







Artículo de investigación científica y tecnológica

Sustitución parcial de maíz por harina integral de *Cucurbita moschata* y su efecto sobre las variables productivas de pollos Cobb 500

 Freddy Alain Mendoza Rivadeneira¹,  Plinio Abelardo Vargas Zambrano¹,
 Walter Fernando Vivas Arturo¹,  Néstor Fabio Valencia Llanos²,  Cristhian
Darío Verduga López¹,  Alex Alberto Dueñas Rivadeneira^{1*}

¹ Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Ecuador

² Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia

* Autor de correspondencia: Universidad Técnica de Manabí. Código postal: 131250. Avenida Eloy Alfaro y 30 de septiembre. Rocafuerte, Manabí, Ecuador. aduenas@utm.edu.ec

Recibido: 07 de Febrero de 2019

Aceptado: 27 de Diciembre de 2019

Publicado: 16 de Mayo de 2020

Editor temático: Claudia Janeth Ariza (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA])

Para citar este artículo: Mendoza Rivadeneira, F. A., Vargas Zambrano, P. A., Vivas Arturo, W. F., Valencia Llanos, N. F., Verduga López, C. D., & Dueñas Rivadeneira, A. A. (2020). Sustitución parcial de maíz por harina integral de *Cucurbita moschata* y su efecto sobre las variables productivas de pollos Cobb 500. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(2), e1298. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num2_art:1298

Resumen

La harina integral de *Cucurbita moschata* posee un alto contenido de carotenoides totales que pueden contribuir a la pigmentación del tarso y la piel de pollos de engorde. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la sustitución de maíz en tres niveles por harina integral de zapallo (10 %, 12 % y 15 %) sobre el rendimiento productivo y la pigmentación de los pollos. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, cada una con 15 pollos de la línea Cobb 500 sin sexar. Se evaluaron las variables productivas de peso, ganancia de peso, consumo de alimento, consumo acumulado, conversión y pigmentación de piel y tarsos de los pollos con el uso del colorímetro Konica-Minolta CR-300. Los análisis de varianza de las variables *consumo*, *consumo acumulado*, *ganancia de peso* y *peso acumulado* presentaron diferencias estadísticas ($p < 0,05$) en las etapas primera y segunda entre los diferentes tratamientos. En la etapa de finalización, luego de 42 días, no se observaron diferencias significativas entre las variables estudiadas y se alcanzó un peso de 2 232,22 g a 2 384,00 g por pollo. Los resultados sobre la pigmentación de piel y tarsos muestran que la inclusión del 15 % de harina integral de zapallo generó diferencias significativas entre el tratamiento T0 y el tratamiento T2. Se concluye que la utilización de harina integral de zapallo en sus diferentes formulaciones logró resultados satisfactorios; sin embargo, el 15 % de esta harina resultó favorable sobre los rendimientos productivos y la pigmentación de los pollos.

Palabras clave: carotenoides, Cucurbitaceae, ganancia de peso, harinas, pollo de engorde

Partial substitution of corn for wholegrain *Cucurbita moschata* flour and its effect on the productive variables of Cobb 500 chickens

Abstract

Wholegrain *Cucurbita moschata* flour has a high total carotenoid content that can contribute to the tarsal and skin pigmentation of broilers. The aim of this research was to evaluate the effect of the substitution of corn for wholegrain pumpkin flour at three levels (10 %, 12 %, and 15 %) on the productive yield and pigmentation of chickens. A completely randomized experimental design was used with four treatments and four repetitions, each with 15 chickens of the Cobb 500 line without sexing. The productive variables weight, weight gain, food consumption, accumulated consumption, conversion and pigmentation of the skin, and tarsus of chickens were evaluated. The latter employed the Konica-Minolta CR-300 colorimeter. The analysis of variance performed on the variables *consumption*, *accumulated consumption*, *weight gain*, and *accumulated weight* showed statistical differences ($p < 0.05$) in the first and second stages between treatments. In the final stage, after 42 days, no significant differences between the studied variables were found, reaching a weight of 2,232.22 g to 2,384.00 g per chicken. The results in terms of skin and tarsus pigmentation show that the inclusion of 15 % wholegrain pumpkin flour showed significant differences between the T0 and the T2 treatments. We conclude that the use of wholegrain flour in its different

formulations achieved satisfactory results; furthermore, 15 % of this flour was favorable on the productive yields and pigmentation of the chickens.

Keywords: broiler chickens, carotenoids, Cucurbitaceae, flours, weight gain

Introducción

En el mundo actual la cría intensiva de pollos de engorde está cada vez más condicionada por factores como la mejora genética de los animales en cuanto a su velocidad de crecimiento, el aprovechamiento del alimento y la creciente intensificación de la cría, que conlleva el aumento de la densidad en granjas y, por tanto, exige una mejora en el manejo de estas (Blajman et al., 2015; Parra et al., 2017).

