

## Efecto de un aditivo fitobiótico sobre el rendimiento productivo y calidad de carne de pollo de engorde en ambiente de cría tropical

### Effect of a phytobiotic additive on the productive performance and quality of broiler meat in a tropical breeding environment

Anny Lucia Celis Estupiñán<sup>1</sup>, Yander Orduz Duran<sup>1</sup>, Angie Liceth Niño López<sup>1</sup>,  
Angi Lorena Montoya García<sup>2</sup>, Loufrantz Parra<sup>2</sup>, Katerin Luna Rodriguez<sup>2</sup>,  
Jaime Ángel-Isaza<sup>2</sup>

#### RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la inclusión de un fitobiótico compuesto de aceite esencial de *Rosmarinus officinalis*, colina herbal, harina de *Cynara scolymus* y *Silybum marianum* sobre los parámetros productivos y las pérdidas por goteo de la canal de pollo de engorde criados en zona de trópico húmedo. Se utilizaron 4800 pollos machos de la línea Ross AP, los cuales se alojaron en 10 jaulas en galpón abierto, a temperatura ambiente (27-37 °C). Las aves fueron distribuidas en un modelo completamente al azar compuesto por cinco repeticiones de dos tratamientos: (D1) dieta control con alimento base comercial, (D2) alimento base comercial con la inclusión del fitobiótico a 400 g/t. El periodo experimental tuvo una duración de 42 días y se determinaron las variables zootécnicas de ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia e índice de productividad. Para la evaluación de calidad de carne se midieron

<sup>1</sup> Universidad de Santander, Facultad de Ciencias Agrícolas y Veterinarias, Bucaramanga, Colombia

<sup>2</sup> Unidad de Investigación, desarrollo e innovación, Promitec Santander, Bucaramanga, Colombia

<sup>3</sup> E-mail: [an.celis@mail.udes.edu.co](mailto:an.celis@mail.udes.edu.co)

*El presente estudio fue realizado mediante la colaboración de la Universidad de Santander con las empresas AVISUR y Promitec Santander SAS.*

*Recibido: 3 de noviembre de 2021*

*Aceptado para publicación: 15 de junio de 2022*

*Publicado: 31 de agosto de 2022*

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

las pérdidas por goteo y producción de malondialdehído. Al día 42, los animales que consumieron el fitobiótico presentaron mejor conversi3n alimenticia y mayor índice de productividad (1.50 y 96.78, respectivamente) comparado con el grupo control (1.60 y 81.33, respectivamente). Respecto a la calidad de carne, los animales suplementados con el fitobiótico tuvieron menores pérdidas por goteo. En conclusi3n, los animales criados en la zona de tr3pico húmedo suplementados con fitobiótico presentaron mejor eficiencia en el proceso productivo.

**Palabras clave:** estrés cal3rico, aceite esencial, avicultura, antioxidantes

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of the inclusion of a phytobiotic composed of essential oil of *Rosmarinus officinalis*, herbal choline, *Cynara scolymus* meal and *Silybum marianum* on the productive parameters and the drip losses of the carcass of broilers raised in the humid tropics. In total, 4800 male Ross AP chickens were used, housed in 10 open poultry shed and at ambient temperature (27-37 °C). The birds were distributed in a completely random model composed of five repetitions and two treatments: (D1) control diet with commercial base feed, (D2) commercial base feed with the inclusion of the phytobiotic at 400 g/t. The experimental period lasted 42 days and weight gain, feed intake, feed conversion rate and productivity index were determined. For the evaluation of meat quality, drip losses and malondialdehyde production were measured. On day 42, the animals that consumed the phytobiotic presented a better feed conversion rate and higher productivity index (1.50 and 96.78 respectively), compared to the control group (1.60 and 81.33, respectively). Regarding meat quality, the animals supplemented with the phytobiotic had lower drip losses. In conclusion, animals raised in the humid tropics supplemented with phytobiotics showed better efficiency in the production process.

