otros, reportaron mayor valor en la relación longitud: profundidad al emplear aceite esencial de orégano u orégano en polvo en la dieta de pollos de carne.

Por las conclusiones de los investigadores citados, así como por los resultados obtenidos en la presente investigación, se infiere que el orégano en polvo influye sobre las características morfométricas del epitelio interno de intestino delgado que se vinculan con los procesos de digestión y absorción de nutrientes. En la investigación realizada por Fernández (2021) empleando 0.1% de orégano en polvo en el alimento se pudo establecer una correlación significativa con la mayor eficiencia de utilización del alimento para incrementar peso vivo y las características morfométricas intestinales por efecto de la presencia del orégano. Esta autora también indicó que la porción distal del intestino delgado tiene un rol importante en este proceso.

3.4. Presencia de *E. coli* en el ciego

En la Tabla 6 se presentan los resultados obtenidos para la estimación de la cantidad de *E. coli* en el contenido cecal de los pollos.

Tabla 6.

Contenido estimado de E. coli en el contenido cecal de pollos de carne (42 días de edad) que recibieron orégano en polvo en el alimento

	Cantidad (logNMP/ g)			
	T1	T2	T3	T4
42 días	5.28	6.23	6.19	5.87
Comparativo, %	100.	117.9	117.2	111.1

Respectivamente para los tratamientos del primero al cuarto, se obtuvo 5.28, 6.23, 6.19 y 5.87 logNMP/g de *E. coli* en el contenido cecal; realizado el comparativo porcentual

se pudo determinar que el tratamiento testigo positivo (con antibiótico en el alimento) fue el más eficiente al presentar menor NMP/g indicando la efectividad del fármaco para controlar a esta especie bacteriana. El orégano mostró efectividad en la proporción mayor (0.1%); sin embargo, no como la del testigo positivo en esta proporción, la efectividad se aprecia mejor en la Figura 5 al comparar el resultado contra el testigo negativo (T2). Sería conveniente ensayar una proporción un poco mayor para determinar su efecto sobre la cantidad de bacterias sin que afecte el comportamiento productivo de los pollos.

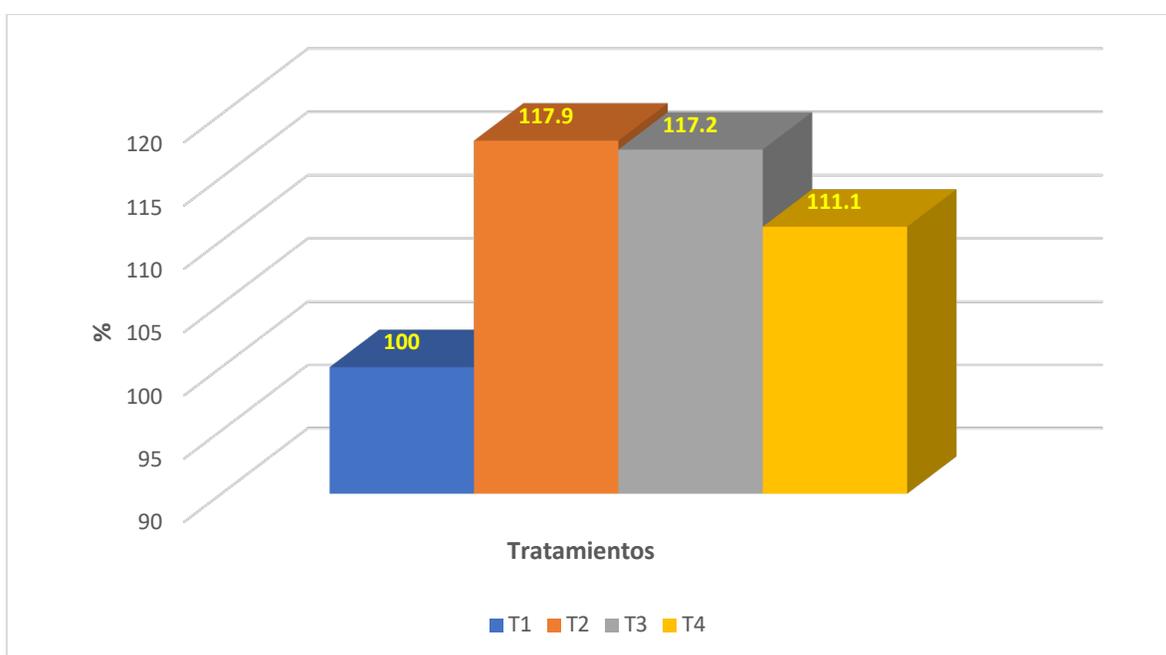


Figura 5. Comparativo porcentual entre tratamientos para $\log NMP$ de *E. coli* en el contenido cecal