En Ecuador, el sector avícola muestra un futuro alentador debido a la gran aceptación de los productos de esta actividad, tales como la carne y el huevo (Aguilera, 2014). La demanda de estos productos está directamente relacionada con su aporte nutricional y la asequibilidad de su precio (Galarza et al., 2016). Sin embargo, desde la perspectiva de los consumidores se consideran otros aspectos como una buena apariencia, ciertas características sensoriales y una adecuada clasificación de la canal (Attia et al., 2016).

En la avicultura industrial, la suplementación de carotenoides sintéticos en la dieta diaria de los pollos de engorde es una práctica frecuente determinada por las exigencias de los canales de comercialización (Meza et al., 2018; Rajput et al., 2012). El nivel de inclusión de pigmento dietético para pollos de engorde varía según la compañía, la región y el país (Frade-Negrete et al., 2016).

En este sentido, la pigmentación de la piel de la canal y de los tarsos del pollo es, en muchos casos, una característica determinante para la elección o el rechazo del producto por parte del consumidor (Campo et al., 2017). Para lograr una pigmentación ideal se han empleado carotenoides sintéticos, lo que incrementa el costo del alimento sin agregar cualidades nutritivas y afecta la capacidad de compra del consumidor (Shimada, 2010).

En relación con las fuentes de carotenoides de origen natural que se incluyen en la alimentación de pollos de engorde, existen investigaciones que evidencian el uso de materias primas tales como el zapallo (*C. moschata*) y el maíz (*Zea mays*) (Carvajal-Tapia et al., 2017; Nieves, 2015; Ubaque et al., 2015). También se documenta la utilización de otras fuentes como el achiote (*Bixa orellana*), la cúrcuma (*Curcuma longa*), la caléndula (*Tagetes erecta*) y el pimentón (*Capsicum annuum*) (Valentim et al., 2019). Según Mascarell y Carné (2011), el pigmento natural no se produce a gran escala debido, en la mayoría de los casos, a la escasez de las principales materias primas, a diferencia del pigmento sintético, que tiene una mayor accesibilidad y un bajo costo en el mercado (Zambrano et al., 2017).

En Ecuador, los cultivos de zapallo se localizan en la región Costa, especialmente en la provincia de Manabí, con un total de 11 622 ha y una producción de aproximadamente 12 577 Tm. La especie *Cucurbita*

moschata Duchesne ex Poir (cv. Macre) es una de las más cultivadas por ser una hortaliza rústica que no requiere muchos cuidados; sin embargo, en la época de mayor cosecha el precio del fruto disminuye y se pierde gran parte de la producción (Mendoza et al., 2019).

El fruto de la especie *C. moschata* es una fuente de carotenoides naturales como α -, β -caroteno y luteína — también llamada vitamina carotenoide—, la cual tiene una estrecha relación con el β -caroteno y la vitamina A y es una fuente importante de carbohidratos (Alemán et al., 2017; Rodríguez et al., 2018). Esta podría ser una alternativa para lograr una buena pigmentación de los pollos de engorde y mantener la calidad para su distribución y comercialización, sin tener que recurrir a los pigmentos artificiales utilizados por la industria avícola (Bilgili & Hess, 2010).

Por todo lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la sustitución parcial del maíz en tres niveles por harina integral de zapallo sobre las variables productivas y la adherencia de pigmentos en los tarsos y la piel de los pollos de engorde.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la Facultad de Ciencias Zootécnicas de la Universidad Técnica de Manabí, ubicada en la ciudad de Chone, provincia de Manabí, en las coordenadas 00°41'18,55" latitud sur y 00°13'26,67" longitud oeste. Se encuentra a una altura de 16 m s. n. m. y presenta una precipitación de 665 mm, una evaporación 1407 mm y una temperatura promedio de 34 °C máxima y 19,3 °C mínima (Google Earth, s. f.).

El fruto Cucurbita moschata (cv. Macre) fue adquirido en estado semimaduro de cultivos desarrollados en el cantón Chone. Fue lavado y precortado en rodajas grandes de 3 mm de grosor con una rebanadora marca Inmegar 2006317, modelo Iram Lr 38324, hecha en Ecuador. Luego se deshidrató el fruto con las cáscaras y semillas por medio de un deshidratador eléctrico marca Inmegar Dryer 300417, modelo IEF-14, hecho en Ecuador (35 cm [14"] de tamaño, capacidad de 10 bandejas), el cual posee un sensor que permite deshidratar sin sobrepasar los 60 °C de temperatura. El tiempo de deshidratación del zapallo fue de seis horas, tras el cual se realizó una molienda con un molino eléctrico marca Inmegar 01051, modelo W112M 220\240V, hecho en Ecuador y con una capacidad de 40 kg.

El alimento balanceado fue producido en la fábrica de alimentos de la Facultad de Ciencias Zootécnicas de la Universidad Técnica de Manabí, bajo los requerimientos nutricionales que la línea comercial Cobb 500 exige para este tipo de crianza. Se formularon tres tipos de dieta con base en las tres etapas de cría de los pollos utilizando el *software* Allix (versión S2) facilitado por EcuadPremex: inicial (1-14 días), crecimiento (14-28 días) y acabado (28-42 días) (tabla 1). Se restringió el alimento en los momentos del día en que la temperatura era extrema y se proveyó durante la noche cuando la temperatura había disminuido.