**Key words:** heat stress, essential oil, poultry, antioxidants

## INTRODUCCI3N

En los países ubicados en zonas tropicales y subtropicales, la temperatura promedio aumenta en la 3poca de verano, generando una alta sensaci3n térmica en las aves de producci3n intensiva que les dificulta realizar los ajustes comportamentales necesarios para el mantenimiento de la homeostasis térmica, originando estrés cal3rico disminuci3n del crecimiento y aumento de la mortalidad, entre otras alteraciones metab3licas (Cooper y Washburn, 1998; Díaz *et al.*, 2016).

El calor se le considera como uno de los factores ambientales de importancia que afectan la calidad de la carne, ya que el estrés generado en las aves puede aumentar la formaci3n de radicales libres de oxígeno (ROS) que no pueden ser estabilizados por mecanismos end3genos del animal y, por lo tanto, alteran las membranas celulares, adem3s de inducir alteraciones en el estado ácido/base de la sangre (Pilau *et al.*, 2011) y en la integridad de la membrana muscular, ocasionando el aumento del metabolismo glic3lico muscular que puede inducir un pH más bajo (Zaboli *et al.*, 2019), acompañado de variaci3n en la capacidad de retenci3n de agua (Northcutt *et al.*, 1994).

Los aceites esenciales (AE) representan una forma concentrada de fitogénicos, con metabolitos secundarios ampliamente bioactivos. Varios estudios han demostrado las propiedades antibacterianas, antivirales, antioxidantes, estimulantes digestivas e inmunomoduladores de este tipo de sustancias. Adicionalmente, algunos AE se han utilizado en mezcla con extractos de otras plantas con importantes actividades metabólicas y antioxidantes, que ayudan a mejorar el rendimiento productivo del pollo de engorde sometido a desafíos de estrés por calor (Ruff *et al.*, 2021). El efecto de los fitobióticos en la reducción de los efectos adversos del estrés por calor en el pollo ha sido asociado, en parte, a su capacidad de modular el estado inflamatorio inducido por el ambiente de alta temperatura, así como de mejorar la capacidad de defensa antioxidante de los animales frente a este tipo de desafíos (Greene *et al.*, 2021).

La industria de producción de carne de pollo ha recurrido al uso de algunos fitobióticos en la búsqueda de mitigar los efectos del estrés por calor, aprovechando las propiedades que tienen los fitobióticos en la mejora en el rendimiento zootécnico y para una mayor rentabilidad de los lotes (Pilau *et al.*, 2011; Papuc *et al.*, 2017; Saleh *et al.*, 2018). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la inclusión de un fitobiótico compuesto de AE de *Rosmarinus officinalis*, colina herbal, harina de *Cynara scolymus* y *Silybum marianum* sobre los parámetros productivos y la calidad de la carne del pollo de engorde criado en ambiente de trópico húmedo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del Estudio

El estudio fue realizado en una granja comercial localizada en el Municipio de Santa Rosa, Bolívar (Colombia), a una altitud de 650 msnm en zona de vida bosque húmedo

tropical. La temperatura de la zona varía entre 27 y 37 °C y presenta una humedad relativa de 70%. El trabajo fue realizado por la Universidad de Santander (UDES) en colaboración con las empresas Promitec Santander SAS y AVISUR (Colombia). Todos los procedimientos de bienestar animal realizados en este experimento fueron avalados por el Comité de Pasantías y Trabajo de Grado UDES Acta 01-2020.

### Animales y Diseño Experimental

Se utilizaron 4800 pollos machos de un día de edad de la línea Ross 308 AP durante 42 días. Las aves fueron colocadas en un galpón abierto comercial provisto de 10 divisiones de 31.2 m<sup>2</sup>, 480 pollos por jaula. El agua fue suministrada por medio de bebederos tipo niple y se contó con ocho comederos tipo tolva por jaula. El alimento fue ofrecido a voluntad, formulado a base de maíz y torta de soya balanceado para cumplir con las recomendaciones de requerimientos del pollo de engorde de NRC (1994) y Rostagno *et al.* (2011). La composición nutricional del alimento (Cuadro 1) fue de acuerdo con las tres fases productivas: Pre-inicio (1-12 días), inicio (13-22 días) y engorde (23-42 días), variando únicamente el aditivo fitobiótico para establecer los tratamientos.

