

## **Efecto de un aditivo multifuncional sobre el desempeño productivo, peso de órganos y morfometría intestinal en pollos de engorde**

Claudia Espinoza Rojas<sup>a</sup>, Connie Gallardo Vela<sup>b\*</sup>

*<sup>a</sup> Facultad de Ciencias Veterinarias y Biológicas, Universidad Científica del Sur, Carretera Panamericana Sur km. 19, Lima 12, Lima, Perú. [claudia.espinoza.rojas@outlook.com.pe](mailto:claudia.espinoza.rojas@outlook.com.pe)*

*<sup>b</sup> Facultad de Ciencias Veterinarias y Biológicas, Universidad Científica del Sur, Carretera Panamericana Sur km. 19, Lima 12, Lima, Perú. [cgallardov@cientifica.edu.pe](mailto:cgallardov@cientifica.edu.pe)*

\*Autora para correspondencia:

Correo electrónico: [cgallardov@cientifica.edu.pe](mailto:cgallardov@cientifica.edu.pe) (C. Gallardo).

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 17:00 horas del 25 de octubre de 2019, en las instalaciones del aula L-205 (Villa 2) de la Universidad Científica del Sur, los miembros del Jurado de Tesis nombrado por **Resolución Directoral Académica de Carrera N° 118-DACMVZ-DAFCVB-U. CIENTÍFICA-2019**, integrado por:

1. **MG. CARLOS ALBERTO CABALLERO MONTAÑEZ** : **Presidente**
2. **MG. LISANIA MELISA FERNANDEZ CURI** : **Miembro**
3. **M.V. ROSARIO TERESA RAMIREZ MARINA** : **Miembro**
4. **DRA. CONNIE GALLARDO VELA** : **Miembro (Asesora)**

Se reunieron para dar lugar a la sustentación de la tesis titulada **“EFECTO DE UN ADITIVO MULTIFUNCIONAL SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO, PESO DE ÓRGANOS Y MORFOMETRÍA INTESTINAL EN POLLOS DE ENGORDE”**, que presenta la Bachiller en MVZ, **ESPINOZA ROJAS, CLAUDIA LILIANA**, cumpliendo con los requisitos exigidos para la obtención del Título Profesional de Médico Veterinario Zootecnista.

Terminada la sustentación, el Jurado luego de deliberar, acuerda:

APROBAR ..........  
DESAPROBAR .....

La tesis, con el calificativo de dieciocho (18) y eleva la presente Acta al Director Académico de la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, dando conformidad del acto público de sustentación.

  
\_\_\_\_\_  
**CARLOS ALBERTO CABALLERO MONTAÑEZ**  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
**LISANIA MELISA FERNANDEZ CURI**  
Miembro

  
\_\_\_\_\_  
**ROSARIO TERESA RAMIREZ MARINA**  
Miembro

  
\_\_\_\_\_  
**CONNIE GALLARDO VELA**  
Asesora

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de un aditivo multifuncional (AMF) en comparación con aditivos convencionales sobre el desempeño productivo, peso de órganos y morfometría intestinal en pollos de engorde en diferentes fases de crecimiento. 248 pollos (Cobb 500) fueron distribuidos en un diseño completamente al azar, con 2 tratamientos, 4 repeticiones y 31 aves por repetición. El Tratamiento 1 fue la dieta basal con aditivos convencionales y el Tratamiento 2, la dieta basal con un aditivo multifuncional. El desempeño productivo, el peso de los órganos y la morfometría intestinal fueron evaluados al finalizar cada fase de cambio de dieta, Fase I, 10 días, Fase II, 20 y Fase III, 42 días de edad. En los resultados se encontró que el uso de AMF disminuyó el porcentaje de mortalidad en la Fase I ( $p < 0.05$ ), mientras que, a los 20 días aumentó la ganancia de peso ( $p < 0.05$ ) logrando mejorar la conversión alimenticia ( $p < 0.05$ ). Al término de la Fase III, se observó que el tratamiento con AMF alcanzó un mejor peso final ( $p < 0.05$ ) con un menor consumo de alimento ( $p < 0.05$ ). No se observaron diferencias significativas en el peso de los órganos a los 10 y 42 días de edad, pero a los 20 días de edad el peso relativo del intestino fue mayor en las aves del Tratamiento 2 ( $p < 0.05$ ). A los 10 y 20 días, las aves alimentadas con AMF presentaron una mayor longitud de vellosidad en el duodeno, yeyuno e íleon ( $p < 0.05$ ) en comparación con las aves control, mientras que a los 42 días solo en duodeno e íleon ( $p < 0.05$ ). No se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en la profundidad de las criptas. En conclusión, el uso del AMF en pollos de engorde tiende a un mejor desempeño productivo y mejora la morfología intestinal en comparación del uso de aditivos convencionales.

**Palabras claves:** Aditivo multifuncional, desempeño productivo, morfología intestinal, pollos de engorde

## 1. Introducción

La principal función del tracto gastrointestinal es transformar las moléculas complejas, presentes en la dieta, en moléculas simples que el cuerpo pueda absorber utilizar para el mantenimiento, crecimiento y reproducción. Por ello, el bienestar del intestino resulta vital para alcanzar un óptimo desempeño productivo mediante la eficiente utilización de los nutrientes y la energía (Hashemi y Davoodi, 2011).

El avance genético ha permitido trabajar con mayores densidades de animales por espacio, lo que genera problemas de estrés causando inmunodepresión en las aves, haciéndolas más vulnerables a enfermedades. Por lo que, se viene empleando diversos aditivos tales como, probióticos, prebióticos, enzimas, antioxidantes, hepatoprotectores, conservantes, coccidiostatos, inmunoestimulantes, captadores de micotoxinas, enzimas y antibióticos promotores de crecimiento (Ahmand, 2006; Angelakis *et al.*, 2013; Angelakis, 2016; Dhama *et al.*, 2011). No obstante, el empleo inadecuado e indiscriminado de antibióticos en dosis subterapéuticas, denominados como promotores de crecimiento (APC), en los pollos de engorde conllevó a la aparición de resistencia antimicrobiana (Ahmand, 2006). Frente a ello, en el 2006 surge la prohibición de su uso como aditivos alimentarios por parte de la Unión Europea y su próximo retiro voluntario en otros países, lo cual a su vez aceleró la investigación dando lugar una serie de estudios sobre alternativas para la producción avícola (Kiczrowska *et al.*, 2016). Una alternativa a los APC, son los productos denominados aditivos multifuncionales que actuarían como acondicionadores y optimizadores intestinales al mejorar la fisiología digestiva e inmunidad local del intestino, y consecuentemente reemplazarían a distintos aditivos convencionales (Taylor, 2019).

