



Daucus carota L. como fuente de pigmento natural y su efecto sobre los parámetros zootécnicos en pollos de engorde Cobb 500

Daucus carota L. as a source of natural pigment and its effect on zootechnical parameters in Cobb 500 broiler chickens

Autores

- ✉ ¹*Janeth Rocío Jácome-Gómez
- ✉ ²Ximena Patricia Valencia-Enríquez
- ✉ ¹Edison Javier Salcán-Sánchez
- ✉ ²María Cristina Martínez Sotelo
- ✉ ¹Diana Leticia de La Cruz Chicaiza

¹Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, extensión El Carmen. Manabí, Ecuador.

²Instituto Superior Tecnológico Tsáchila. Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Jácome-Gómez, J. R., Valencia-Enríquez, X. P., Salcán-Sánchez, E. J., Martínez Sotelo, M. C., y de La Cruz Chicaiza, D. L. (2024). *Daucus carota* L. como fuente de pigmento natural y su efecto sobre los parámetros zootécnicos en pollos de engorde Cobb 500. *La Técnica*, 14(1), 29-36. DOI: <https://doi.org/10.33936/latecnica.v14i1.6219>

Recibido: Noviembre 04, 2023

Aceptado: Enero 30, 2024

Publicado: Febrero 16, 2024

Resumen

Este estudio evaluó el efecto de la harina de zanahoria (HZ; *Daucus carota* L.) como sustituto parcial de la dieta basal de pollos de engorde Cobb 500 sobre la pigmentación de la piel, parámetros productivos y rentabilidad. Un total de 64 pollos fueron separados según el sexo y se asignaron a cuatro dietas, con cuatro réplicas de dos aves cada una. Los grupos testigos fueron alimentados con una dieta estándar y los grupos experimentales recibieron la misma dieta convencional con niveles de reemplazo del 10, 15 y 20% de HZ. No se observaron diferencias significativas en el consumo de alimento, ganancia de peso o índice de conversión alimenticia. Sin embargo, las dietas con harina de zanahoria mejoraron el consumo de alimento, promovieron el aumento de peso y optimizaron la eficiencia alimenticia con un 10% en machos y un 15% en hembras. No se registró mortalidad en los grupos experimentales. La intensidad de la pigmentación en la piel de los pollos aumentó a medida que se incrementó el nivel de sustitución, mientras que el sexo influyó en la expresión del color. Las dietas con HZ mejoraron la rentabilidad especialmente en los machos. En conclusión, la sustitución de la dieta basal con HZ en la dieta de los pollos de engorde Cobb 500, tuvo efectos positivos en los parámetros evaluados; por tanto, puede usarse como fuente alternativa de pigmento natural en la producción de pollos de engorde de piel amarilla.

Palabras clave: pigmentación; carotenoides; producción avícola; *Daucus carota*; harina de zanahoria.

Abstract

This study evaluated the effect of carrot flour (CF; *Daucus carota* L.) as a partial substitute for the basal diet of Cobb 500 broiler chicken on skin pigmentation, production parameters and profitability. A total of 64 chickens were separated according to sex and assigned to four diets, with four replicates of two birds each. The control groups were fed a standard diet, and the experimental groups were fed the same conventional diet with replacement levels of 10, 15, and 20% CF. No significant differences were observed in feed consumption, weight gain or feed conversion ratio. However, diets with carrot flour improved feed intake, promoted weight gain and optimized feed efficiency with 10% in males and 15% in females. No mortality was recorded in the experimental groups. The intensity of pigmentation in the chickens' skin increased as the level of substitution increased, while sex influenced color expression. Diets with CF improved profitability especially in males. In conclusion, the replacement of the basal diet with CF in the diet of Cobb 500 broilers had positive effects on the evaluated parameters, therefore, it can be used as an alternative source of natural pigment in the production of yellow-skinned broilers.

Keywords: pigmentation; carotenoids; poultry production; *Daucus carota*; carrot flour.