El estudio consideró un diseño completamente al azar con dos tratamientos y cinco repeticiones. Los tratamientos fueron: (D1) Alimento base (dieta control) y (D2) Alimento base con la inclusión de fitobiótico compuesto por aceite esencial de *Rosmarinus officinalis*, colina herbal, *Cynara scolymus* y *Silybum marianum* en nivel de inclusión de 400 g/t en el alimento.

### Aditivo Fitobiótico

El aditivo fitobiótico fue el producto Natbio® Hepaxis proporcionado por Promitec Santander S.A.S (Bucaramanga, Santander, Colombia) y el nivel de inclusión de 400g/t se basó en las recomendaciones del fabricante.

Cuadro 1. Composición nutricional de alimento balanceado de pollo de engorde utilizado en las diferentes etapas del estudio

Nutriente	Pre-inicio	Inicio	Engorde
Proteína bruta (%)	24	20	19
Grasa (%)	3	3	3
Fibra cruda (%)	5	5	5
Carbohidratos (%)	47	51	52
Cenizas (%)	8	8	8
Humedad (%)	13	13	13
Total	100	100	100

El análisis proximal fue obtenido por técnicas bromatológicas de química húmeda

El producto contuvo una mezcla de AE de *Rosmarinus officinalis* micro encapsulado mediante secado por atomización, con harina de cardo mariano (*Silybum marianum*), harina de alcachofa (*Cynara scolymus*) y colina herbal (colina natural conjugada de origen vegetal, fuente de fosfatidil colina).

El compuesto mayoritario del aditivo fitobiótico en forma de AE de *Rosmarinus officinalis* se sometió a análisis cromatográfico 7890A (Laboratorio de cromatografía y espectrometría de masas, Universidad Industrial de Santander, Colombia). La muestra mostró 24 compuestos, siendo los compuestos mayoritarios el 1,8-cineol, Alcanfor y Epóxido de humuleno. Asimismo, los compuestos mayoritarios no volátiles identificados en el aditivo fueron cinarina, luteolina, silibina y silicristina.

### Parámetros Zootécnicos

Los pollos fueron pesados semanalmente en forma grupal por cada unidad experimental utilizando una balanza digital Tek. Con los pesos se determinó la ganancia diaria de peso (GDP). Para determinar el consumo de alimento, se pesó el alimento ofrecido diariamente y se comparó con el alimento sobran-

te en cada una de las unidades experimentales. Al finalizar el periodo experimental se determinó la conversión alimenticia semanal (semanas 3 y 6 del estudio), conversión alimenticia acumulada (hasta las semanas 3 y 6 del estudio) y el índice de productividad (IP) al día 42, según las fórmulas siguientes:

- Consumo de alimento = Alimento ofrecido - alimento sobrante
- Conversión alimenticia (CA) = Consumo de alimento (g) / ganancia de peso (g)
- Índice de productividad (IP) = (Eficiencia alimentaria/conversión alimenticia

### Pérdidas por Goteo

El día 42 de vida se seleccionó un animal por cada unidad experimental, el cual fue sacrificado por medio de sangrado de la vena yugular, posterior a 10 horas de ayuno. Se tomaron muestras de pechuga de 10 g en forma cúbica, las cuales fueron empacadas en bolsas plásticas de cierre hermético y almacenadas a temperatura de refrigeración (4 °C) siguiendo lo descrito por Morón-Fuenmayor (2004). Para el registro de las pérdidas por goteo se pesaron las muestras en una balanza digital Tanita a las 0, 8, 16, y 72 h pos-sacrificio y los resultados se expresaron como el porcentaje de peso.