Un aditivo multifuncional contiene en su composición una mezcla de aditivos sintéticos y naturales, donde los aditivos naturales en su mayoría están compuestos por extractos de plantas, especias o resinas conocidos como aditivos fitogénicos (Kiczrowska *et al.*, 2016; Shimada, 2007). Los aditivos fitogénicos al proceder de extractos de plantas actuarían detoxificando y optimizando el funcionamiento del hígado, estimulando la activación del sistema inmunológico (Miranda, 2009). Según Platel y Srinivasan (2004), reportan que el timol (2-isopropil-5-metilfenol) presente en el *Thymus vulgaris* (Muñoz *et al.*, 2007) estimula las secreciones digestivas como la amilasa salival en humanos y ácidos biliares, enzimas gástricas, pancreáticas (lipasa, amilasa y proteasas) en la mucosa intestinal en ratas.

Por otra parte, Hashemipour *et al.* (2013) demostraron en aves de 11 a 24 días de edad, alimentadas con dietas suplementadas con el producto fitogénico que contenía el timol + carvacrol (5-isopropil-2-metilfenol) produjeron mayores actividades ( $p < 0.05$ ) de tripsina intestinal, lipasa y proteasa en comparación con las aves control a los 24 días de edad. Así, el empleo de aditivos multifuncionales en dietas para pollos mejoraría la ganancia de peso, consumo y conversión alimenticia al facilitar la degradación de los nutrientes de las dietas y esto consecuentemente reduciría el peso del hígado y páncreas, al evitar el sobre esfuerzo de estos órganos.

Sin embargo, son escasos los estudios que involucran el uso conjunto de aditivos multifuncionales utilizados en la alimentación de pollos de engorde, motivo por el cual se buscó determinar el desempeño productivo, peso de órganos y morfometría intestinal en pollos de engorde alimentados con un aditivo multifuncional en comparación a pollos alimentados con una dieta basal con aditivos convencionales.

## 2. Material y métodos

### 2.1. Animales, dietas y manejo

El experimento se realizó en la Unidad Experimental Avícola de la Universidad Científica del Sur. Todos los procedimientos y protocolos experimentales fueron aprobados por el Comité Institucional de Ética en Investigación con Animales y Biodiversidad de la Universidad Científica del Sur (N°75-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2019).

Se utilizaron 248 pollos machos (Cobb 500), con pesos promedios de  $48.33 \pm 3.07$  g, distribuidos en 8 corrales experimentales siguiendo un diseño completamente al azar, siendo 2 tratamientos, con 4 repeticiones por tratamiento y 31 aves por repetición. Los tratamientos experimentales fueron: Tratamiento 1, dieta basal con aditivos convencionales; y Tratamiento 2, dieta basal con aditivo multifuncional (AMF). Para el estudio se utilizó un aditivo multifuncional (AMF, Alquermix) que fue obtenido comercialmente (Biovet S.A, España).

Las aves fueron criadas de 0 a 42 días de edad en corrales experimentales con temperatura, humedad y programa de luz controlado, siguiendo las indicaciones de la Guía de manejo Cobb 500 (2018). Se elaboraron tres dietas experimentales de acuerdo a las recomendaciones del fabricante del aditivo multifuncional, considerando tres fases:

Fase I (0 a 10 días), Fase II (11 a 20 días) y Fase III (21 a 42 días). Las dietas experimentales (Tabla 1) fueron isoprotéicas e isocalóricas considerando los niveles de vitaminas y minerales requeridos para cada fase experimental siguiendo las recomendaciones de la línea genética. La alimentación y el agua de bebida fueron *ad-libitum*.

## 2.2. Desempeño productivo

Al terminar cada fase de alimentación (10, 21 y 42 días) se registró la cantidad de alimento consumido y los pesos de todas las aves. La mortalidad fue registrada a lo largo del estudio según su incidencia. Con estos datos se obtuvo la ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y porcentaje de mortalidad por fase.

## 2.3. Peso de órganos digestivos e inmunitarios

Después de 4 horas de ayuno, un ave por repetición a los 10, 20 y 42 días de edad fue seleccionada de manera aleatoria, las aves fueron sacrificadas por dislocación cervical manual siguiendo los procedimientos de Humane Slaughter Association (2013). Se realizó el pesaje de molleja vacía, proventrículo, bazo, bolsa de Fabricio, hígado, páncreas e intestino. Para el pesaje de los órganos se utilizó una balanza digital, con precisión de 0.01 g (Henkel, BQ 003, Alemania).

## 2.4. Toma de muestra y análisis de la morfología del intestino delgado

A los 10, 20 y 42 días de edad, un ave de cada repetición fue seleccionada de manera aleatoria y mantenida en ayuno por 4 horas, luego se procedió a su sacrificio y necropsia para obtener muestras histológicas de los segmentos evaluados. Se diseccionó de 3 a 4 cm del duodeno (denotado desde la molleja hasta los conductos pancreáticos y vesícula), yeyuno (desde la terminación del bucle que rodea el páncreas al divertículo de Meckel) e íleon (divertículo de Meckel hasta la conjunción íleo-cecal) (Opheim *et al.*, 2016; Abolfathi *et al.*, 2019). Inmediatamente se amarraron los extremos de los segmentos, se inyectó formaldehído al 10% en el lumen y fueron sumergidos en frascos con formaldehído al 10%, previamente rotulados. Después de 48 horas de fijación fueron deshidratados con alcohol, aclarados y embebidos con parafina. Mediante el uso de un micrótopo, se obtuvieron cortes transversales y longitudinales de 5  $\mu$ m de grosor, para ser montados en láminas portaobjeto y sometidos a tinción hemoxilina-eosina



(Opheim *et al.*, 2016; Mohebodini *et al.*, 2019; Alfaro *et al.*, 2007).