Tabla 1. Formulación de los tres tipos de alimentos con base en 1000 kg de alimento balanceado

Insumos (kg)	T0			T1			T2			T3		
	0-10 días	11-24 días	25-42 días	0-10 días	11-24 días	25-42 días	0-10 días	11-24 días	25-42 días	0-10 días	11-24 días	25-42 días
Maíz nacional molido	535,07	561,77	599,87	450,71	454,80	510,09	424,62	428,60	483,89	444,51	389,10	446,79
Torta soya importada	403,58	363,15	322,36	383,78	364,12	308,79	387,53	367,96	312,62	318,30	373,04	316,39
Harina de zapallo	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	120,00	120,00	120,00	150,00	150,00	150,00
Aceite de palma	16,00	34,93	40,47	21,07	44,18	46,06	24,00	47,14	49,02	53,46	51,57	53,47
Fosfato bicálcico	13,69	12,00	9,31	14,29	11,15	9,85	14,36	11,23	9,93	10,04	11,40	10,04
Núcleo (mezcla de vitaminas y minerales)	12,00	10,69	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Carbonato de calcio	6,52	4,56	4,15	6,24	4,20	3,85	6,15	4,11	3,76	3,62	3,97	3,63
Metionina DI	3,88	3,38	3,06	3,74	3,17	2,94	3,68	3,10	2,88	2,78	3,00	2,67
Lisina sulfato	3,08	2,71	2,56	2,20	1,26	1,51	1,83	0,87	1,12	0,50	2,89	0,54
Sal yodada	3,06	2,70	2,63	3,09	2,72	2,65	3,09	2,73	2,66	2,80	1,00	2,67
Treonina-L	1,11	1,01	0,89	0,88	0,50	0,56	0,74	0,36	0,42	0,19	0,13	0,10
S-Carb (sesquicarbonato de sodio)	1,00	0,90	0,70	1,00	0,90	0,70	1,00	0,90	0,70	0,80	0,90	0,70
Inhimold-P (inhibidor de hongos)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Brolier pigmento	0,00	1,20	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total (kg)	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00

Fuente: Elaboración propia a partir del *software* Allix

Se realizó un trabajo de campo con un diseño experimental completamente al azar que incluyó cuatro tratamientos y cuatro repeticiones en un total de 240 pollos sin sexar de la línea comercial Cobb 500, los cuales se distribuyeron en 16 unidades experimentales, 15 pollos por cada unidad. Para cada tratamiento se construyó un espacio de 50 m² de largo por 10 m² de ancho y en la distribución de los tratamientos se consideró una densidad de ocho pollos por metro cuadrado. Los tratamientos fueron T0 testigo con maíz y pigmento de xantofilas en una concentración del 4 % (pigmentos sintéticos), T1 sustitución parcial de maíz por 10 % de harina integral de zapallo (HIZ), T2 sustitución parcial de maíz por 12 % de HIZ, y T3 sustitución parcial de maíz por 15 % de HIZ.

Para el análisis químico del balanceado de las tres etapas (tabla 2), se aplicó el protocolo Weende y se determinó proteína, grasa, materia seca, fibra y extracto libre de nitrógeno (Carrier et al., 2011). Mediante el protocolo Van Soest, se identificó fibra detergente neutro y fibra detergente ácido (Van Soest, 1963). La energía bruta y la materia seca se definieron según parámetros de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000). El perfil de los nutrientes orgánicos, los aminoácidos esenciales y los no esenciales se llevó a cabo mediante cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) (Koller et al., 1984). Se utilizó un equipo HPLC de la marca Thermo Fisher Scientific, modelo Accela Autosampler. La cantidad

de carotenoides totales (CT) se evaluó mediante la metodología de Liaaen-Jensen y Jensen (1997) y con la aplicación del espectrofotómetro de luz UV.

$$C = A \times V \times f \times 10/2500$$

Donde C: cantidad de carotenoides en mg; A: absorbancia (0,382 como promedio de tres réplicas); V: volumen final en mililitros (0 mL); F: factor de dilución (en este caso fue 1); 10: factor para la transformación de unidades, y 2500: coeficiente de extinción promedio para los carotenoides bajo las condiciones de lectura de absorbancia.

Tabla 2. Valores nutricionales de las dietas de los pollos

Tratamientos		T0			T1			T2			T3		
Parámetros		0-10 días	11-24 días	25-42 días	0-10 días	11-24 días	25-42 días	0-10 días	11-24 días	25-42 días	0-10 días	11-24 días	25-42 días
Nutriente	Unidad												
Humedad	%	11,43	11,35	11,40	11,45	11,31	11,42	11,42	11,27	11,39	11,42	11,35	11,32
E. M. Aves	kcal	3,02	3,15	3,22	3,02	3,15	3,22	3,02	3,15	3,22	3,02	3,15	3,22
Proteína	%	23,21	21,55	20	22	21	19	22	21	19	22	21	19
Grasa	%	4,44	6,36	7,01	4,74	7,01	7,35	4,96	7,24	7,57	5,30	7,56	7,91
Fibra	%	3,63	3,48	3,35	3,55	3,45	3,29	3,55	3,45	3,29	3,55	3,45	3,29
Cenizas	%	5,72	5,07	4,68	6,20	5,63	5,19	6,32	5,76	5,32	6,52	5,94	5,50
Calcio	%	0,94	0,82	0,76	0,94	0,82	0,76	0,94	0,82	0,76	0,94	0,82	0,76
Fósforo	%	0,47	0,41	0,38	0,47	0,41	0,38	0,47	0,41	0,38	0,47	0,41	0,38
Sodio	%	0,21	0,19	0,18	0,21	0,19	0,18	0,21	0,19	0,18	0,21	0,19	0,18
CarT	µg	-	48	48	760	760	760	912	912	912	1140	1140	1140