## Oxidación Lipídica en Carne

Con las muestras de pechuga obtenida de cada unidad experimental al día 42 del estudio se realizó la determinación del estado oxidativo de la carne mediante la medición de malondialdehído (MDA). Se preparó una solución de ácido tricloroacético 20% y otra solución de ácido tiobarbitúrico (0.01M). Las muestras se homogenizaron con la primera solución, se adicionó agua destilada y se mezcló y se filtró. Se tomó 1 ml del filtrado y se le adicionó 1 ml de la segunda solución y se llevó a hervor durante 45 min. Luego se refrigeró en baño de hielo por 10 min. Se midió la absorbancia a 535 nm con un espectrofotómetro Shimadzu 1900. Los resultados de las mediciones son expresados como mg de MDA/kg de pechuga de pollo a los días 2 y 7 pos-sacrificio (Swinehart, 1962; Reitznerová *et al.*, 2017; Ologoke y Omojola, 2020).

### Análisis Estadístico

La determinación del tamaño de muestra para la evaluación de calidad de carne fue realizada mediante la obtención del tamaño del efecto de Cohen, a partir de resultados de estudios previos realizados en el laboratorio evaluando las mismas variables (datos sin publicar), de manera que se tuviera una potencia de 0.8 y una significancia del 0.05 (Lenth *et al.*, 2001; Lakens *et al.*, 2013). El tamaño de muestra requerido fue entre 5 y 9 muestras por tratamiento, por lo que se decidió tener una muestra por cada unidad experimental ( $n = 5$  unidades experimentales por grupo).

Los datos fueron analizados en el programa estadístico STATA 16. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para la determinación de la normalidad de los datos de cada variable. Las variables que se ajustaron a una distribución normal fueron sometidas a pruebas de T de Student y las no paramétricas a la prueba de U de Mann-Whitney, teniendo como referencia un nivel de significancia de  $p < 0.05$ .

## RESULTADOS

### Comportamiento Productivo

No se hallaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos a los 21 días de edad para las variables en estudio (Cuadro 2). Sin embargo, en el día 42, las variables de conversión alimenticia acumulada fue 6.25% inferior y el IP 15.96% superior ( $p < 0.05$ ) en el grupo de aves suplementado con el aditivo fitobiótico en comparación con el tratamiento control (Cuadro 3).

### Perdidas por Goteo

La variable de pérdidas por goteo presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos a las 8 y 16 h de refrigeración. El grupo suplementado tuvo una pérdida de 1.38 y 3.94% a las 8 y 16 h, en comparación con el grupo con la dieta control de 4.32 y 6.15% a las 16 h, respectivamente (Figura 1).

### Oxidación de Carne

La producción de MDA en las pechugas de pollo a temperatura de refrigeración como medida de oxidación lipídica fue similar entre tratamientos, aunque con un 5 y 25% inferior no significativo al día 2 y 7 de almacenamiento en el grupo suplementado (D2) respecto al grupo control (D1).

## DISCUSIÓN

### Parámetros Productivos

La suplementación de la dieta con la mezcla fitobiótica (D2) promovió la eficiencia en el uso del alimento evidenciado en la disminución del 6.25% en la conversión acumulada con aumento del 16.0% en el IP en comparación con el tratamiento control (D1). Los resultados productivos observados en el presente estudio son consistentes con los re-

Cuadro 2. Respuesta productiva a los 21 días de edad de una dieta de pollos de engorde con un aditivo fitobiótico con dos dietas compuesto de aceite esencial de *Rosmarinus officinalis*, colina herbal, harina de *Cynara scolymus* y *Silybum marianum*

Tratamiento	Peso vivo (g)	Consumo acumulado (g)	Ganancia de peso/d (g)	Conversión alimenticia semanal	Conversión alimenticia acumulada
Dieta control	612.4	843.4	43.45	1.49	1.38
Dieta con fitobiótico	630.8	826.7	45.1	1.39	1.31
SEM <sup>1</sup>	2.37	2.39	0.76	0.13	0.10
<i>P</i> valor	0.55	0.59	0.55	0.23	0.13

<sup>1</sup> SEM: Error estándar de la media

Diferencias entre columnas determinadas por prueba T de Student con significancia  $\alpha \leq 0.05$

n = 5 unidades experimentales por tratamiento

Cuadro 3. Respuesta productiva a los 42 días de edad de una dieta de pollos de engorde con un aditivo fitobiótico con dos dietas compuesto de aceite esencial de *Rosmarinus officinalis*, colina herbal, harina de *Cynara scolymus* y *Silybum marianum*