No todas las bacterias del contenido cecal son de tipo patógeno, muchas son de tipo benéfico (lactobacilos, bífidobacterias; etc.); es más, algunas variedades de la misma *E. coli* son benéficas. No obstante, existe información científica que indica que la acción del aceite esencial del orégano es contra las bacterias de tipo patógeno; de esta manera brindaría oportunidad a las benéficas de prosperar y colonizar el epitelio intestinal y generar exclusión competitiva en contra de las patogénicas.

Reducciones en el conteo de bacterias nocivas e incrementos en el de bacterias de tipo benéfico del intestino de pollos de carne han sido reportadas por Du et al. (2016), Scocco et al. (2016), Turcu et al. (2018), Bauer et al. (2019), Vlaicu et al. (2019), Ivanov y Bozakova (sf), Bahakaim et al. (2020), Nilkanth et al. (2020), Feng et al. (2021), Zhang et al. (2021), Abdullah et al. (2022) y Jin et al. (2022), entre otros.

Pero el modo de acción de los principios contenidos en el orégano han sido explicitados por Burt (2004), Giannenas et al. (2018), Cabarkapa et al. (2020), Bajagai et al. (2021), Puvaca et al. (2022), Raza et al. (2022), quienes describen varios modos de acción sobre la célula bacteriana, lo que impide el desarrollo de resistencia; lo que no sucede con los fármacos que tienen un modo de acción específico, a lo mucho dos, proporcionando oportunidad a las bacterias para desarrollar defensas. En términos generales se describen seis modos de acción simultáneos de los polifenoles (principalmente carvacrol y timol) sobre la célula bacteriana, los que implican: degradación de la pared celular, daño a las proteínas de la membrana, daño a la membrana citoplasmática, fuga del contenido celular, coagulación del citoplasma y agotamiento de la fuerza motriz de protones; todos los modos de acción conllevan a la destrucción de la célula bacteriana. Así mismo, sobre el orégano, se ha descrito que su consumo continuado ejerce un efecto transcriptómico en el pollo de carne activando diferentes modos de defensa de la salud orgánica.

Como ya se indicó, además de fortalecer el sistema inmunológico para mejorar la respuesta frente a desafíos sanitarios y actuar directamente sobre bacterias de tipo patógeno mejorando las condiciones para que prosperen las bacterias de tipo benéfico; otra actividad importante de los constituyentes del orégano es la de participar en los procesos de autooxidación bloqueando radicales libres. En esta acción, debe estar presente en las condiciones saludables del epitelio intestinal, evitando el daño de los tejidos al bloquear a los

radicales libres y participar en la durabilidad de las células musculares cuando la carcasa ya está en anaquel, lo que debe mejorar las condiciones de comercialización.

No menos importante, es la acción que podría tener en la culinaria mediante mejora de características de la carne; es decir, consistencia y sabor. Los fenilpropanoides se pueden acumular en los lípidos de la carcasa y liberarse en el proceso de cocinado mejorando la aceptación.

IV. CONCLUSIONES

En el presente trabajo de investigación, en el que se trabajó con pollos de carne de 42 días de edad, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. El orégano en la proporción de 0.1% mostró efectividad en lograr incrementar la magnitud de la vellosidades intestinales; reduciendo la variabilidad en la variable en comparación con el tratamiento testigo negativo y con mayor proporción de ribetes de cepillo en el epitelio.
2. No hubo diferencia significativa ($P>0.05$) entre tratamientos para la magnitud de las criptas de Lieberkühn, asumiéndose normalidad en la tasa de renovación celular en todos los tratamientos implementados.
3. La relación longitud de vello: profundidad de cripta fue mejorada por la mayor proporción de orégano en la dieta; indicando mayor superficie de absorción de nutrientes.
4. La cantidad de *E coli* en el contenido cecal de los pollos de 42 días fue menor en el tratamiento testigo positivo, debido a la presencia del antibiótico; sin embargo, el orégano en la proporción de 0.1% generó una reducción considerable en comparación con el testigo negativo.