Trat.: tratamientos; CarT: carotenoides totales.

Fuente: Elaboración propia a partir del *software* Allix

Para controlar la temperatura del galpón, se utilizó un termómetro KKmoon sin contacto con infrarrojo digital láser y rango de medición de -50 °C a 380 °C. Además, se colocaron cortinas para mantener condiciones estables en el ambiente durante los primeros 15 días del desarrollo de las aves.

Una vez recibidos los pollos neonatos (un día de nacidos), se pesaron individualmente para determinar su peso inicial como el punto de referencia para las variables productivas. Se utilizó una balanza electrónica digital de 60 kg de capacidad con una precisión de 0,01 kg, modelo MSA1202S-100-D0 y marca SARTORIUS. Se efectuó control del peso semanalmente durante los 42 días que las aves se mantuvieron en el galpón; cada repetición tenía un comedero tipo tolva y un bebedero automático. Las variables productivas para cada tratamiento (consumo de alimento, consumo de alimento acumulado, ganancia de peso, peso acumulado, conversión alimenticia, y pigmentación de piel y tarsos) fueron evaluadas al finalizar cada etapa.

Para evaluar la pigmentación en tarsos y piel se usó el colorímetro Konica Minolta CR-300. El equipo se calibró con el abanico colorimétrico DSM según la tabla de equivalencias (tabla 3). Este procedimiento

se llevó a cabo cuando las aves cumplieron 42 días, antes del faenamiento; se tomaron cinco muestras por cada repetición. Los tarsos se midieron en su parte inferior terminal por requerimiento del dispositivo y la coloración de la piel se midió al comienzo del ala (punto de acumulación de grasa).

Tabla 3. Equivalencias del abanico de color DSM en el colorímetro Konica-Minolta CR-300

Cinta colorimétrica DSM	Colorímetro Konica-Minolta CR-300 (deltas)	
	Mínimo	Máximo
101	-	26
102	26	31
103	31	35,5
104	35,5	40
105	40	44,5
106	44,5	48,5
107	48,5	53
108	53	+

Fuente: Alzamora (2017)

En el análisis de los resultados se aplicaron los supuestos de varianza de normalidad y homogeneidad para cada variable en estudio mediante el *software* estadístico InfoStat, versión 24-03-2011. Para las comparaciones múltiples se emplearon pruebas *post hoc*, se aplicó Tukey con un intervalo de confianza del 95 %.

Resultados y discusión

Según los datos recolectados, la coloración de tarsos y piel está entre los colores 106 y 107 del abanico colorimétrico DSM. En Ecuador, la exigencia de pigmentación en tarsos es igual o mayor al color 106 (tabla 4).

Tabla 4. Coloración de tarsos y piel

Tratamiento	Deltas tarsos*	Deltas piel*
T0	51,44 b	13,35 b
T1	47,74 ab	11,92 b
T2	47,36 a	9,57 a
T3	50,24 ab	12,3 b
Significación	0,04	0,01
D. E.	±4,82	±3,79

* Las medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). T0: tratamiento testigo; T1: inclusión del 10 % de HIZ; T2: inclusión del 12 % de HIZ; T3: inclusión del 15 % de HIZ.

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados demuestran que los tratamientos en que se sustituyó el maíz por HIZ pigmentaron satisfactoriamente los tarsos y la piel de los pollos. El tratamiento T0 fue el de mayor puntuación en comparación con los tratamientos a base de HIZ. El tratamiento T3 presentó la mejor adherencia de xantofilas en tarsos y piel en contraste con los demás tratamientos que usaron HIZ, Por los procesos de absorción de metabolitos, las xantofilas se alojan en la epidermis (Moreno, 2014). El aporte de la HIZ es de 0,0764 mg de carotenoides totales; es decir, un total de 76,4 mg de carotenoides por cada kilogramo de harina (Mendoza et al., 2019).

Conforme aumentó la concentración de harinas, la coloración en la piel de los pollos fue similar a la formulación que contenía el pigmento sintético. Campo et al. (2017) especifican que la concentración de carotenoides en el alimento es determinante para obtener una mayor coloración sobre la piel, debido a la acumulación de los compuestos de las xantofilas en las grasas (Cortes-Cuevas et al., 2015; Oviedo & Wineland, 2013). Por su parte, Brenes-Soto (2014) afirma que no se deben aumentar significativamente los porcentajes de carotenoides sintéticos en la ración diaria de las aves, pues esto puede tener repercusiones en la salud.