Tratamiento	Peso vivo (g)	Consumo acumulado (g)	GDP (g)	Conversión alimenticia semanal	Conversión alimenticia acumulada	IP
Dieta control	2112.0	3343.2	60.4	1.62	1.60	81.33
Dieta con fitobiótico	2160.4	3242.2	63.4	1.58	1.50	96.78
SEM <sup>1</sup>	2.38	3.6	2.0	0.124	0.09	1.08
<i>P</i> valor	0.15	0.18	0.340	0.66	0.04	0.04

GDP: Ganancia diaria de peso; IP; Índice de productividad

<sup>1</sup> SEM: Error estándar de la media

Diferencias entre columnas determinadas por prueba T de Student con significancia  $\alpha \leq 0.05$

n = 5 unidades experimentales por tratamiento

portados en otros estudios donde se han utilizado mezclas herbales como aditivo en la alimentación del pollo de engorde (Mathlouthi *et al.*, 2012; Mohamed *et al.*, 2012; Mohammadi *et al.*, 2019; Singh *et al.*, 2020). Por su parte, Ye<sup>o</sup>ilbag *et al.* (2011) obtuvieron una mejor conversión alimenticia y ganancia de peso utilizando AE de romero a concentraciones entre 100 y 200 ppm de la

dieta, con una composición principalmente de 1,8-cineol y  $\alpha$ -pineno, similar a la utilizada en el presente estudio. Mathlouthi *et al.* (2012), obtuvieron mejores índices productivos utilizando aceite esencial de romero a una concentración de 100 ppm en el alimento, además el AE de romero puede estar relacionado con cambios en la estructura ecológica y la actividad metabólica de la comunidad

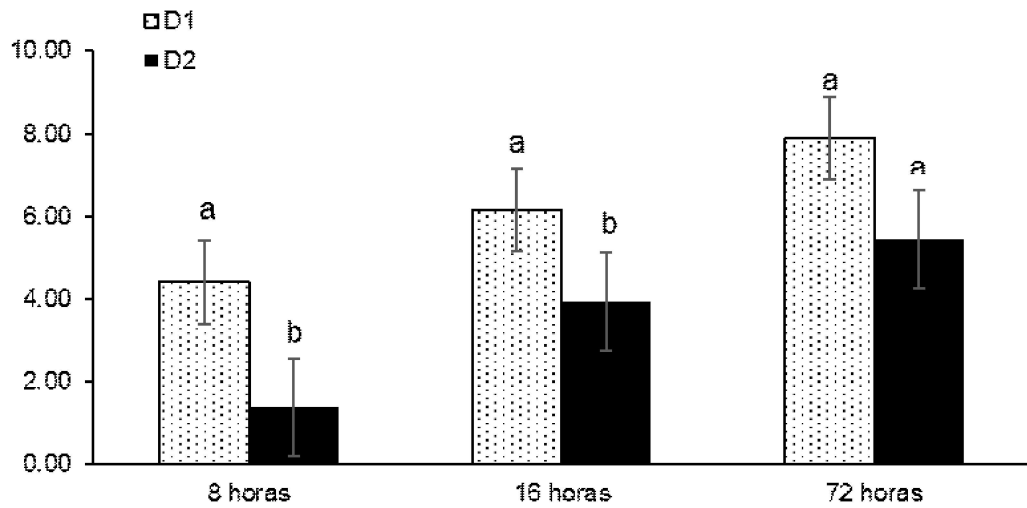


Figura 1. Pérdidas por goteo de carne de pechuga de pollo a las 8, 12 y 72 h del sacrificio en aves suplementadas con un fitobiótico compuesto por aceite esencial de *Rosmarinus officinalis*, colina herbal, *Cynara scolymus* y *Silybum marianum* (D2) y en aves con dieta control (D1). (n=5 aves por tratamiento)