V. RECOMENDACIONES

1. Emplear 0.1% de orégano en polvo en la dieta de los pollos de carne por permitir mejoras histométricas en la condición del epitelio intestinal y reducción en la presencia de *E. coli* en el ciego.
2. Realizar investigación que permita obtener orégano en polvo con cantidades estandarizadas en el contenido de polifenoles.
3. Determinar el efecto sobre sobre las características de la carcasa y la carne.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdullah, S. M., Abdulmaged, S. H., Hamad, S. M., and Ali, A. J. (2022). Comparative study between phytogetic and *Escherichia coli* vaccine in broilers. *Iraqi Journal of Agricultural Science*, 53 (1): 157-163.
- Alagawany, M., Abd El-Hack, M. E., Farag, M. R., Shaheen, H. M, Abdel-Latif, M. A., Noreldin, A. E., and Patra, A. K. (2018). The usefulness of oregano and its derivatives in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal*, 74, DOI; 10.1017/S0043933918000454.
- Ampode, K. M. B. and Mendoza, F. C. (2022). Oregano (*Origanum vulgare* Linn.) powder as phytobiotic feed additives improves the growth performance lymphoid organs, and economic traits in broiler chickens. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 10(2): 434-441. <https://dx.doi.org/10.17582/journal.aavs/2022/10.2.434.441>
- Bahakaim, A. S. A. Abdel-Halim, H. A. H., Mousa, S. M.M. and Fadl, A. (2020). Effect of dietary oregano supplementation on productive, physiological and immunological performance of broiler chicks. *Egyptian Poultry Science Journal*, 40(II): 507-524. ISSN:2090-0570.
- Bajagai, Y. S., Radovanovic, A., Steel, J. C., and Stanley, D. (2021). The effects of continual consumption of *Origanum vulgare* on liver transcriptomics. *Animals*, 11, 398. <https://doi.org/10.3390/ani11020398>
- Barbabosa Pliego, A., Tavakoli, M., Khusro, A., Seidavi, A., Elghandour, M., Salem, A., Márquez-Molina, O., and Rivas-Cáceres, R. (2020). Beneficial and adverse effects of medicinal plants as feed supplements in poultry nutrition: A review. *Animal Biotechnology*, DOI: 10.1080/10495398.2020.1798973
- Bauer, B. W., Radovanovic, A., Willson, N.-L., Bajagai, Y. S., Van, T. T. H., Moore, R. J., and Stanley, D. (2019). Oregano: A potential prophylactic treatment for the intestinal microbiota. *Heliyon*, e02625. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02625>.
- Burt, S. 2004. Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94: 223-253. Doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022
- Cabarkapa, I., Puvaca, N., Popovic, S., Colovic, D., Kostadinovic, L., Karp T., E., and Levic, J. (2020). Aromatic plants and their extracts pharmacokinetics and *in vitro/ in vivo* mechanisms of action. In: *Feed Additives*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814700-9.00005-4>
- Cuevas, A. (2008). Los bioartefactos: Viejas realidades que plantean nuevos problemas en la adscripción funcional. Universidad de Salamanca. *Argumentos de Razón Técnica*, 11: 71-96. [http://institucional.us.es>revistas>11>4Cuevas]
- Du, E., Wang, W., Gan, L., Li, Z., and Guo, Y. (2016). Effects of thymol and carvacrol supplementation on intestinal integrity and immune responses of broiler chickens challenged with *Clostridium perfringens*. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 7: 19. Doi: 10.1186/s40104-016-0079-7.
- Feng, J., Lu, M., Wang, J., Zhang, H., Qiu, K., Qi, G., and Wu, S. (2021). Dietary oregano essential oil supplementation improves intestinal functions and alters gut microbiota in late-phase laying hens. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12:72. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00600-3>.