Aunque el color de la piel es menor que el de los tarsos; las puntuaciones mayores o iguales que 11 son aceptables para el comercio. Ubaque et al. (2015) documentan una puntuación de 6,39 contra 0 en la pigmentación de los pollos basados en la escala de Roche, lo que atribuyen al uso de la harina de zapallo. Por su parte, Carvajal-Tapia et al. (2017) registraron una puntuación de 103 y 104 en la pigmentación de pollos de esta misma línea alimentados con harina integral de zapallo, lo que se explica por la presencia de carotenoides en el zapallo (*C. moschata* cv. Macre). Sin embargo, al comparar visualmente los resultados mediante el abanico colorimétrico DSM, Carvajal-Tapia et al. (2017) encontraron diferencias significativas en los tratamientos T0, T1 y T3. En esta investigación solo se evidenciaron diferencias en el tratamiento T2 respecto a los demás. La tabla 5 presenta los resultados del desarrollo productivo de los pollos durante la etapa de iniciación.

Tabla 5. Comparación estadística de las variables productivas en la etapa de iniciación (1-14 días)

Tratamiento	Consumo (g)*	C. acumulado (g)*	Gan. peso (g)*	Peso AC (g)*	Conversión (kg/kg)*
T0	376,84 b	590,25 b	360,25 b	486,34 c	1,34 a
T1	333,50 ab	536,75 ab	314,42 a	407,00 b	1,49 b
T2	294,35 a	500,84 a	272,50 a	358,00 a	1,62 c
T3	325,00 a	533,42 a	282,91 a	383,34 ab	1,56 bc
Sig.	0,0013	0,0032	0,0002	0,0001	0,0005
D.E.	±37,52	±40,47	±39,65	±53,69	±0,12

* Las medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Sig: significación; T0: tratamiento testigo; T1: inclusión del 10 % de HIZ; T2: inclusión del 12 % de HIZ; T3: inclusión del 15 % de HIZ.

Fuente: Elaboración propia

Se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las variables estudiadas respecto a los tratamientos que pueden deberse a la asimilación de la HIZ suministrada en las diferentes dietas. Sin embargo, a pesar de su contenido energético, la HIZ no tuvo efectos secundarios en los pollos durante esta etapa. Esto coincide

con los planteamientos de Carvajal-Tapia et al. (2017) y Saldaña et al. (2016), quienes documentaron el uso de harina de zapallo sin efectos secundarios en el rendimiento productivo de las aves a pesar de su contenido energético. Por otro lado, la ganancia de peso fue mayor en el tratamiento T1 (HIZ 10 %) con un promedio de 360,25 g, resultado similar a los reportados por Andrade-Yucailla et al. (2017) y Medina et al. (2014), quienes registraron un peso promedio de 342,09 g a 354,22 g durante esta etapa de cría. La tabla 6 muestra el comportamiento productivo de los pollos durante la etapa de crecimiento.

Tabla 6. Comparación estadística de las variables productivas en la etapa de crecimiento (14-28 días)

Tratamiento	Consumo (g)*	C. acumulado (g)*	Gan. peso (g)*	Peso AC (g)*	Conversión (kg/kg)*
T0	816,67 a	2004,42 b	914,08 b	1412,17 b	1,47 a
T1	800,92 a	1925,52 ab	764,42 a	1217,50 a	1,63 b
T2	785,17 a	1855,50 a	794,33 a	1221,83 a	1,57 b
T3	816,67 a	1921,84 ab	769,92 a	1226,17 a	1,64 b
Sig.	0,2476	0,0453	0,0011	0,0004	0,0159*
D. E.	±25,40	±79,03	±73,69	±96,94	±0,09

* Las medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Sig: significación; T0: tratamiento testigo; T1: inclusión del 10 % de HIZ; T2: inclusión del 12 % de HIZ; T3: inclusión del 15 % de HIZ.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados presentan diferencias significativas ($p < 0,05$) en las variables consumo acumulado, ganancia de peso, peso acumulado y conversión de alimentos. El consumo de alimento no arrojó diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos. Los mayores rendimientos en la ganancia de peso y el peso acumulado se observan en el tratamiento T0, lo cual puede deberse a la dieta con alimento balanceado comercial (Aguilar et al., 2018), sin embargo, durante la etapa de acabado (tabla 7) se muestran resultados favorables en el rendimiento productivo de los pollos con respecto a las diferentes dietas.

Tabla 7. Comparación estadística de las variables productivas en la etapa de acabado (28-42 días)

Tratamiento	Consumo (g)*	C. acumulado (g)*	Gan. peso (g)*	Peso AC (g)*	Conversión (kg/kg)*
T0	1300,00 a	4271,09 a	1408,58 a	2384,00 a	1,83
T1	1252,20 a	4117,95 a	1299,30 a	2232,22 a	1,85
T2	1276,10 a	4057,77 a	1342,26 a	2243,52 a	1,83
T3	1300,00 a	4188,50 a	1342,26 a	2304,02 a	1,86
Sig.	0,5519	0,2065	0,8264	0,6226	0,9025
D. E.	±52,00	±148,53	±163,84	±171,38	±0,07

* Las medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Sig: significación; T0: tratamiento testigo; T1: inclusión del 10 % de HIZ; T2: inclusión del 12 % de HIZ; T3: inclusión del 15 % de HIZ.