Para la evaluación de las láminas obtenidas se utilizó un microscopio Nikon Eclipse E 200 (Nikon Corporation, Tokyo, Japón) equipado con una unidad de control de cámara Nikon Digital Sight DS-L3, a través del cual se evaluó los 3 patrones morfométricos, la longitud de vellosidad intestinal (distancia desde la base de la vellosidad hasta el ápice con objetivo 10x), el ancho de la vellosidad (nivel del punto medio vertical de cada vellosidad con objetivo 20x) y la profundidad de las criptas de Lieberkühn (diámetro de la glándula de Lieberkühn utilizando un objetivo 20x). Se midieron las vellosidades y criptas mejor conservadas y se tomaron 3 mediciones por cada índice morfométrico y su valor promedio fue utilizado. La proporción vellosidad/cripta fue calculada.

### 2.5. Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados utilizando el procedimiento GLM del software SAS versión 9.2 (SAS Institute Inc. Cary, USA) y para contrastar la normalidad de los datos se usó la prueba Shapiro Wilk. Los datos expresados en porcentaje fueron transformados a valores arcoseno. Para comparar los tratamientos experimentales se utilizó la prueba de T-Student, considerando un nivel de significancia de  $p < 0.05$ .

## 3. Resultados

### 3.1. Desempeño productivo

En la Tabla 2 se observan los resultados del desempeño productivo de las aves para las fases evaluadas. En la Fase I, hubo efectos significativos ( $p < 0.05$ ) de los tratamientos sobre el porcentaje de mortalidad, siendo las aves alimentadas con el AMF las que tuvieron menor mortalidad en comparación con las aves control. No se observó efectos significativos ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos experimentales en la ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia.

En la Fase II, hubo diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos sobre la ganancia de peso y conversión alimenticia. Las aves del tratamiento 2, alimentadas con el AMF tuvieron mejor conversión alimenticia y ganancia de peso ( $p < 0.05$ ), ganando 52.51 g más peso que las aves del tratamiento control. No hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el consumo de alimento y mortalidad. Mientras

que, en la Fase III, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el peso a favor del grupo de aves alimentadas con AMF. En la misma fase, las aves del tratamiento control presentaron un mayor consumo de alimento ( $p < 0.05$ ). Al evaluar de forma conjunta las diferentes fases de crecimiento, se obtuvieron diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) sobre la ganancia de peso y mortalidad, observándose además una tendencia significativa ( $p = 0.072$ ) para la conversión alimenticia. No hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el consumo de alimento; sin embargo, numéricamente las aves del tratamiento control presentaron un mayor consumo de alimento.

### 3.2. *Peso de órganos digestivos e inmunitarios*

En la Tabla 3 se observan los resultados de los pesos relativos de los órganos de los pollos alimentados con aditivos convencionales y con el AMF. Hubo efecto significativo ( $p < 0.05$ ) en la dieta que contenía el AMF sobre el peso relativo del intestino a los 20 días de edad. Se observaron tendencias significativas del peso relativo del intestino a los 10 días de edad ( $p = 0.083$ ), del peso relativo de la molleja ( $p = 0.052$ ), proventrículo ( $p = 0.051$ ) y Bursa a los 20 días de edad ( $p = 0.051$ ). No hubo efecto ( $p > 0.05$ ) de los tratamientos experimentales sobre el peso de los órganos a los 10 y 42 días de edad.

### 3.3. *Morfometría intestinal*

En la Tabla 4 se presentan los resultados de la longitud de las vellosidades y la profundidad de las criptas intestinales en los segmentos del duodeno, yeyuno e íleo. A los 10 y 20 días de edad, las aves alimentadas con AMF (T2), presentaron una mayor longitud de vellosidades en todos los segmentos evaluados del intestino a comparación del grupo control ( $p < 0.05$ ). A los 42 días se evidenció esta misma respuesta solo a nivel del duodeno e íleo ( $p < 0.05$ ). Respecto al ancho de las vellosidades, se observaron diferencias significativas en el duodeno a los 42 días de edad, mientras que en el yeyuno e íleon a los 10 y 20 días de edad, siendo las vellosidades más anchas en las aves alimentadas con AMF ( $p < 0.05$ ). No hubo efectos significativos ( $p > 0.05$ ) de los tratamientos sobre la profundidad de las criptas en los segmentos evaluados.



#### 4. Discusión

La mayor ganancia de peso y mejor conversión alimenticia observada en las aves alimentadas con las dietas conteniendo AMF en la etapa de crecimiento y en el peso de las aves a los 42 días de edad, estaría relacionado al mayor aprovechamiento de nutrientes debido a los principios activos presentes en los aditivos fitogénicos comprendidos en la composición del AMF, que modularían de forma más eficaz la actividad fisiológica intestinal en la absorción de nutrientes (Cross *et al.*, 20017). Prashant *et al.* (2017) encontraron que una formulación polihierbal que contenía *Aegle marmelos* incrementó el peso al final de la quinta semana en aves desafiadas con *E. coli* en comparación a las aves que recibían un tratamiento, ello atribuido a su efecto anti-diarreico y sus propiedades digestivas. En contraste a los resultados obtenidos, un estudio que evaluó el efecto de la suplementación de resina de *Boswellia serrata* en el desempeño productivo, no obtuvo diferencias significativas (Kiczrowska *et al.*, 2016). Por otro lado, Erhan *et al.* (2012) señaló que la adición de *Mentha pulegium L.* en la dieta de broilers no afectó el peso final de las aves ni la ganancia de peso, pero su suplementación a una dosis del 0.50% sí logró disminuir el consumo de alimento y mejorar la conversión alimenticia en comparación con las aves del grupo control, lo cual coincidiría con los resultados obtenidos en el presente estudio.