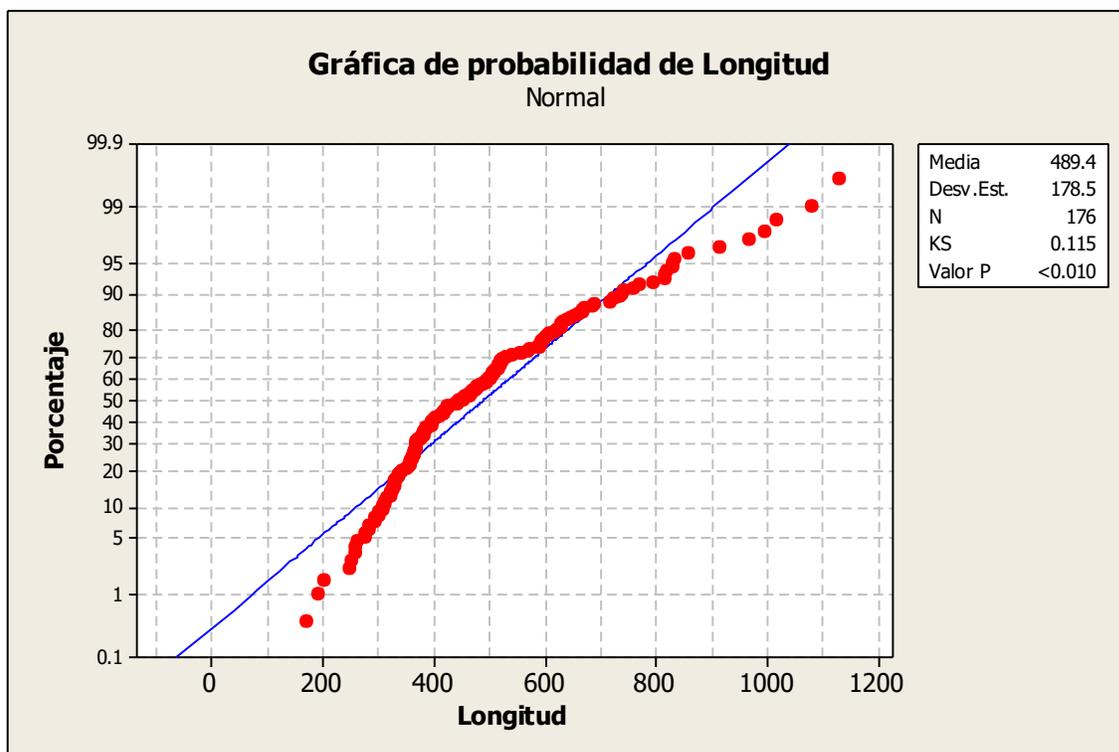
- Fernández C., M. G. (2021). Características del epitelio interno del intestino delgado de pollos que recibieron proporciones crecientes de orégano en la dieta. *Tesis para optar el título profesional de Ingeniera Zootecnista*. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Giannenas, I., Bonos, E., Christaki, E., and Florou-Paneri, P. (2018). Oregano: A feed additive with functional properties. In: *Therapeutic Foods – Handbook of Food Bioengineering*. [Holban, A. M. and Grumezescu, A. M., eds.] Academic Press. Pp. 179 – 201. <https://doi.org/10.1016/B978-0.12-811517-6.00006-4>
- 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. ISBN: 978-607-15-0291-9
- Heydarian, M., Ebrahimnezhad, Y., Meimandipour, A., Hosseini, S. A., and Banabazi, M. H. (2020). Effects of dietary inclusion of the encapsulated thyme and oregano essential oils mixture and probiotic on growth performance, immune response and intestinal morphology of broiler chickens. *Poultry Science Journal*, 8(1): 17-25. DOI: 10.22069/psj.2020.17101.1497.
- Ivanov, V. and Bozakova, N. (sin fecha). Possibilities of using oregano (*Origanum vulgare* L.) as a dietary supplement in broiler chicken and hens production. *Journal of Hygienic Engineering and Design*. 266-271. UDC 636.52/.58.086:635.71
- Jin, X., Huang, G., Luo, Z., Hu, Y., and Liu, D. (2022). Oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil feed supplement protected broiler chickens against *Clostridium perfringens* induced necrotic enteritis. *Agriculture*, 12, 18. <https://doi.org/10.3390/agriculture12010018>
- Maletta, H. (2015). *Hacer Ciencia. Teoría y práctica de la producción científica*. Universidad del Pacífico: Lima, Perú. 700 PP. ISBN: 978-9972-57-339-2
- Martínez, D. A., Ponce de León, C. L., and Vilchez, C. (2020). Meta-analysis of commercial-scale trials as a means to improve decision-making processes in the poultry industry: A phyto-genic feed additive case study. *International Journal of Poultry Science*, 19(11): 513-523. DOI: 10.3923/ijps.2020.513-523.
- Nilkanth, R. H., Vipin, Kumar, K., and Soni, P. K. (2020). Effect of feeding of oregano oil with probiotic on gut microbiota and nutrients digestibility of broiler chicken. *The Pharma Innovation Journal*, 9(3): 660-664. <https://doi.org/10.22271/tpi.2020.v9.i31.4657>
- Ordóñez R., E. (2018). Influencia de suplementación alimenticia con orégano (*Origanum vulgare*) y complejos enzimáticos en los índices productivos y salud intestinal de pollos de engorde. *Tesis para optar el grado de Maestro en Producción Animal*. Escuela de Posgrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Chachapoyas, Perú.
- Ostle, B. (1979). Estadística Aplicada. Técnicas de la Estadística Moderna, Cuándo y Dónde Aplicarlas. Limusa. México: D.F. 629 pp. ISBN: 968-18-0734-0
- Peng, Q. Y., Li, J. d., Li, z., Duan, Z. Y., and Wu, Y. P. (2016). Effects of dietary supplementation with oregano essential oil on growth performance, carcass traits and jejunal morphology in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.02.010>
- Puvaca, N., Tufarelli, V., and Giannenas, I. (2022). Essential oils in broiler chicken production, immunity and meat quality: Review of *Thymus vulgaris*, *Origanum*