Introducción

La industria avícola ha logrado la producción de pollos en gran escala debido a los avances en mejoramiento genético, reproducción, salud y alimentación, que han permitido alcanzar tasas de crecimiento más rápidas y optimizar la producción de huevos (Kleyn y Ciacciariello, 2021; Martínez et al., 2021). Estos avances han contribuido a satisfacer la alta demanda de productos avícolas a nivel mundial, convirtiendo a la carne y huevos de aves de corral en fuentes importantes de proteína animal (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2023).

En la actualidad, uno de los enfoques clave en la producción avícola, se centra en mejorar la calidad de la carne a través de estrategias nutricionales, diseñadas para modificar las propiedades que influyen en la aceptabilidad general del producto (Mir et al., 2017). Entre estas propiedades, la pigmentación de la piel y carne del pollo emerge como el atributo de calidad más importante, ya que representa la primera característica sensorial que los consumidores asocian con calidad nutricional y posibles beneficios para la salud (Ortiz et al., 2022; Pandiselvam et al., 2023). Aunque, en términos prácticos, la pigmentación no es un pronosticador confiable de seguridad y calidad, la percepción del consumidor sobre este atributo afectada en su decisión de compra, por lo que también es un rasgo económico importante (de Araújo et al., 2022).

En Ecuador, hay informes de preferencias por una piel amarilla como indicador de alimento fresco, seguro y nutritivo (Vargas, 2015; Toalombo et al., 2019). Sin embargo, las principales líneas de pollos de engorde no logran desarrollar la intensidad del color apropiado de manera natural, debido a que no pueden sintetizar carotenoides *in vivo*, por lo que, estos pigmentos deben complementarse a través de la dieta (Wu et al., 2021).

Como resultado, la industria de alimentos balanceados agrega pigmentos, ya sean sintéticos o naturales, en la formulación de alimentos para la producción de pollos de piel amarilla (Marounek y Pebriansyah, 2018). Aunque, los pigmentos sintéticos utilizados están sujetos a evaluaciones de seguridad y a regulaciones estrictas, la creciente conciencia de los consumidores sobre la salud, tanto personal como de las aves, demanda la aplicación de aditivos naturales (Rana et al., 2021).

En este contexto, la fuente más importante de carotenoides es el maíz amarillo, pero esta materia prima no aporta la cantidad suficiente para conseguir la coloración que demanda el consumidor (Moreno et al., 2020). En consecuencia, se recurre al uso de aditivos alimentarios como el azafrán (*Crocus sativus*), la flor de caléndula (*Calendula officinalis*), el pimentón (*Capsicum*

annuum), la alfalfa (*Medicago sativa*) y el achiote (*Bixa orellana*) para mejorar el color de la piel, carne y yema de huevo. No obstante, la viabilidad comercial de estos programas de alimentación se ve limitada por el alto costo de incorporarlos en las dietas (Farkas et al., 2020; Surai y Kochish, 2020; Martínez-Cámara et al., 2021).

Ante este desafío, Ürüşan et al. (2018), Khan (2019), Ng'ambi et al. (2019), Widya et al. (2019) y Dabai et al. (2021) documentaron el potencial de los subproductos de la zanahoria, como el extracto de hojas, de semillas, así como el jugo, la parte carnosa de la raíz napiforme (pulpa de la raíz) y los desechos, en la alimentación de pollos de engorde. Estos estudios revelaron mejoras significativas en la pigmentación de la piel, ingesta de alimento, ganancia de peso corporal, índice de conversión alimenticia y respuesta inmunitaria de las aves. No obstante, la evidencia científica para el uso de zanahoria en la alimentación de pollos de engorde de la línea Cobb 500 es inexistente, y además, no hay informes asociados a la rentabilidad de su uso.

Por tanto, esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la harina de zanahoria (*Daucus carota* L.) como sustituto parcial de la dieta basal del pollo de engorde Cobb 500 sobre la pigmentación, parámetros productivos y rentabilidad.

Materiales y métodos

Localización

El ensayo se desarrolló en la Granja Experimental Rio Suma, ubicada en los predios de la Facultad de Ingeniería Agropecuaria, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, extensión El Carmen, provincia de Manabí, Ecuador, con coordenadas geográficas -0,262655 S y -79,427579 O, dentro de una zona que se caracteriza por tener un clima de trópico húmedo. Esta zona se encuentra a una altitud de 263 msnm, con una temperatura promedio de 24 °C, una precipitación anual de 2.806 mm, una humedad relativa de 86%, una exposición solar de 1.026 horas luz al año y una evaporación anual de 1.064 mm (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 2019).