Sin embargo, Platel y Srinivasan (2004) reportan que el timol presente en *Thymus vulgaris* estimula las secreciones digestivas como la amilasa salival en humanos y ácidos biliares, enzimas gástricas, pancreáticas (lipasa, amilasa y proteasas) y mucosa intestinal en ratas. En base a esta información, se podría asumir que por ejemplo una mayor secreción de ácidos biliares podría haber influido favorablemente la digestión de los lípidos por su acción de emulsificación y una mejora de la eficiencia alimenticia como base del crecimiento de los pollos broilers.

Asimismo, Jang *et al.* (2007) reportaron un aumento significativo en las actividades de tripsina pancreática, amilasa y maltasa en pollos alimentados con diferentes mezclas de aceites esenciales comerciales. Bajo las condiciones del estudio, los efectos benéficos se podrían explicar parcialmente en base a una mejora en el proceso de digestión que conllevo a una mejor asimilación de nutrientes y mayor crecimiento de los pollos broilers.

Hashemipour *et al.* (2013), mediante un estudio, demostraron que, de 11 a 24 días de edad, el timol + carvacrol, presentes en *Thymus vulgaris* tuvieron efectos

significativos sobre la ganancia y consumo diario, así las aves alimentadas con dietas suplementadas con el producto fitogénico produjeron mayores actividades ( $p < 0.05$ ) de tripsina intestinal, lipasa y proteasa en comparación con las de las aves control a los 24 días de edad. En comparación con las dietas de control, los tratamientos no tuvieron un efecto significativo sobre las actividades de las enzimas digestivas a los 42 días de edad. Esta información podría explicar la respuesta de mayor crecimiento en la fase de crecimiento a 11 a 20 días de edad de pollos broilers de nuestro estudio y no en la fase de acabado. El beneficio de agregar aditivos fitogénicos en las dietas para pollos implica los impactos positivos que pueden tener en la salud animal, actuando sobre la microflora intestinal controlando el crecimiento de microorganismos patógenos, disminuyendo la producción de amoníaco, proporcionando una mayor producción de moco en el intestino y mejorar la capacidad digestiva del animal (Hashemi y Davoodi, 2011; Windisch et al., 2008).

El efecto del aditivo multifuncional a los 11 a 20 días también estaría relacionada con el mayor estrés de crecimiento que sufren los pollos durante esta etapa, lo cual estaría en concordancia con Indresh (2007), quién menciona que la modulación de la respuesta productiva de los fitogénicos no podría ser evidenciada en situaciones donde no hay estrés o desafío de campo. También pueden tener efectos inmunomoduladores beneficiosos que pueden mantener la homeostasis y aliviar el estrés en las etapas más críticas del desarrollo (Langhout, 2000; Indresh, 2007).

Por otra parte, el uso combinado de varios aditivos en una sola mezcla puede proporcionar mejores resultados en la ganancia de peso y la conversión alimenticia en comparación a utilizar aditivos individualmente (Langhout, 2000; Prashant *et al.*, 2017).

Las dietas no influenciaron en el peso de los órganos, sin embargo, el crecimiento de los mismos se dio de manera secuencial conforme la ganancia de peso de las aves, esto indicaría que una dieta balanceada hace que las secreciones de las enzimas endógenas y el peso de los órganos se desarrollen conforme el crecimiento de las aves sobre todo después de la primera semana de edad, no pudiéndose evidenciar las diferencias durante los 10 primeros días de edad (Nitsan *et al.*, 1991). Por otro lado, en un estudio realizado por Kiczrowska *et al.* (2016), aves suplementadas con la resina de *Boswellia serrata* presentaron una disminución significativa del peso del proventrículo expresado en peso metabólico relativo a los 42 días de edad en comparación a las aves control; no obstante, esta disminución no redujo la digestibilidad en materia seca.

Estas diferencias tampoco se observaron en la etapa de crecimiento y terminación, esto puede estar relacionado a que la dieta fue isoprotéica e isocalórica y las aves no afectaron sus requerimientos nutricionales y, consecuentemente no alteró el funcionamiento de los órganos. Sin embargo, a los 20 días de edad se observa que las aves alimentadas con el AMF presentaron mayor peso relativo del intestino, el cual pudo estar relacionado con la mayor área de absorción sumada a una mayor cantidad de enterocitos, esto pudo favorecer la utilización de los nutrientes resultando en mayor deposición de tejido muscular y consecuentemente incrementándose la ganancia de peso (Rezende *et al.*, 2004).

Debido a que digestión y absorción del alimento ingerido de ocurre en el intestino delgado, se asume que su estructura estaría relacionada con su función (Yamauchi *et al.*, 2010). En este estudio, las aves alimentadas con AMF en su dieta mostraron efectos positivos en la morfología intestinal en cuanto a la longitud de las vellosidades corroborando así los resultados de un mejor desempeño productivo de las aves y peso relativo del intestino durante la fase de crecimiento. El aumento de tamaño de las vellosidades es un indicativo de una mayor superficie de absorción por vellosidad del intestino (Uni, 2006), ello permitió que las aves alimentadas con AMF tengan una mayor capacidad para absorber los nutrientes de la dieta y por consiguiente mejorar su desempeño productivo, en comparación con las aves control. Las diferencias no significativas observadas en la profundidad de las criptas, se pueden atribuir a que las aves se mantuvieron bajo condiciones sanitarias adecuadas, por lo cual, al no existir toxinas o patógenos, no se manifestó un proceso inflamatorio a nivel de las vellosidades. Tal como lo indicó Yason *et al.* (1987) la existencia de un agente patógeno externo conlleva a una rápida renovación del tejido de las vellosidades intestinales, esta respuesta se encuentra caracterizada con el aumento de la profundidad de las criptas. De este modo, se podría hablar del efecto positivo del uso de AMF en la dieta de las aves a nivel de la flora intestinal, debido a que una menor longitud de las vellosidades intestinales y mayor profundidad de las criptas se da cuando la concentración de una bacteria patógena aumenta en el tracto digestivo (Cook y Bird, 1973), lo que no fue observado en el presente estudio.