- vulgare*, and *Rosmarinus officinalis*. *Agriculture*, 12, 874. <https://doi.org/10.3390/agriculture12060874>
- Rauw, W. M. (2009). Introduction. In: *Resource Allocation Theory Applied to Farm Animal Production*. (Rauw, W. M., ed.) CAB International: London.
- Raza, Q. S., Saleemi, M. K., Gul, S. T., Irshad, H., Fayyaz, A., Zaheer, I., Tahir, M. W., Fatima, Z., Chohan, T. Z., Imram, M., Ali, H., Khalid, H. M. S., Jamil, M., Zaheer, M. I., and Khan, A. (2022). Role of essential oils/ volatile oils in poultry production – a review on present, past and future contemplations. *Agrobiological Records*, 7: 40-56. <https://doi.org/10.47278/journal.abr/2021.013>
- Sarica, S., Suicmez, M., Corduk, M., Ozdemir, D., and Berberoglu, E. (2014). Effects of oregano essential oil supplementation to diets of broiler chicks with delayed feeding after hatching. Morphological development of small intestine segments. *Italian Journal of Animal Science*, 13: 2, 3172. <https://doi.org/10.4081/ijas.2014.3172>
- Scheffler, W. (1981). *Bioestadística*. Fondo Educativo Interamericano. EE. UU. de N.A.
- Scocco, P., Forte, C., Franciosini, M. P., Mercati, F., Casagrande-Proietti, P., Dall’Aglia, C., Acuti, G., Tardella, F. M., and Trabalza-Marinucci, M. (2016). Gut complex carbohydrates and intestinal microflora in broiler chickens fed with oregano (*Origanum vulgare* L.) aqueous extract and vitamin E. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 9 pp. DOI: 10.1111/jpn.12588
- Turcu, P., Olteanu, M., Untea, A., Saracila, M., Varzaru, I., and Vlaicu, P. (2020). Nutritional characterization of some natural plants used in poultry nutrition. *Archiva Zootechnica*, 23(2): 58-72. DOI:10.2478/azibna-2020-0013
- Turcu, R. P., Tabuc, C., Vlaicu, P. A., Panaite, T. D., Buleandra, M., and Saracila, M. (2018). Effect of the dietary oregano (*Origanum vulgare* L.) powder and oil on the balance of the intestinal microflora of broilers reared under heat stress (32°C). *Scientific Papers. Series D. Animal Science*, LXI (1): 77-86. ISSN Online 2393-2260.
- Vlaicu, P. A., Panaite, T. D., Turcu, R. P., and Tabuc, C. (2020). Dietary *Origanum vulgare* supplements for broilers. *Romanian Biotechnological Letters*, 25 (5): 1922-1929. DOI: 10.25083/rbl/25.5/1922.1929.
- Vidarte S., F. A. (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 para optar el título profesional de Ingeniera Zootecnista*. Facultad de Ingeniería Zootecnia, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- WIKIPEDIA. (2021). Vellosidad intestinal. Obtenido de: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Vellosidad_intestinal&oblid=138098198
- Zhang, L. Y., Peng, Q. Y., Liu, Y. R., Ma, Q. G., Zhang, J. Y., Guo, Y. P., Xue, Z., and Zhao, L. H. (2021). Effects of oregano essential oil as an antibiotic growth promoter alternative on growth performance, antioxidant status, and intestinal health of broilers. *Poultry Science*, 100:101163. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101163>

ANEXOS

Anexo 1.