Diseño experimental

Se aplicó un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA) con un arreglo factorial A (sexo) x B (niveles de harina de zanahoria) con cuatro repeticiones, cada una compuesta de dos aves. Los tratamientos consistieron en una dieta testigo y tres dietas experimentales en las que se reemplazó el alimento convencional por harina de zanahoria en proporciones de 10, 15 y 20%, como se detalla en la tabla 1.

Tabla 1. Grupos experimentales.

Factor A	Factor B			
	Testigo (b1)	10% HZ (b2)	15% HZ (b3)	20% HZ (b4)
Hembra (a1)	a1+b1	a1+b2	a1+b3	a1+b4
	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
	a2+b1	a2+b2	a2+b3	a2+b4
Macho (a2)	Tratamiento 5	Tratamiento 6	Tratamiento 7	Tratamiento 8

Nota: HZ: harina de zanahoria.

Manejo experimental

Se empleó un total de 64 polluelos de 5 días de edad, con un peso inicial promedio de 45 g, fueron alojados en un círculo de crianza en un galpón durante 14 días. A los 15 días, fueron separados por sexo y distribuidos al azar en las unidades experimentales. Durante las primeras tres semanas, todas las aves recibieron una dieta estándar según los requerimientos nutricionales en cada etapa. Desde entonces y hasta la etapa de finalización, en la semana 5, se proporcionó alimento balanceado de engorde con la adición de harina de zanahoria.

La harina de zanahoria fue adquirida en una empresa procesadora de alimentos (sin marca). Posteriormente, para determinar su composición nutricional, se envió una muestra a un laboratorio local para el análisis bromatológico, mientras que los valores nutricionales del balanceado utilizado en la formulación de las dietas se obtuvieron de la tabla de composición del alimento (tabla 2).

Tabla 2. Composición nutricional de las dietas.

Parámetros	Alimento balanceado	Harina de zanahoria
(%) Humedad	13	9,10
(%) Proteína	18	8,62
(%) Ext. Etéreo	5	1,32
(%) Ceniza	7	5,73
(%) Fibra	4	7,54

Métodos de evaluación

Durante el periodo experimental, las aves fueron pesadas cada semana, mientras que el consumo de alimento se registró diariamente (alimento ofrecido-alimento rechazado). Al finalizar el periodo experimental, para cada tratamiento se determinaron las variables:

Consumo de alimento promedio (g·ave⁻¹): este valor se estimó dividiendo la suma de los registros de consumo de alimento entre el número de aves.

Ganancia de peso promedio (g·ave⁻¹): esta variable se calculó sumando las diferencias entre el peso final y el peso inicial de cada ave, y luego dividiendo entre el número total de aves en el tratamiento.

Índice de conversión alimenticia: para obtener el valor de esta variable, se dividió la cantidad total de alimento consumido entre la cantidad total de ganancia de peso experimentado.

Mortalidad (%): se determinó dividiendo la cantidad total de pollos muertos durante el período de observación entre el número inicial de pollos con los que se comenzó el tratamiento, y luego multiplicando el resultado por 100.

Pigmentación: la evaluación de la pigmentación de la piel de los pollos se realizó utilizando la escala de Rocher. Este procedimiento implicó la medición y registro de la intensidad de pigmentación en la piel de cada pollo de forma individual, al momento del sacrificio. A cada pollo se le asignó un valor numérico según la intensidad de su pigmentación cutánea. Posteriormente, se calculó el promedio de los valores registrados.

Rentabilidad: se calculó a través de la fórmula de beneficio/costo, considerando únicamente los costos de alimentación y los ingresos derivados de la venta de los pollos en función de su peso. Un valor mayor que 1 indicó que el proyecto fue rentable (Rebollar et al., 2020).