## 5. Conclusiones

El presente estudio mostró que el empleo de aditivos multifuncionales en dietas para pollos de engorde puede ser una estrategia efectiva para reemplazar el uso de los aditivos convencionales. Ello al observarse mejoras en el desempeño productivo como la disminución significativa de la mortalidad en la etapa de inicio, la mejora significativa tanto en ganancia de peso como en la conversión alimenticia durante la fase de crecimiento, y el peso de las aves en la fase de acabado. Además, se encontró un efecto significativo en el aumento del peso del intestino durante la fase de crecimiento y la longitud de las vellosidades intestinales en todas las porciones evaluadas, lo que facilitaría el incremento de la absorción de nutrientes afectando así positivamente a la producción de carne.

## Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaramos que no existe conflicto de interés en cuanto a la publicación del manuscrito y a la difusión de los resultados obtenidos.

## Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por el Laboratorio Biovet S.A, España. Los autores agradecen a la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Científica del Sur por brindar las instalaciones de la Unidad Experimental de Aves para realizar el estudio.

## Referencias

- Abolfathi, M.E., Tabeidian, S.A., Foroozandeh, A.D., Tabatabaei, S.N., Habibian, M., 2019. Effects of ethanol extract of elecampane (*Inula helenium L.*) rhizome on growth performance, diet digestibility, gut health, and antioxidant status in broiler chickens. *Livest. Sci.* 223, 68-75. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.03.006>.
- Ahmad I., 2006. Effect of Probiotics on Broilers Performance. *International Journal of Poultry Sci.* 5(6), 593-597.
- Alcicek A., Bozkurt M., Cabuk M., 2004. The effect of a mixture of herbal essential

oils, an organic acid or a probiotic on broiler performance. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 34 (4), 217-222.

Alfaro, D.M., Silva, A.V.F., Borges, S.A., Maiorka, F.A., Vargas, S., Santin, E., 2007. Use of *Yucca schidigera* extract in broiler diets and its effects on performance results obtained with different coccidiosis control methods. *J. Appl. Poult. Res.* 16, 248–254. <https://doi.org/10.1093/japr/16.2.248>.

Angelakis E., Merhej V., Raoult D., 2013. Related actions of probiotics and antibiotics on gut microbiota and weight modification. *The Lancet Infectious Diseases.* 13, 889-899.

Angelakis, E., 2016. Weight gain by gut microbiota manipulation in productive animals. *Microb. Pathogenesis.* 30, 1-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.micpath.2016.11.002>.

Cobb 500. 2018. Broiler Performance & Nutrition Supplement. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(13\)70179-8](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(13)70179-8).

Cook, R., Bird F., 1973. Duodenal Villus Area and Epithelial Cellular Migration in Conventional and Germ-Free Chicks. *Poultry Sci.* 52, 2276-2280.

Cross, D.E., McDevitt, R.M., Hillman, K., Acamovic, T., 2007. The effect of herbs and their associated essential oils on performance, dietary digestibility and gut microflora in chickens from 7 to 28 days of age. *Brit. Poultry Sci.* 48, 496–506. <https://doi.org/10.1080/00071660701463221>.

Dhama K., Verma V., Sawant P., Tiwari R., Vaid R. y Chauhan R., 2011. Applications of probiotics in poultry: Enhancing immunity and beneficial effects on production performances and health: A review. *J. Immunol. Immunopath.* 13 (1), 1-19.

Erhan, M.K., Bölükbasi, H. Ürüsan, S.C., 2012. Biological activities of pennyroyal (*Mentha pulegium L.*) in broilers. *Livest. Sci.* 146, 189–192. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.01.014>

- Hashemi, S. R., Davoodi, H., 2011. Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Vet. Res. Commun.* 35(2), 169–180. <https://doi.org/10.1007/s11259-010-9458-2>
- Hashemipour, H., Kermanshahi, H., Golian, A., Veldkamp, T., 2013. Effect of thymol and carvacrol feed supplementation on performance, antioxidant enzyme activities, fatty acid composition, digestive enzyme activities, and immune response in broiler chickens. *Poultry Sci.* 92, 2059–2069. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2012-02685>
- Human Slaughter Association, 2013. Sacrificio práctico de aves de corral. Recuperado de <https://www.hsa.org.uk/downloads/sacrificiopracicodeavesdecorral.pdf>
- Indresh, H.C., 2007. Organic acids and plant extracts can be effective antibiotic alternatives. *Feed Int.* 28, 10-12.
- Jang, I. S., Ko, Y. H., Kang, S. Y., Lee C. Y., 2007. Effect of comercial essential oils on growth performance, digestive enzyme activity and intestinal microflora population in broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 134, 304–315. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.06.009>
- Kiczorowska, B., Al-Yasiry, A.R.M., Samolińska, W., Marek, A., Pyzik, E., 2016. The effect of dietary supplementation of the broiler chicken diet with *Boswellia serrata* resin on growth performance, digestibility, and gastrointestinal characteristics, morphology, and microbiota. *Livest. Sci.* 191, 117–124. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.07.019>
- Langhout, P., 2000. The use of organic acids and essential oils to replace antibiotics in broiler chicken feeding is discussed. *World Poultry Sci. J.* 16 (3), 22-27.
- Miranda, D., Sánchez D., 2009. Efecto del Alquermix® Arranque Premium suministrado hasta los 10 días de edad en la producción de pollos de engorde



(Tesis, Universidad Zamorano). Recuperado de

<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/426/1/T2879.pdf>

Mohebodini, H., Jazi, V., Bakhshalinejad, R., Shabani, A., Ashayerizadeh, A., 2019.

Effect of dietary resveratrol supplementation on growth performance, immune response, serum biochemical indices, cecal microflora, and intestinal morphology of broiler chickens challenged with *Escherichia coli*. *Livest. Sci.* 229, 13-21.

<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.09.008>

Muñoz A., Castañeda, M.L., Blanco, K.M., Cardenas, C.Y., Reyes J.A., Kouznetso, V.,

Stashenko, E., 2007. Composición y capacidad antioxidante de especies aromáticas y medicinales con alto contenido de timol y carvacrol. *Scientia Et Technica.* 33, 124-128.