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza de los datos obtenidos a los 42 días de la prueba de Tukey evidencia que no existen diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las variables evaluadas de cada uno de los tratamientos aplicados. Estos resultados son similares a los obtenidos por Carvajal-Tapia et al. (2017), quienes incluyeron harina de la pulpa de zapallo en la alimentación de pollos de engorde sin observar diferencias significativas en las variables productivas. Por su parte, Alvarado et al. (2018) registraron diferencias significativas en las variables consumo acumulado y ganancia de peso entre los tratamientos aplicados con diferentes tipos de alimentos comerciales.

El análisis estadístico de la conversión alimenticia no arrojó diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos. Esto puede deberse a que el bajo contenido de fibra de la HIZ permite su fácil digestión (Cadillo et al., 2019; Campo et al., 2017; González et al., 2013). Sin embargo, algunos investigadores mencionan que la asimilación de los alimentos puede presentar diferencias particulares por el funcionamiento digestivo de los animales (Paredes et al., 2017).

Un estudio realizado por Mendiola y Rojas (2015) con moringa como fuente alternativa en la alimentación de pollos parrilleros determinó diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos: un promedio de conversión de 2,02 kg/kg con alimentos convencionales y de 2,28 con moringa, en la misma línea de pollos utilizada en la presente investigación. Esto puede estar asociado al contenido de fibra disponible en la moringa (Rumiche et al., 2018).

El peso acumulado en la etapa de finalización de los pollos no presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medias de cada tratamiento, que van desde 2384,00 g a 2232,22 g. Estas cifras coinciden con los resultados de Vega y Aguirre (2013), quienes no obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados en pollos parrilleros. Con base en todo lo anterior, se puede considerar la HIZ como una fuente de alimento de origen natural rica en carotenoides y ácido ascórbico, componentes que cumplen una función importante en la nutrición (Saeleaw & Schleining, 2011).

Conclusiones

El uso de la harina integral de zapallo demostró ser eficiente en la pigmentación natural de los pollos de engorde sin afectar su rendimiento productivo. La posibilidad de incluir este compuesto en la industria alimenticia avícola brinda oportunidades al sector agrícola para conservar las cosechas de *C. moschata* en épocas de baja demanda y, luego de procesarlas, ofertar su producto al sector avícola.

Agradecimientos

A la Universidad Técnica de Manabí, por el financiamiento y el apoyo en la investigación. A los revisores, por su contribución a la calidad del manuscrito. A la empresa EcuadPremex, por facilitar el *software* para la formulación y el análisis físico-químico de las dietas balanceadas.

Descargos de responsabilidad

Todos los autores realizaron aportes significativos al documento, están de acuerdo con su publicación y manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