Análisis de los datos

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y, las medias se compararon mediante la prueba de Duncan. Se consideró un nivel de significancia del 5%. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software estadístico SPSS versión 23.1.

Resultados y discusión

Los resultados del análisis de varianza presentados en la tabla 3, indicaron que los diferentes niveles de harina de zanahoria utilizados como sustituto parcial de la dieta basal de los pollos de engorde no tuvieron un impacto significativo en ninguno de los parámetros evaluados (P>0,05). Este hallazgo fue similar a lo reportado por Khan (2019), quien reemplazó una proporción del maíz con harina de pulpa de zanahoria en la dieta de pollos Hubbard y no encontró diferencias significativas en el consumo de alimento, el peso corporal y el índice de conversión.

Consumo de alimento

Aun cuando no se encontraron diferencias estadísticas significativas, los datos de la tabla 3, mostraron que los machos consumieron más alimento que las hembras en todos los tratamientos. Esta tendencia coincidió con lo reportado por Jácome-Gómez et al. (2023) en relación a la mayor ingesta de alimento por parte de los pollos machos de la línea Cobb 500 en comparación con las hembras. Además, se observó que el consumo de alimento aumentó a medida que se incrementaron los porcentajes de harina de zanahoria en la dieta, lo cual concordó con lo descrito por Noviyadi y Maradon (2021) y confirmó la influencia de HZ en el comportamiento alimenticio de los pollos, señalada por Ng’Ambi et al. (2019).

Es posible que la respuesta de los pollos en este parámetro estuviera relacionada con el contenido más bajo de proteína en la



porción de harina de zanahoria, que llevó a un incremento en la ingesta de alimento para equilibrar el nivel de proteico requerido para mantener el crecimiento, como mencionaron Jabbar et al. (2021).

Ganancia de peso

En cuanto a la ganancia de peso, se observó que los machos ganaron mayor peso en comparación con las hembras, independientemente del nivel de harina de zanahoria. Esto estuvo en consonancia con la tendencia generalizada sobre que el sexo de los pollos tiene un papel crucial en la productividad, con una tasa de crecimiento más rápida y mayor ganancia de peso en los machos que en las hembras, independientemente de otros factores como la dieta o sistemas de crianza (Benyi et al., 2015; Cygan-Szczegielniak et al., 2019).

Por otro lado, entre los tratamientos, la mayor ganancia de peso se encontró en el grupo de machos con el 20% de HZ (2.809 g), mientras que en el grupo de hembras la ganancia de peso más alta se registró en las aves con el 15% de sustitución (2.649,63 g). Es relevante destacar que, aunque estos valores fueron ligeramente inferiores a los estándares de referencia, los grupos testigos obtuvieron valores más bajos, lo cual sugiere que la harina de zanahoria mejoró el peso de los pollos. La cantidad de fibra presente en la harina de zanahoria podría haber explicado parcialmente estos resultados, puesto que es un componente que ayuda a regular la digestión de las aves y contribuye en el aprovechamiento de los nutrientes, como señalaron Widya et al. (2019).

Conversión alimenticia

Respecto a la conversión alimenticia, los resultados señalaron que en general los machos tuvieron una mayor eficiencia en comparación con las hembras. Esta variabilidad pudo estar relacionada con las diferencias fisiológicas entre machos y hembras en términos de metabolismo, requerimientos nutricionales, e interacciones hormonales que influyen en cómo los pollos utilizan y digieren los nutrientes (Cui et al., 2021).

Teniendo en cuenta que la conversión alimenticia es el indicador que refleja la cantidad de alimento necesaria para producir una unidad de peso corporal, y por lo general, un valor más bajo indica una mayor eficiencia en el proceso de producción (Prakash et al., 2020), los resultados evidenciaron que, para las hembras, el reemplazo de la dieta basal con el 15% de harina de zanahoria fue beneficioso, mientras que para los machos, el 10% de harina de zanahoria resultó más eficiente en comparación con los grupos testigos. Estas mejoras en la eficiencia alimenticia pudieron estar relacionadas con la presencia de carotenoides, precursores de vitamina A, en la harina de zanahoria. De acuerdo con Khan et

al. (2023) estos compuestos en concentraciones óptimas tuvieron efectos positivos sobre la digestibilidad de los nutrientes y la tasa de conversión alimenticia.