Nitsan Z., Ben-Avraham G., Zoref Z., Nir I., 1991. Growth and development of the

digestive organs and some enzymes in broiler chicks after hatching. *Brit. Poultry*

*Sci.* 32 (3), 515-523. <https://doi.org/10.1080/00071669108417376>

Opheim, M. Sterten, H. Overland M., Kjos N., 2006. Atlantic salmon (*Salmo salar*)

protein hydrolysate – Effect on growth performance and intestinal morphometry in broiler chickens. *Livest. Sci.* 187, 138–145.

<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.03.005>

Platel, K., Srinivasan K., 2004. Digestive stimulant action of spices: A myth or reality?

*Indian J. Med. Res.* 119, 167–179.

Prashant, M., Borthakur, A., Yadav, V., Ravikanth K., Maini, S., 2017. Polyherbal

formulation and its role in alleviating signs of diarrhoea in broiler birds. *Int. J. Sci. Env. Technol.* 6(2), 1430-1437.

Rezende, M., Pinheiro, L., McManus, C., Queiroz, L., 2004. Desempenho produtivo e

biometria das vísceras de codornas francesas alimentadas com diferentes níveis de

energía metabolizable e proteína bruta. *Acta Scientiarum Animal Sciences*. 26 (3), 353-358.

Shimada A., 2007. *Nutrición Animal*. (1ª ed). México: Editorial Trillas.

Taylor, R. 2019. *Poultry Science Association 108th Annual Meeting Abstracts*.  
Monterreal Oxford University Press.

Uni, Z., 2006. Early development of small intestinal function, in: Perry, G.C. (Ed.),  
*Avian gut function in health and disease*. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp,  
29–42.

Windisch, W., Schedle, K., Plitzner, C., Kroismayr, A., 2007. Use of phytogetic  
products as feed additives for swine and poultry. *J. Anim. Sci.* 86 (14), 140-148.  
<https://doi.org/10.2527/jas.2007-0459>

Yamauchi, K.E., Incharoen, T., Yamauchi, K., 2010. The relationship between  
intestinal histology and function as shown by compensatory enlargement of  
remnant villi after midgut resection in chickens. *Anat. Rec. A. Discov. Mol. Cell.  
Evol. Biol.* 293, 2071– 2079. <https://doi.org/10.1002/ar.21268>

Yason, C.V., Summers, B.A., Schat, K.A., 1987. Pathogenesis of rotavirus infection in  
various age groups of chickens and turkeys: *Pathology. Am. J. Vet. Res.* 48, 927–  
938.

**Tabla 1**  
Diets experimentales utilizadas en pollos de engorde en diferentes fases de crecimiento

	FASE I (0 - 10 d)		FASE II (11 - 20 d)		FASE III (21 - 42 d)	
	T1 <sup>1</sup>	T2 <sup>2</sup>	T1	T2	T1	T2
<b>Ingredientes (%)</b>						
Maíz amarillo	58.12	58.12	62.51	62.51	64.34	64.34
Torta de soya	28.76	28.76	26.51	26.51	25.28	25.28
Soya integral	5.00	5.00	2.70	2.70	1.63	1.63
Aceite de soya	3.71	3.71	4.07	4.07	4.90	4.90
Fosfato dicálcico	1.76	1.76	1.64	1.64	1.44	1.44
Carbonato de calcio	0.94	0.94	0.89	0.89	0.82	0.82
Sal común	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
DL-Metionina	0.27	0.27	0.24	0.24	0.20	0.20
Lisina HCl	0.16	0.16	0.15	0.15	0.10	0.10
Premix vitamina + mineral <sup>3</sup>	0.10	0.10	0.12	0.12	0.12	0.12
Cloruro de colina, 60%	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Treonina	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04
AMF <sup>4</sup>		0.40		0.40		0.40
Ácido orgánico <sup>5</sup>	0.25		0.25		0.25	
Secuestrante micotoxina <sup>6</sup>	0.20		0.20		0.20	
Coccidiostato <sup>7</sup>	0.02		0.02		0.02	
Zinc bacitracina	0.05		0.05		0.05	
Antioxidante <sup>8</sup>	0.03		0.03		0.03	
Probiótico <sup>9</sup>	0.03		0.03		0.03	
Arena <sup>10</sup>	0.04	0.21	0.04	0.21	0.04	0.21
<b>Composición nutricional calculada</b>						
Energía metabolizable (kcal/kg)	3020.00	3020.00	3100.00	3100.00	3170.00	3170.00
Proteína cruda (%)	21.00	21.16	20.12	20.03	18.12	18.16
Fibra cruda (%)	3.42	3.49	3.47	3.46	3.43	3.32
Calcio (%)	0.90	0.90	0.84	0.84	0.76	0.76
Fósforo total (%)	0.69	0.69	0.66	0.66	0.62	0.61
Fósforo disponible (%)	0.45	0.45	0.42	0.42	0.38	0.38
Sodio (%)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Cloro (%)	0.31	0.31	0.32	0.31	0.33	0.31

<sup>1</sup>T1=dieta basal con aditivos convencionales

<sup>2</sup>T2=dieta basal + aditivo multifuncional (AMF)

<sup>3</sup>Premezcla de vitaminas y minerales contenida por kilogramo: vitamina A, 1,750,000 UI; vitamina D3, 550,000 UI; vitamina E, 2,750 UI; vitamina K, 400 mg; vitamina B1, 500 mg; vitamina B2, 1,250 mg; vitamina B6, 750 mg; vitamina B12, 3,000 mcg; niacina, 8,750 mg; ácido pantoténico, 3,250 mg; ácido fólico, 200 mg; colina, 82.01 g; Fe, 12,50 g; Mn, 17,50 g; Zn, 12,50 g; Cu, 24,95 g; I, 300 mg; Se, 50 mg.