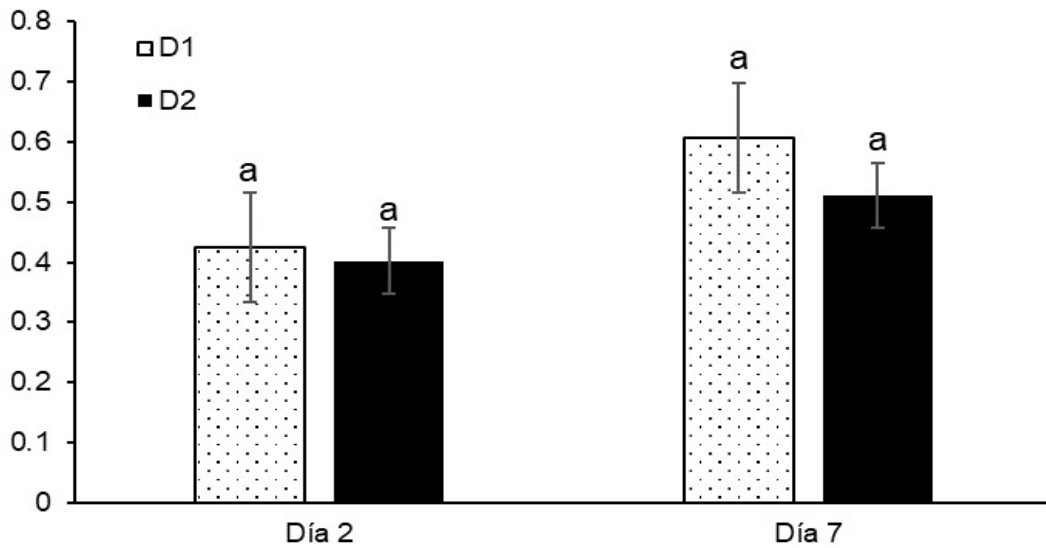


Figura 2. Producción de malondialdehído (MDA) en carne de pechuga de pollo. D1; Dieta control; D2: Dieta suplementada con un fitobiótico compuesto por aceite esencial de *Rosmarinus officinalis*, colina herbal, *Cynara scolymus* y *Silybum marianum* a los 2 y 7 días del sacrificio (n=5 aves por tratamiento)

microbiana en vez de la reducción de algunos grupos de bacterias para la promoción del crecimiento del pollo.

### Calidad de Carne

En el presente estudio se observó una disminución de las pérdidas por goteo a las 8 y 16 horas superior al 50% en las pechugas de los animales suplementados con el aditivo fitobiótico en la dieta, pasando a las 16 horas de 3.94% en el grupo suplementado a 6.16% del grupo control. Este resultado en ambiente de cría de bosque húmedo tropical se encuentra en relación con el estudio de Wen *et al.* (2020) utilizando un fitobiótico a base de extracto de jengibre que contrarrestó el efecto negativo del calor sobre la capacidad de retención de agua de la carne de pollo, atribuido posiblemente a un mejor estado antioxidante.

En el presente estudio el estado oxidativo de la carne se evaluó mediante la medición de MDA, sobre la cual no se hallaron diferencias significativas, siendo posible que una muestra más grande o mayor periodo de medición hubiese sido requeridos para la evaluación. Al respecto, Selim *et al.* (2013) reportaron resultados similares en donde en periodos de calor la suplementación con fuentes naturales de antioxidantes disminuyó los niveles de MDA en la carne de pollo tanto enfriada como congelada, además de mejorar otras variables de oxidación como el DPPH. Por su parte, Galli *et al.* (2020) reportaron hallazgos de disminución de oxidación lipídica mediante la suplementación de compuestos fenólicos como el carvacrol, el timol y el cinamaldehído.

El resultado del presente estudio se encuentra en concordancia con la idea que la oxidación podría afectar la retención de agua en la carne (Huff-Lonergan y Lonergan, 2005; Morzel *et al.*, 2006), donde el aumento de la oxidación de lípidos podría cambiar las estructuras y funciones de la membrana, además de su ósmosis, lo que provoca el aumento de la pérdida por goteo (Daum Thunberg *et al.*, 1992).