Tabla 3. Comparación estadística de los parámetros zootécnicos.

Tratamientos	Sexo	HZ (%)	Consumo de alimento (g)	Ganancia de peso (g)	Conversión alimenticia
1	Hembra	Testigo	3.713,63 ^b	2.366,00 ^a	1,57 ^a
2	Hembra	10	4.126,88 ^{ab}	2.384,63 ^a	1,73 ^a
3	Hembra	15	4.145,75 ^{ab}	2.649,63 ^a	1,56 ^a
4	Hembra	20	4.225,63 ^{ab}	2.352,88 ^a	1,80 ^a
5	Macho	Testigo	3.988,32 ^{ab}	2.543,38 ^a	1,57 ^a
6	Macho	10	4.230,19 ^{ab}	2.725,63 ^a	1,55 ^a
7	Macho	15	4.501,07 ^a	2.758,50 ^a	1,63 ^a
8	Macho	20	4.475,07 ^a	2.809,00 ^a	1,59 ^a

Nota: medias con una letra común no son significativamente diferentes (P>0,05).

Mortalidad

Los resultados de la tabla 4 revelaron que la mortalidad en todos los grupos experimentales fue del 0%, mientras que en los grupos testigos para ambos sexos presentaron una tasa de mortalidad del 12,50%, lo que indicó que la inclusión de harina de zanahoria en las dietas de pollos, en los porcentajes evaluados, tuvo un impacto positivo en la supervivencia de las aves. Este resultado estuvo en línea con lo señalado por Silondae et al. (2023) quienes destacaron el uso de la zanahoria como una fuente de antioxidantes esenciales para mejorar la salud de los pollos, y en consecuencia reducir el porcentaje de pérdidas por muerte.

Tabla 4. Mortalidad de los pollos de engorde.

Tratamientos	Sexo	HZ (%)	Mortalidad
1	Hembra	Testigo	12,50
2	Hembra	10	0,00
3	Hembra	15	0,00
4	Hembra	20	0,00
5	Macho	Testigo	12,50
6	Macho	10	0,00
7	Macho	15	0,00
8	Macho	20	0,00

Nota: HZ: harina de zanahoria.

Pigmentación

La harina de zanahoria como sustituto parcial de la dieta basal de los pollos de engorde tuvo un efecto positivo en la pigmentación

de la piel. Además, se observó un aumento en la intensidad del color a medida que se incrementó el porcentaje de sustitución, tanto en hembras como en machos. No obstante, es importante notar que los machos exhibieron una pigmentación superior en comparación con las hembras, lo cual pudo estar relacionado con la cantidad de alimento consumido. En el caso de los machos, al haber ingerido mayores cantidades de alimento, también incorporando una mayor cantidad de carotenoides (tabla 5).

En general, los resultados indicaron que la harina de zanahoria mejoró la pigmentación de la piel de los pollos, contrario a lo señalado por Azizah et al. (2017) en el cual no se observó un cambio en la coloración de la piel de los pollos de engorde Lohmann cuando incluyeron harina de desechos de zanahoria en la alimentación. Una razón para estas diferencias pudo ser la disminución de la concentración de carotenoides en los desechos debido al proceso de extracción (Otálora-Orrego y Martin, 2021).

Tabla 5. Efecto de la harina de zanahoria en la pigmentación de pollos de engorde según el sexo.

Tratamientos	Sexo	HZ (%)	Pigmentación
1	Hembra	Testigo	0,25
2	Hembra	10	2,25
3	Hembra	15	3,25
4	Hembra	20	5,50
5	Macho	Testigo	0,50
6	Macho	10	2,75
7	Macho	15	4,75
8	Macho	20	6,00

Nota: HZ: harina de zanahoria.