<sup>4</sup>AMF=Aditivo Multifuncional contenido por kilogramo: Endo-1,4 beta xilanasas, 300,000 UI; Endo 1,3(4) beta glucanasas, 150,000 UI; Subtilisina, 4,000,000 UI; Alfa-amilasa 400,000 UI; Poligalacturonasa, 25,000 UI; Silicatos sintéticos de calcio, 8023 mg; Silicato de sodio y aluminio sintético, 8023 mg; Ácido cítrico, 540 mg; Formiato cálcico, 3193 mg; Ácido L-ascórbico, 2500 mg; Excipiente c.s.p., 1 kg; Alfa-tocoferol, 2500 mg; Holarrhena antidysenterica, 2000 mg; Zingiber officinale, 2000 mg; Punica granatum, 1600 mg; Aegle marmelos, 1000 mg; Woodfordia fruticosa, 3000 mg; Thymus vulgaris, 1200 mg; Echinacea purpurea, 1200 mg; Lentinus edodes, 1200 mg; Bacillus subtilis, 109 UFC. Dosis 4kg por tonelada de alimento.

<sup>5</sup> Ácido orgánico cada kg contiene: Ácidos orgánicos, 0,39 g, Extractos cítricos, 0,03 g, Excipientes c.s.p., 58 g. Dosis 2 a 3 kg por tonelada de alimento.

<sup>6</sup> Secuestrante micotoxina cada 1kg contiene: Aluminio Silicato, 100 g. Dosis 5 a 7 kg/tonelada de alimento.

<sup>7</sup> Coccidiostato cada kg contiene: Diclazuril, 10 g; Excipiente c.s.p., 1000 g. Dosis 100 a 200 g por tonelada de alimento.

<sup>8</sup> Antioxidante cada kg contiene: Etoxiquina, 50 g; Hidroxitolueno butilado, 50 g; EDTA disódico, 20 g; Ácido cítrico, 20 g; Excipientes c.s.p. Dosis 125 a 250 g por tonelada de alimento.

<sup>9</sup> Probiótico cada g contiene: Proteasa ácida, 2 800 U; Amilasa, 45 000 U;  $\beta$ -mananasa, 23 000 U; Xilanasas, 192 000 U;  $\beta$ -glucanasas, 46 000 U; Celulasa, 6 500 U; Pectinasa, 4 800; Fitasa, 1500 U; Inulina, 5,5 mg; Fruto oligosacárido, 10 mg; Probióticos, 1,05 Billones UFC; Excipientes c.s.p., 1 g. Mezcla de probióticos: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Bacillus*

*subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium bifidum*, *Streptococcus thermophilum*, *Enterococcus faecium*, *Aspergillus oryzae*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Bacillus coagulans*. Dosis 0.25 a 0.50 Kg por tonelada de alimento.

<sup>10</sup> Arena= arena sílice (utilizada como inerte para ajustar la formulación).

**Tabla 2**

Promedios de desempeño productivo en pollos de engorde en diferentes fases de crecimiento suplementados con y sin aditivo multifuncional (AMF)

Variables	Tratamientos			P - Valor
	T1 <sup>1</sup>	T2 <sup>2</sup>	EPM <sup>3</sup>	
<b>Peso inicial (g)</b>				
0 días	48.35	48.31	0.874	0.926
<b>Peso por fases (g)</b>				
10 días	307.41	310.41	2.312	0.279
20 días	1020.38	1076.01	3.051	0.152
42 días	3208.15 <sup>b</sup>	3252.24 <sup>a</sup>	3.003	0.048
<b>Ganancia de peso (g/ave)</b>				
10 días	258.94	262.1	1.451	0.497
20 días	713.09 <sup>b</sup>	765.60 <sup>a</sup>	4.126	0.013
42 días	2187.77	2176.23	3.451	0.192
0 a 42 días	3159.80 <sup>a</sup>	3203.93 <sup>b</sup>	3.312	0.037
<b>Consumo de alimento (g/ave)</b>				
10 días	280.63	277.66	2.123	0.236
20 días	872.02	869.31	4.322	0.310
42 días	3819.17 <sup>a</sup>	3762.38 <sup>b</sup>	5.165	0.046
0 a 42 días	4971.82	4909.35	4.041	0.215
<b>Conversión alimenticia (g/g)</b>				
10 días	1.08	1.06	0.630	0.133
20 días	1.22 <sup>a</sup>	1.14 <sup>b</sup>	0.711	0.042
42 días	1.75	1.73	0.980	0.326
0 a 42 días	1.57	1.53	0.872	0.074
<b>Mortalidad (%)</b>				
10 días	0.69 <sup>a</sup>	0.58 <sup>b</sup>	0.221	0.032
20 días	0.39	0.40	0.274	0.204
42 días	0.61	0.58	0.210	0.118
0 a 42 días	0.76 <sup>a</sup>	0.52 <sup>b</sup>	0.241	0.007

<sup>1</sup>T1=dieta basal con aditivos convencionales

<sup>2</sup>T2=dieta basal + AMF

<sup>3</sup>EPM= error padrón de la media

<sup>a,b</sup>Letras diferentes como superíndice en los promedios de cada columna, indican diferencias significativas a la Prueba de T-Student (p < 0.05).

**Tabla 3**

Peso relativo de órganos (%) en pollos de engorde en diferentes fases de crecimiento suplementados con y sin aditivo multifuncional (AMF)

	T1 <sup>1</sup>	T2 <sup>2</sup>	EPM <sup>3</sup>	P - Valor
<b>10 días</b>				
Peso vivo ave (g)	316.25	305.33	2.130	0.1163
Molleja vacía (%)	0.16	0.18	0.029	0.8055
Proventrículo (%)	0.05	0.05	0.040	0.321
Bazo (%)	0.01	0.01	0.034	0.370
Hígado (%)	0.30	0.30	0.032	0.143
Páncreas (%)	0.03	0.03	0.054	0.232
Intestino (%)	0.70	0.60	0.021	0.083
Bolsa de Fabricio (%)	0.02	0.02	0.007	0.309
<b>20 días</b>				
Peso vivo ave (g)	1009	1018	1.875	0.116
Molleja vacía (%)	1.78	1.67	0.761	0.052
Proventrículo (%)	0.53	0.49	0.743	0.051
Bazo (%)	0.08	0.10	0.540	0.170
Hígado (%)	3.00	3.00	0.643	0.143
Páncreas (%)	0.29	0.29	0.454	0.232
Intestino (%)	5.91 <sup>b</sup>	6.97 <sup>a</sup>	0.984	0.013
Bolsa de Fabricio (%)	0.20	0.17	0.980	0.051
<b>42 días</b>				
Peso vivo ave (g)	3172.5	3156	2.430	0.136
Molleja vacía (%)	1.22	1.20	0.421	0.311
Proventrículo (%)	0.20	0.20	0.009	0.304
Bazo (%)	0.13	0.12	0.045	0.126
Hígado (%)	1.86	1.90	0.873	0.091
Páncreas (%)	0.15	0.15	0.008	0.231
Intestino (%)	4.00	3.96	0.981	0.104