Referencias

- Aguilera, M. (2014). Determinantes del desarrollo en la avicultura en Colombia: instituciones, organizaciones y tecnología. *Revista del Banco de la República*, 87(1046), 214. <http://bit.ly/3aXsRin>
- Aguilar, J., Zea, O., & Vilchez, C. (2018). Rendimiento productivo e integridad ósea de pollos de carne en respuesta a suplementación dietaria con cuatro fuentes de fitasa comercial. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(1), 169-179. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v29i1.14078>
- Alemán, R., Bravo, C., Socorro, A., & García, R. (2017). Desarrollo del zapallo (*Cucurbita maxima*) con sistema de fertilización mineral y orgánica en las condiciones de la Amazonía ecuatoriana. *Revista Científica Agroecosistemas*, 5(1), 169-175. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/154/188>
- Alvarado, H., Guerra, L., Vásquez, R., Ceró, A., Gómez, J., & Gallón, E. (2018). Comportamiento de indicadores productivos en dos líneas de hembras broilers con dos sistemas de alimentación en condiciones ambientales del trópico. *Revista de Producción Animal*, 30(3), 6-13. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpa/v30n3/rpa02318.pdf>
- Alzamora, E. (2017). *Evaluación del efecto de un pigmento orgánico presente en harina de zanahoria, (Daucus carota) sobre la coloración en carcasas de pollos broiler* [Tesis de pregrado, Universidad de las Américas]. Repositorio Digital Universidad de las Américas. <http://bit.ly/3aQtolW>
- Andrade-Yucailla, V., Toalombo, P., Andrade-Yucailla, S., & Lima-Orozco, R. (2017). Evaluación de parámetros productivos de pollos broilers Coob 500 y Ross 308 en la Amazonía de Ecuador. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(2), 1-8. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63651262008.pdf>
- Association of Official Analytical Chemists. (2000). *Official methods of analysis of AOAC International* (17 Ed.).
- Attia, Y. A., Al-Harthi, M. A., Korish, M. A., & Shiboob, M. M. (2016). Evaluación de la calidad de la carne de pollo en el mercado minorista: efectos del tipo y origen de las canales. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(3), 321-339. <http://bit.ly/2u48387>
- Bilgili, S. F., & Hess, J. B. (2010). Problemas de piel en la canal de pollo: causas y soluciones. *Selecciones Avícolas*, 52(1), 13-18. <http://bit.ly/2O6gVAH>
- Blajman, J., Zbrun, M., Astesana, D., Berisivil, A., Romero, A., Fusari, M., Soto, L., Signorini, M., Rosmini, M., & Frizzo, M. (2015). Probióticos en pollos parrilleros: una estrategia para los modelos productivos intensivos. *Revista Argentina de Microbiología*, 47(4), 360-367. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ram.2015.08.002>
- Brenes-Soto, A. (2014). Los carotenoides dietéticos en el organismo animal. *Nutrición Animal Tropical*, 8(1), 21-29. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/14907>
- Cadillo, J., Cumpa, M., & Galarza, J. (2019). Rendimiento productivo y calidad de huevo en gallinas ponedoras alimentadas con torta de palmiste (*Elaeis guineensis*) y enzimas β -glucanasa y xilanasas. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(2), 682-690. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i2.16079>
- Campo, J. M., Paz, L. J., & López, F. J. (2017). Utilización de chontaduro (*Bactris gasipaes*) enriquecida con *Pleurotus ostreatus* en pollos. *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(2), 84-92. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(15\)84-92](https://doi.org/10.18684/BSAA(15)84-92)
- Carvajal-Tapia, J., Martínez-Mamián, C., & Vivas-Quila, N. (2017). Evaluación de parámetros productivos y pigmentación en pollos alimentados con harina de zapallo (*Cucurbita moschata*). *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(2), 93-100. [http://dx.doi.org/10.18684/BSAA\(15\)93-100](http://dx.doi.org/10.18684/BSAA(15)93-100)
- Carrier, M., Loppinet-Serani, A., Denux, D., Lasnier, J.-M., Ham-Pichavant, F., Cansell, F., & Aymonier, C. (2011). Thermogravimetric analysis as a new method to determine the lignocellulosic composition of biomass. *Biomass and Bioenergy*, 35(1), 298-307. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.08.067>
- Cortés-Cuevas, A., Ramírez-Estrada, S., Arce-Menocal, J., Ávila-González, E., & López-Coello, C. (2015). Effect of feeding low-oil ddds to laying hens and broiler chickens on performance and egg yolk and skin pigmentation. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 17(2), 247-254. <http://dx.doi.org/10.1590/1516-635x1702247-254>

- Frade-Negrete, N. J., Hernández-Velasco, X., Fuente-Martínez, B., Quiroz-Pesina, M., Ávila-González, E., & Tellez, G. (2016). Effect of the infection with *Eimeria acervulina*, *E. maxima* and *E. tenella* on pigment absorption and skin deposition in broiler chickens. *Archivos de Medicina y Veterinaria*, 48(2), 199-207. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2016000200010>
- Galarza, J., Ortiz, H., & Toscano, C. (2016). Manejo de desechos orgánicos y cumplimiento de la normativa legal ambiental en las avícolas de la provincia de Tungurahua. *Revista Digital de Medio Ambiente "Ojeando la Agenda"*, 44. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5803856>
- González, S., Icochea, E., Reyna, P., Guzmán, J., Cazorla, F., Lúcar, J., Carcelén, F., & San Martín, V. (2013). Efecto de la suplementación de ácidos orgánicos sobre los parámetros productivos en pollos de engorde. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 24(1), 32-37. <https://doi.org/10.15381/rivep.v24i1.1653>
- Google Earth. (s. f.). *Ubicación geográfica de la Facultad de Ciencias Zootécnicas, Universidad Técnica de Manabí, Chone, provincia de Manabí, Ecuador*. <http://bit.ly/2uIfemt>
- Koller, J., Zaczek, R., & Coyle, T. (1984). N-acetyl-aspartyl-glutamate: regional levels in rat brain and the effects of brain lesions as determined by a new hplc method. *Journal of Neurochemistry*, 43(4), 1136-1142. <https://doi.org/10.1111/j.1471-4159.1984.tb12854.x>
- Liaaen-Jensen, S., & Jensen, A. (1971). Quantitative determination of carotenoids in photosynthetic tissues. *Methods in Enzymology*, 23, 586-602.
- Mascarell, J., & Carné, S. (2011). Pigmentantes naturales: combinación de xantofilas amarillas y rojas para optimizar su utilización en broilers. *Selecciones Avícolas*, 53(12), 13-16. <http://bit.ly/38Qg2o1>
- Medina, N. M., González, C. A., Daza, S. L., Restrepo, O., & Barahona, R. (2014). Desempeño productivo de pollos de engorde suplementados con biomasa de (*Saccharomyces cerevisiae*) derivada de la fermentación de residuos de banano. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 61(3), 270-283. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v61n3.46873>
- Mendiola, J., & Rojas, R. (2015). Evaluación preliminar de la adición de moringa (*Moringa oleifera*) en la alimentación de pollos parrilleros. *Universidad, Ciencia y Sociedad*, 55(14), 55-62. <http://bit.ly/2RB1SBe>
- Mendoza, F., Barre, R., Vargas, P., & Zambrano, L. (2019). Harina integral de zapallo (*Cucurbita moschata*) para alimento alternativo en la producción avícola. *Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología*, 6(9), 668-679. <https://doi.org/10.35381/cm.v5i9.256>
- Meza, M., Hinojosa, F., & Lobo, R. (2018). Uso de pigmentantes naturales para la coloración de la yema de huevo y evaluación de parámetros productivos en aves de postura de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. *Revista Colombiana de Zootecnia*, 4(7), 38-42. <http://anzoo.org/publicaciones/index.php/anzoo/article/view/28/19>
- Moreno, M. (2014). *Evaluación de la alimentación aviar (Gallus gallus domesticus) con maíz fortificado en carotenoides* [Tesis doctoral, Universidad de Lleila]. <https://www.tdx.cat/handle/10803/288367#page=1>
- Nieves, A. (2015). *Optimización de recursos en la explotación avícola* (5.ª ed.). Editorial Elearning.
- Oviedo, O., & Wineland, M. (2013). Manejo y nutrición de productoras que influyen en la salud y el desempeño en el pollo de engorda. En Asociación de Especialistas en Ciencias Avícolas del Centro de México, *Memorias de la Sexta Reunión Anual AECACEM 2013, San Juan del Río, México, 20 al 22 de febrero de 2013* (pp. 220-232). <http://bit.ly/2RYR1QP>
- Paredes, M., Vallejo, L., & Mantilla, J. (2017). Efecto del tipo de alimentación sobre el comportamiento productivo, características de la canal y calidad de carne del cerdo criollo negro cajamarquino. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 28(4), 894-903. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v28i4.13879>
- Parra, D., Parra, J., & Urdaneta, R. (2017). Efecto de un acidificante orgánico en los parámetros productivos de pollos de engorde. *Revista Tecnocientífica URU*, 12, 19-28. <http://bit.ly/2O8s18A>