Rentabilidad

Los resultados del análisis económico que se presentan en la tabla 6, mostraron que la sustitución parcial por harina de zanahoria en la dieta de los pollos de engorde tuvo un efecto positivo en la rentabilidad. En particular, en el grupo de las hembras, el tratamiento con un 15% de HZ mostró el ingreso más alto y una relación B/C más favorable, mientras que, en el grupo de machos, el tratamiento con un 20% de HZ generó el ingreso más alto. No obstante, el tratamiento de machos con un 10% de harina de zanahoria reportó un menor costo y la mejor relación B/C. Debido a que los estudios sobre las características de pigmentación de diversas fuentes de carotenoides a menudo ponen menos énfasis en la rentabilidad, resultó difícil comparar los hallazgos de este estudio con investigaciones previas, especialmente en el caso de harina de zanahoria que ha sido menos explorada.

En síntesis, este estudio proporcionó evidencia preliminar de los posibles beneficios de utilizar harina de zanahoria en la producción de pollos de engorde de la línea Cobb 500. Estos beneficios se reflejaron tanto en el rendimiento productivo como en la rentabilidad económica, presentando una excelente oportunidad para eliminar o reducir el uso de pigmentos

artificiales en la producción avícola. Estos hallazgos pueden ser valiosos para la industria avícola y la toma de decisiones en la formulación de dietas. Asimismo, los resultados son de particular importancia para los pequeños productores de pollo del cantón El Carmen, Manabí, ya que les brinda una alternativa para adaptar sus estrategias de producción de manera que satisfagan las preferencias de los consumidores locales.

Tabla 6. Análisis económico del efecto de la harina de zanahoria en la pigmentación de pollos de engorde según el sexo.

Tratamientos	Sexo	HZ (%)	Ingresos	Costos	B/C
1	Hembra	Testigo	40,08	29,95	1,34
2	Hembra	10	54,56	35,60	1,53
3	Hembra	15	60,62	35,72	1,70
4	Hembra	20	53,83	36,25	1,49
5	Macho	Testigo	43,08	31,55	1,37
6	Macho	10	62,36	36,28	1,72
7	Macho	15	63,11	38,08	1,66
8	Macho	20	64,27	37,90	1,70

Nota: HZ: harina de zanahoria.

Este estudio está sujeto a limitaciones. En primer lugar, la falta del análisis del contenido de carotenoides en la harina de zanahoria dificultó la interpretación precisa de los resultados. Se recomienda realizar este análisis en futuras investigaciones. En segundo lugar, la adquisición de harina de zanahoria ya procesada, influyó en los costos de alimentación. En futuras investigaciones, sería recomendable evaluar la viabilidad de llevar a cabo el proceso de producción de harina de zanahoria internamente. Por último, la principal limitación en este estudio fue la técnica de medición del color, ya que al utilizar el abanico DSM, las cuantificaciones pudieron verse afectadas por la subjetividad, la fatiga humana y las variaciones en la iluminación. Estudios futuros pueden abordar esta limitación empleando el método de fotometría de reflectancia.

Conclusión

La sustitución de la dieta basal con harina de zanahoria tuvo efectos positivos en la pigmentación de la piel de los pollos, independientemente del sexo de las aves. Con el 10% se alcanzó un grado de pigmentación leve con un ligero matiz de color amarillo, con el 15% una intensidad del color amarillo pálido, mientras que con el 20% se alcanzó un tono amarillo más intenso y definido. Del mismo modo, mejora la ganancia de peso y en el índice de eficiencia alimenticia, especialmente en los machos cuando se suministra un 15% de harina de zanahoria. Además, demuestra ser rentable con un énfasis en los beneficios para las hembras. Estos hallazgos pueden ser de gran relevancia en la toma de decisiones sobre la alimentación de las aves de corral y podrían tener implicaciones económicas en el contexto de la producción agrícola o ganadera.



Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la presente publicación en ninguna de sus fases.