Prueba de normalidad con la longitud de vellosidades intestinales



Anexo 2.

Prueba de homogeneidad de varianzas con longitud de vellosidades intestinales

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándares

Tratamientos	N	Inferior	Desv. Est.	Superior
1	44	73.138	93.061	126.331
2	44	193.221	245.856	333.752
3	44	75.474	96.033	130.366
4	44	146.233	186.067	252.588

Prueba de Bartlett (distribución normal)

Estadística de prueba = 56.90, valor p = 0.000

Prueba de Levene (cualquier distribución continua)

Estadística de prueba = 21.61, valor p = 0.000

Anexo 3.

Análisis de varianza con longitud (lgt.) de vellosidades intestinales

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Tratamientos	3	1.791	0.597	5.37	0.001
Error	172	19.116	0.111		
Total	175	20.908			

S = 0.3334 R-cuad. = 8.57% R-cuad.(ajustado) = 6.97%

ICs de 95% individuales para la media
basados en Desv.Est. agrupada

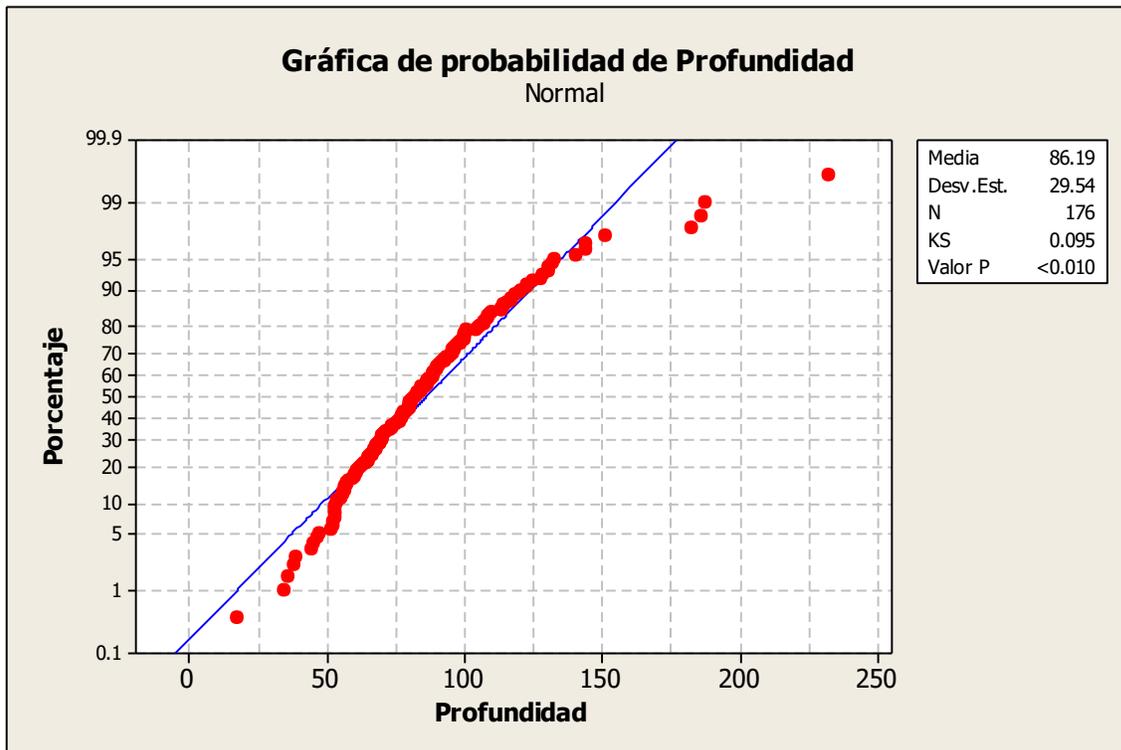
Nivel	N	Media	Desv.Est.	ICs
1	44	6.0294	0.2245	(-----*-----)
2	44	6.2881	0.4154	(-----*-----)
3	44	6.0589	0.2141	(-----*-----)
4	44	6.1540	0.4192	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
6.00 6.12 6.24 6.36

Desv.Est. agrupada = 0.3334

Anexo 4.