## CONCLUSIONES

El uso del aditivo fitobiótico a base de aceite esencial de *Rosmarinus officinalis*, colina herbal, *Cynara scolymus* y *Silybum marianum* produjo una mejora de la conversión alimenticia y el índice de productividad, así como disminuyó las pérdidas por goteo de la pechuga como indicador de calidad de la carne, constituyéndose como una alternativa para situaciones comerciales de cría en condiciones ambientales adversas como la temperatura y humedad presentes en zonas de cría tropical.

## LITERATURA CITADA

1. **Cooper MA, Washburn KW. 1998.** The relationships of body temperature to weight gain, feed consumption, and feed utilization in broilers under heat stress. *Poult Sci* 77: 237-242. doi: 10.1093/ps/77.2.237
2. **Daum Thunberg DL, Foegeding EA, Ball HR. 1992.** Rheological and water holding properties of comminuted turkey breast and thigh: effects of initial pH. *J Food Sci* 57: 333-337. doi: 10.1111/j.1365-2621.1992.tb05488.x
3. **Díaz EA, Narváez-Solarte W, Giraldo JA. 2016.** Alteraciones hematológicas y zootécnicas del pollo de engorde bajo estrés calórico. *Inf Tecnol* 27: 221-230. doi: 10.4067/S0718-07642016000300021
4. **Galli GM, Gerbet RR, Griss LG, Fortuoso BF, Petrolli TG, Boiago MM, Souza CF, et al. 2020.** Combination of herbal components (curcumin, carvacrol, thymol, cinnamaldehyde) in broiler chicken feed: impacts on response parameters, performance, fatty acid profiles, meat quality and control of coccidia and bacteria. *Microb Pathogenesis* 139: 103916. doi: 10.1016/j.micpath.2019.103916



5. **Greene ES, Emami NK, Dridi S. 2021.** Research note: Phytobiotics modulate the expression profile of circulating inflammasome and cyto (chemo) kine in whole blood of broilers exposed to cyclic heat stress. *Poult Sci* 100: 100801. doi: 10.1016/j.psj.2020.10.055
6. **Huff-Lonergan E, Lonergan SM. 2005.** Mechanisms of water-holding capacity of meat: the role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Sci* 71: 194-204. doi: 10.1016/j.meatsci.2005.04.022
7. **Lakens D. 2013.** Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. *Front Psychol* 4: 863. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00863
8. **Lenth RV. 2001.** Some practical guidelines for effective sample size determination. *Am Stat* 55: 187-193. doi: 10.1198/000313001317098149
9. **Mathlouthi N, Bouzaienne T, Oueslati I, Recoquillay F, Hamdi M, Urdaci M, Bergaoui R. 2012.** Use of rosemary, oregano, and a commercial blend of essential oils in broiler chickens: *in vitro* antimicrobial activities and effects on growth performance. *J Anim Sci* 90: 813-823. doi: 10.2527/jas.2010-3646
10. **Mohamed AB, Al-Rubae MAM, Jalil AQ. 2012.** Effect of ginger (*Zingiber officinale*) on performance and blood serum parameters of broiler. *Int J Poultry Sci* 11: 143-146. doi: 10.3923/ijps.2012.-143.146
11. **Mohammadi A, Ghazanfari S, Sharifi SD. 2019.** Comparative effects of dietary organic, inorganic, and nano-selenium complexes and rosemary essential oil on performance, meat quality and selenium deposition in muscles of broiler chickens. *Livest Sci* 226: 21-30. doi: 10.1016/j.livsci.2019.06.001
12. **Morón-Fuenmayor OE, García LZ. 2004.** Pérdida por goteo en carne cruda de diferentes tipos de animales. *Rev Cient* 14: 1-6.
13. **Morzel M, Gatellier P, Sayd T, Renerre M, Laville E. 2006.** Chemical oxidation decreases proteolytic susceptibility of skeletal muscle myofibrillar proteins. *Meat Sci* 73: 536-543. doi: 10.1016/j.meatsci.2006.02.005
14. **Northcutt JK, Foegeding EA, Edens FW. 1994.** Water-holding properties of thermally preconditioned chicken breast and leg meat. *Poult Sci* 73: 308-316. doi: 10.3382/ps.0730308
15. **Olagoke OC, Omojola AB. 2020.** Meat quality assessment of broiler chicken as influenced by dietary antioxidant. *Asian J Biol Sci* 13: 152-157. doi: 10.3923/ajbs.2020.152.157
16. **Papuc C, Goran GV, Predescu CN, Nicorescu V. 2017.** Mechanisms of oxidative processes in meat and toxicity induced by postprandial degradation products: a review. *Compr Rev Food Sci F* 16: 96-123. doi: 10.1111/1541-4337.-12241
17. **Pilau MR, Alves SH, Weiblen R, Arenhart S, Cueto AP, Lovato LT. 2011.** Antiviral activity of the *Lippia graveolens* (Mexican oregano) essential oil and its main compound carvacrol against human and animal viruses. *Braz J Microbiol* 42: 1616-1624. doi: 10.1590/S1517-83822011000400049
18. **Reitznerová A, Uleková M, Nagy J, Marciněák S, Semjon B, Ěertík M, Klemková T. 2017.** Lipid peroxidation process in meat and meat products: a comparison study of malondialdehyde determination between modified 2-thiobarbituric acid spectrophotometric method and reverse-phase high-performance liquid chromatography. *Molecules* 22: 1988. doi: 10.3390/molecules-22111988
19. **Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL, Gomes PC, de Oliveira RF, Lopes DC, et al. 2011.** Tablas brasileñas para aves y cerdos. Composición de alimentos y requerimientos nutricionales. 3° ed. Universidad Federal de Viçosa. 259 p.