Referencias bibliográficas

- Azizah, N. A., Mahfudz, L. D. and Sunarti, D. (2017). Kadar lemak dan protein karkas ayam broiler akibat penggunaan tepung limbah wortel (*Daucus carota* L.) dalam Ransum. *Journal Sain Peternakan Indonesia*, 12(4), 389-396. <https://doi.org/10.31186/jspi.id.12.4.389-396>
- Benyi, K., Tshilate, T. S., Netshipale, A. J. and Mahlako, K. T. (2015). Effects of genotype and sex on the growth performance and carcass characteristics of broiler chickens. *Tropical Animal Health and Production*, 47, 1225-1231. DOI: 10.1007/s11250-015-0850-3
- Cui, L., Zhang, X., Cheng, R., Ansari, A. R., Elokil, A. A., Hu, Y., Chen, Y., Nadafy, A. A. and Liu, H. (2021). Sex differences in growth performance are related to cecal microbiota in chicken. *Microbial Pathogenesis*, 150, 104710. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104710>
- Cygan-Szczegielniak, D., Maiorano, G., Janicki, B., Buzala, M., Stasiak, K., Stanek, M., Roślewska, A., Elminowska-Wenda, G., Bogucka, J., and Tavaniello, S. (2019). Influence of rearing system and sex on carcass traits and meat quality of broiler chickens. *Journal of Applied Animal Research*, 47(1), 333-338. <https://doi.org/10.1080/09712119.2019.1634076>
- Dabai, S. A., Bello, S. and Dabai, J. S. (2021). Growth performance and carcass characteristics of finisher broiler chickens served carrot leaf extract as a supplementary source of vitamins and minerals. *Nigerian Journal of Animal Science*, 23(1), 144-149. <https://www.ajol.info/index.php/tjas/article/view/212020>
- de Araújo, P. D., Araújo, W. M. C., Patarata, L. and Fraqueza, M. J. (2022). Understanding the main factors that influence consumer quality perception and attitude towards meat and processed meat products. *Meat Science*, 193, 108952. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108952>
- Farkas, Á., Bencsik, T. and Deli, J. (2020). Carotenoids as food additives. P. 421-447. In: Jacob-Lopes, E., Queiroz, M. I., and Queiroz Zepka, L. (Eds.). *Pigments from Microalgae Handbook*. First edition. Suiza: Springer.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2019). *INAMHI-Precipitación-2019Diciembre.csv*. <https://www.datosabiertos.gob.ec/dataset/precipitacion-total-mensual/resource/98c77d18-e863-4e00-8a22-eb47f2981d9c>
- Jabbar, A., Tahir, M., Khan, R. U. and Ahmad, N. (2021). Interactive effect of exogenous protease enzyme and dietary crude protein levels on growth and digestibility indices in broiler chickens during the starter phase. *Tropical Animal Health and Production*, 53, 1-5. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02466-5>
- Jácome-Gómez, J. R., Sánchez, E. J. S., Mendoza, M. E. Z., De la Cruz Chicaiza, M. V. y Anchundia, M. Á. M. (2022). Efecto de diferentes materiales de cama sobre el comportamiento productivo de pollos de engorde Cobb 500. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(5), 3868-3881. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3362
- Khan, R. U., Khan, A., Naz, S., Ullah, Q., Puvaca, N., Laudadio, V., Mazzei, D., Seidavi, A., Ayasan, T., and Tufarelli, V. (2023). Pros and cons of dietary vitamin A and its precursors in poultry health and production: A comprehensive review. *Antioxidants*, 12(5), 1131. <https://doi.org/10.3390/antiox12051131>
- Khan, S. (2019). Utilization carrot pulp as corn replacement in the broiler diet. *IOSR-JAVS*, 12, 72-4. DOI: 10.9790/2380-1202027274
- Kleyn, F. J. and Ciacciariello, M. (2021). Future demands of the poultry industry: will we meet our commitments sustainably in developed and developing economies?. *World's Poultry Science Journal*, 77(2), 267-278. <https://doi.org/10.1080/00439339.2021.1904314>
- Marounek, M., & Pebriansyah, A. (2018). Use of carotenoids in feed mixtures for poultry: a review. *Agricultura Tropica et Subtropica*, 51(3), 107-111. <https://doi.org/10.2478/ats-2018-0011>
- Martínez, Y., Orozco, C. E., Montellano, R. M., Valdivié, M. and Parrado, C. A. (2021). Use of achiote (*Bixa orellana* L.) seed powder as pigment of the egg yolk of laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*, 30(2), 100154. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2021.100154>
- Martínez-Cámara, S., Ibañez, A., Rubio, S., Barreiro, C. and Barredo, J. L. (2021). Main carotenoids produced by microorganisms. *Encyclopedia*, 1(4), 1223-1245. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia1040093>
- Mir, N. A., Rafiq, A., Kumar, F., Singh, V. and Shukla, V. (2017). Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. *Journal of food science and*