Prueba de normalidad con la profundidad de criptas de Lieberkühn



Anexo 5.

Prueba de homogeneidad de varianzas con profundidad de criptas de Lieberkhun
Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándares

Tratamientos	N	Inferior	Desv.Est.	Superior
1	44	21.1895	26.9616	36.6007
2	44	23.2775	29.6183	40.2072
3	44	17.6698	22.4831	30.5210
4	44	29.7036	37.7949	51.3070

Prueba de Bartlett (distribución normal)

Estadística de prueba = 12.13, valor p = 0.007

Prueba de Levene (cualquier distribución continua)

Estadística de prueba = 2.51, valor p = 0.061

Anexo 6.

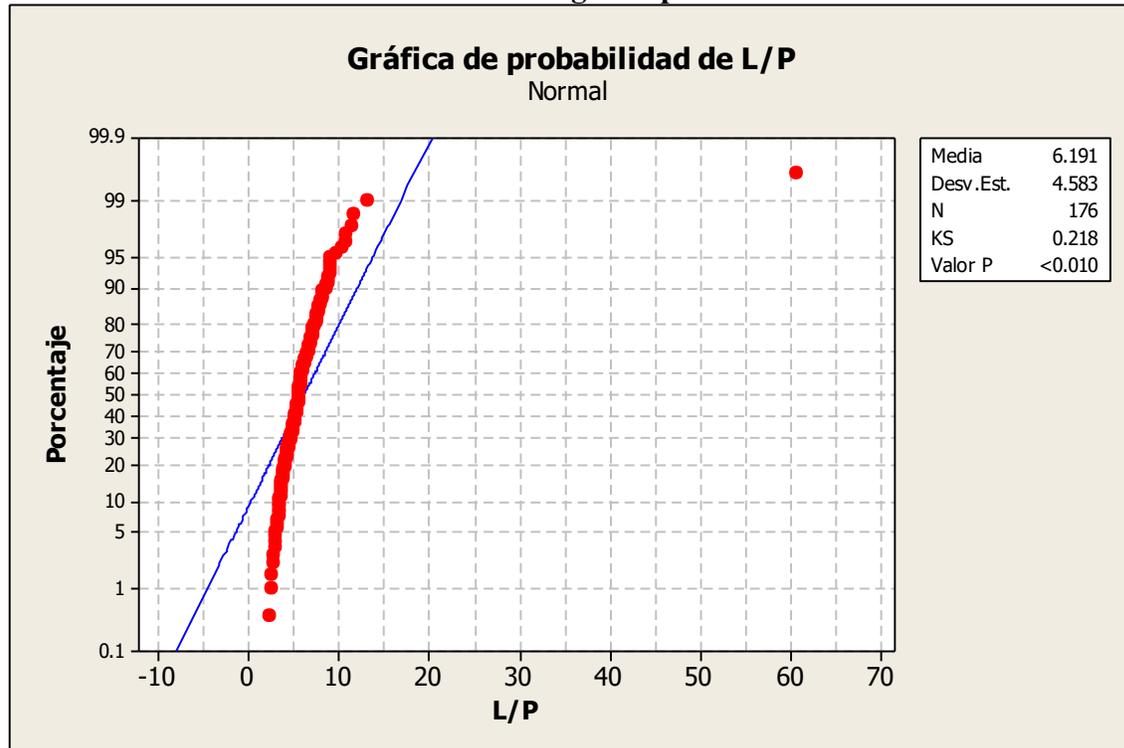
Análisis de varianza con profundidad (lgt.) de criptas de Lieberkühn

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Tratamientos	3	0.215	0.072	0.63	0.599
Error	172	19.672	0.114		
Total	175	19.886			

S = 0.3382 R-cuad. = 1.08% R-cuad.(ajustado) = 0.00%

Anexo 7.

Prueba de normalidad con la relación longitud: profundidad



Anexo 8.