<sup>1</sup>T1=dieta basal con aditivos convencionales

<sup>2</sup>T2=dieta basal + AMF

<sup>3</sup>EPM= error padrón de la media

<sup>a,b</sup>Letras diferentes como superíndice en los promedios de cada columna, indican diferencias significativas a la Prueba de T-Student ( $p < 0.05$ ).



**Tabla 4**

Longitud y ancho de vellosidades intestinales, profundidad de criptas en duodeno, yeyuno e íleon en pollos de engorde en diferentes fases de crecimiento suplementados con y sin aditivo multifuncional (AMF)

	T1 <sup>1</sup>	T2 <sup>2</sup>	EPM	P - Valor
<b>10 días</b>				
<i><b>Duodeno</b></i>				
Longitud de vellosidad (µm)	437.62 <sup>b</sup>	481.19 <sup>a</sup>	13.240	0.013
Ancho de vellosidades (µm)	90.77	91.71	7.373	0.234
Profundidad criptas (µm)	53.04	49.47	4.090	0.057
Relación vellosidad/cripta	8.251	9.727	1.238	0.051
<i><b>Yeyuno</b></i>				
Longitud de vellosidad (µm)	353.67 <sup>b</sup>	400.84 <sup>a</sup>	13.055	<0.001
Ancho de vellosidades (µm)	69.71 <sup>b</sup>	99.31 <sup>a</sup>	5.341	0.009
Profundidad criptas (µm)	62.41	57.86	6.340	0.088
Relación vellosidad/cripta	5.667	6.928	1.085	0.065
<i><b>Íleon</b></i>				
Longitud de vellosidad (µm)	276.62 <sup>b</sup>	311.65 <sup>a</sup>	12.351	<0.001
Ancho de vellosidades (µm)	61.76 <sup>b</sup>	77.93 <sup>a</sup>	5.033	0.015
Profundidad criptas (µm)	51.98	49.11	4.019	0.089
Relación vellosidad/cripta	5.322	6.346	0.982	0.051
<b>20 días</b>				
<i><b>Duodeno</b></i>				
Longitud de vellosidad (µm)	473.91 <sup>b</sup>	542.18 <sup>a</sup>	20.426	<0.001
Ancho de vellosidades (µm)	85.71	82.05	3.550	0.125
Profundidad criptas (µm)	54.89	56.54	2.713	0.321
Relación vellosidad/cripta	8.634	9.589	0.871	0.067
<i><b>Yeyuno</b></i>				
Longitud de vellosidad (µm)	378.19 <sup>b</sup>	428.28 <sup>a</sup>	15.402	<0.001
Ancho de vellosidades (µm)	71.65 <sup>b</sup>	89.26 <sup>a</sup>	5.431	0.045
Profundidad criptas (µm)	63.91	56.57	3.902	0.052
Relación vellosidad/cripta	5.918 <sup>b</sup>	7.571 <sup>a</sup>	1.005	0.009
<i><b>Íleon</b></i>				
Longitud de vellosidad (µm)	338.48 <sup>b</sup>	386.53 <sup>a</sup>	9.872	0.023
Ancho de vellosidades (µm)	71.08 <sup>b</sup>	83.36 <sup>a</sup>	4.560	0.016
Profundidad criptas (µm)	62.28	59.64	3.511	0.127
Relación vellosidad/cripta	5.435	6.481	0.974	0.134
<b>42 días</b>				
<i><b>Duodeno</b></i>				
Longitud de vellosidad (µm)	453.84 <sup>b</sup>	509.65 <sup>a</sup>	13.421	0.001
Ancho de vellosidades (µm)	99.55 <sup>b</sup>	117.44 <sup>a</sup>	6.742	0.014
Profundidad criptas (µm)	56.83	53.34	4.570	0.203
Relación vellosidad/cripta	7.986 <sup>b</sup>	9.555 <sup>a</sup>	1.074	0.017
<i><b>Yeyuno</b></i>				
Longitud de vellosidad (µm)	385.43	412.94	9.874	0.087
Ancho de vellosidades (µm)	68.06	73.09	7.330	0.078
Profundidad criptas (µm)	56.54	58.98	5.432	0.245
Relación vellosidad/cripta	6.817	7.001	0.985	0.156
<i><b>Íleon</b></i>				
Longitud de vellosidad (µm)	372.72 <sup>b</sup>	470.95 <sup>a</sup>	16.432	<0.001
Ancho de vellosidades (µm)	67.09	62.17	4.709	0.142
Profundidad criptas (µm)	49.27	50.8	4.351	0.352
Relación vellosidad/cripta	7.565 <sup>b</sup>	9.271 <sup>a</sup>	1.004	0.013

<sup>1</sup>T1=dieta basal con aditivos convencionales

<sup>2</sup>T2=dieta basal + AMF

<sup>3</sup>EPM= error padrón de la media

<sup>a,b</sup>Letras diferentes como superíndice en los promedios de cada columna, indican diferencias significativas a la Prueba de T-Student (p < 0.05).

### Highlights

- Un aditivo multifuncional (AMF) como alternativa a los aditivos convencionales.
- AMF disminuye la mortalidad en la fase inicial y aumenta el peso final.
- El uso de AMF mejoró el aumento de peso y la conversión alimenticia durante la fase de crecimiento.
- La mayor altura de las vellosidades se registró en aves alimentadas con un AMF.