20. **Ruff J, Tellez G, Forga AJ, Señas-Cuesta R, Vuong CN, Greene ES, et al. 2021.** Evaluation of three formulations of essential oils in broiler chickens under cyclic heat stress. *Animals* 11: 1084. doi: 10.3390/ani11041084
21. **Saleh AA, Ebeid TA, Abudabos AM. 2018.** Effect of dietary phytochemicals (herbal mixture) supplementation on growth performance, nutrient utilization, antioxidative properties, and immune response in broilers. *Environ Sci Pollut R* 25: 14606-14613. doi: 10.1007/s11356-018-1685-z
22. **Selim NA, Nada SA, Abdel-Salam AF, Youssef SF. 2013.** Evaluation of some natural antioxidant sources in broiler diets: 2. Effect on chemical and microbiological quality of chilled and frozen broiler meat. *Int J Poultry Sci* 12: 572-581. doi: 10.3923/ijps.2013.572.581
23. **Singh VB, Singh SP, Singh A, Singh VK, Gautam S, Maurya SK. 2020.** Effect of a phytobiotic, supplemented in different form, on performance, hepatic marker enzymes and carcass characteristics of broiler chickens. *J Entomol Zool Stud* 2: 34-37.
24. **Swinehart DF. 1962.** The Beer-Lambert law. *J Chem Educ* 39: 333-335. doi: 10.1021/ed039p333
25. **Wen C, Liu Y, Ye Y, Tao Z, Cheng Z, Wang T, Zhou Y. 2020.** Effects of gingerols-rich extract of ginger on growth performance, serum metabolites, meat quality and antioxidant activity of heat-stressed broilers. *J Therm Biol* 89: 102544. doi: 10.1016/j.jtherbio.2020.-102544
26. **Yeşilbag D, Eren M, Agel H, Kovanlikaya A, Balci F. 2011.** Effects of dietary rosemary, rosemary volatile oil and vitamin E on broiler performance, meat quality and serum SOD activity. *Brit Poultry Sci* 52: 472-482. doi: 10.1080/00071668.2011.599026
27. **Zaboli G, Huang X, Feng X, Ahn DU. 2019.** How can heat stress affect chicken meat quality? - a review. *Poultry Sci* 98: 1551-1556. doi: 10.3382/ps/pey399