Prueba de homogeneidad de varianzas con la relación longitud: profundidad

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándares

Tratamientos	N	Inferior	Desv.Est.	Superior
1	44	1.58151	2.01231	2.7317
2	44	6.67320	8.49101	11.5266
3	44	1.16581	1.48338	2.0137
4	44	1.24073	1.57871	2.1431

Prueba de Bartlett (distribución normal)

Estadística de prueba = 197.87, valor p = 0.000

Prueba de Levene (cualquier distribución continua)

Estadística de prueba = 2.20, valor p = 0.090

Anexo 9.

Análisis de varianza con la relación (lgt.) longitud profundidad

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Tratamientos	3	2.323	0.774	5.96	0.001
Error	172	22.361	0.130		
Total	175	24.684			

S = 0.3606 R-cuad. = 9.41% R-cuad.(ajustado) = 7.83%

ICs de 95% individuales para la media
basados en Desv.Est. agrupada

Nivel	N	Media	Desv.Est.	+-----+-----+-----+-----
1	44	1.6427	0.3504	(-----*-----)
2	44	1.8877	0.5018	(-----*-----)
3	44	1.6018	0.2888	(-----*-----)
4	44	1.7921	0.2490	(-----*-----)
				+-----+-----+-----+-----
				1.50 1.65 1.80 1.95

Desv.Est. agrupada = 0.3606

Anexo 01

Constancia de aprobación de originalidad de tesis

Yo, Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr., asesor del trabajo de investigación de tesis de la bachiller Sayda Consuelo Tello Cárdenas titulado “**Histomorfometría del epitelio interno del intestino delgado y conteo de *Escherichia coli* en el ciego de pollos de carne de 42 días de edad que reciben orégano en la dieta**”, luego de la revisión exhaustiva del documento he constatado que tiene un índice de similitud de 14%, verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin.

El suscrito ha analizado dicho reporte y ha concluido que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. Por lo que, a mi entender, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”.

Lambayeque, 31 de agosto de 2022.



Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr.
DNI 16407252
Asesor

Anexo de la Resolución N° 659-2020-R
Página 30

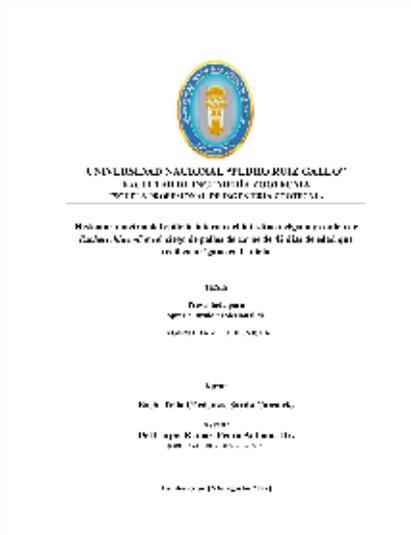


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Sayda Tello Cárdenas
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: Histomorfometría del epitelio interno del intestino delgado y...
Nombre del archivo: Tesis_Sayda_Tello.pdf
Tamaño del archivo: 1M
Total páginas: 67
Total de palabras: 16,812
Total de caracteres: 87,421
Fecha de entrega: 31-ago.-2022 05:26p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 1890265222



Histomorfometría del epitelio interno del intestino delgado y conteo de Escherichia coli en el ciego de pollos de carne de 42 días de edad que reciben orégano en la dieta

por Sayda Tello Cárdenas

Fecha de entrega: 31-ago-2022 05:26p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1890265222

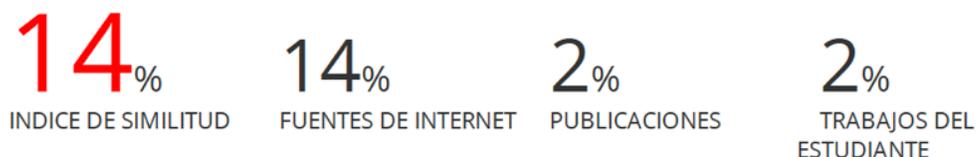
Nombre del archivo: Tesis_Sayda_Tello.pdf (1M)

Total de palabras: 16812

Total de caracteres: 87421

Histomorfometría del epitelio interno del intestino delgado y conteo de Escherichia coli en el ciego de pollos de carne de 42 días de edad que reciben orégano en la dieta

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.untrm.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	revistas.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	1%
6	1library.co Fuente de Internet	1%
7	aprenderly.com Fuente de Internet	1%
8	eprints.uanl.mx Fuente de Internet	<1%