- Rajput, N., Naeem, M., Ali, S., Rui, Y., & Tian, W. (2012). Effect of dietary supplementation of marigold pigment on immunity, skin and meat color, and growth performance of broiler chickens. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 14(4), 233-304. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-635X2012000400009>
- Rodríguez, R., Valdés, M., & Ortiz, S. (2018). Características agronómicas y calidad nutricional de los frutos y semillas de zapallo *Cucurbita* sp. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 10(1), 86-97. <http://dx.doi.org/10.24188/recia.v10.n1.2018.636>
- Rumiche, E., Ramos, P., & Colca, I. (2018). Suplementación alimenticia con orégano (*Origanum vulgare*) y complejo enzimático en pollos de carne: I. Indicadores productivos. *UCV - HACER: Revista de Investigación y Cultura*, 7(1), 31-44. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6317321>
- Saeleaw, M., & Schleining, G. (2011). *Composition, physicochemical and morphological characterization of pumpkin flour*. <http://bit.ly/315vzgV>
- Saldaña, B., Gewehr, C., Guzmán, P., García, J., & Mateos, G. (2016). Influence of feed form and energy concentration of the rearing phase diets on productivity, digestive tract development and body measurements of brown-egg laying hens fed diets varying in energy concentration from 17 to 46 wk of age. *Animal Feed Science and Technology*, 221(Part A), 87-100. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.08.025>
- Shimada, A. (2010). *Nutrición animal*. Editorial Trillas.
- Ubaque, C., Orozco, L., Ortiz, S., Valdés, M., & Vallejo, F. (2015). Sustitución del maíz por harina integral de zapallo en la nutrición de pollos de engorde. *Revista U. D. C. A. Actualidad y Divulgación Científica*, 18(1), 137-146. <https://doi.org/10.31910/rudca.v18.n1.2015.462>
- Valentim, K., Bittencourt, T., Lima, D., Moraleco, D., Tossuê, M., Silva, M., Vaccaro, B., & Silva, G. (2019). Pigmentantes vegetais e sintéticos em dietas de galinhas poedeiras negras. *Boletim de Indústria Animal*, 76, 1-9. <https://doi.org/10.17523/bia.2019.v76.e1438>
- Van Soest, P. J. (1963). Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. ii. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *Journal of the Association of Official Agricultural Chemists*, 46(5), 829-835. <http://bit.ly/2uMhTv7>
- Vega, J., & Aguirre, R. (2013). Comparación de variables productivas entre macho y hembra en la producción de pollos parrilleros en el departamento de Santa Cruz. *Universidad Ciencia y Sociedad*, 9, 39-47. http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/ucs/n9/n9_a06.pdf
- Zambrano, R., Gómez, J., Rodríguez, J., Alvarado, H., Quezada, L., Filian, W., Ponce, E., & Avellaneda, J. (2017). Evaluación de tres niveles de mananos oligosacáridos (*Sacharomices cerevisiae*) en los parámetros productivos y salud intestinal en pollos de engorde en el Cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos, Ecuador. *European Scientific Journal*, 13(12), 24-38. <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n12p24>