- technology, 54, 2997-3009. DOI: 10.1007/s13197-017-2789-z
- Moreno, J. A., Díaz-Gómez, J., Fuentes-Font, L., Angulo, E., Gosálvez, L. F., Sandmann, G., Portero-Otin, M., Capell, T., Zhu, C., Christou, P. and Nogareda, C. (2020). Poultry diets containing (keto) carotenoid-enriched maize improve egg yolk color and maintain quality. *Animal Feed Science and Technology*, 260, 114334. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2019.114334>
- Ng'ambi, J. W., Mokgope, P. K., Brown, D. and Manyelo, T. G. (2019). Effect of dietary carrot meal supplementation on productivity and carcass characteristics of Arbor acre broiler chickens aged 22 to 42 days. *Applied Ecology & Environmental Research*, 17(5), 12337-12346. <https://lc.cx/gXkiyh>
- Noviadi, R. and Maradon, G. G. (2021). Broiler performance given carrot waste juice meal as a feed supplement. *International Conference on Agriculture and Applied Science*. 146-150. <https://doi.org/10.25181/icoaas.v1i1.2068>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2023). *Producción avícola*. <https://www.fao.org/poultry-production-products/production/es/>
- Ortiz, D., Lawson, T., Jarrett, R., Ring, A., Scoles, K. L., Hoverman, L., Rocheford, E., Karcher, D.M. and Rocheford, T. (2022). Applied Research Note: The impact of orange corn in laying hen diets on yolk pigmentation and xanthophyll carotenoid concentrations on a percent inclusion rate basis. *Journal of Applied Poultry Research*, 31(1), 100218. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2021.100218>
- Otálora-Orrego, D. y Martin, D. A. (2021). Técnicas emergentes de extracción de β -caroteno para la valorización de subproductos agroindustriales de la zanahoria (*Daucus carota* L.): una revisión. *Informador Técnico*, 85(1), 83-106. <https://doi.org/10.23850/22565035.2857>
- Pandiselvam, R., Mitharwal, S., Rani, P., Shanker, M. A., Kumar, A., Aslam, R., Tekgül Barut, Y., Kathakota, A., Rustagi, S., Bhati, D., Anusha Siddiqui, S., Wasin Siddiqui, M., Ramniwas, S., Aliyeva, A. and Khaneghah, A. M. (2023). The influence of non-thermal technologies on color pigments of food materials: An updated review. *Current Research in Food Science*, 100529. <https://doi.org/10.1016/j.crf.2023.100529>
- Prakash, A., Saxena, V. K. and Singh, M. K. (2020). Genetic analysis of residual feed intake, feed conversion ratio and related growth parameters in broiler chicken: A review. *World's Poultry Science Journal*, 76(2), 304-317. <https://doi.org/10.1080/00439339.2020.1735978>
- Rana, B., Bhattacharyya, M., Patni, B., Arya, M. and Joshi, G. K. (2021). The realm of microbial pigments in the food color market. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 603892. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.603892>
- Rebollar, S., Posadas, R. R., Rebollar, E., Hernández, J. and González, F. D. J. (2020). Aportes a indicadores de evaluación privada de proyectos de inversión. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 46(444-461). <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.303885>
- Silondae, H., Polakitan, D., Paat, P. C., Kairupan, A. N., Layuk, P., Lintang, M., Joseph, G. H., Polakitan, A., Tandí, O. G., Markus Rawung, J. B., Rembang, J. H. W., Salamba, H. N., Malia, I. E., Sondakh, J. O. M., Hutapea, R. T. P., Kindangen, J. G. and Elizabeth, R. (2023). The effects of carrot (*Daucus carota* L.) waste juice on the performances of native chicken in North Sulawesi, Indonesia. *Open Agriculture*, 8(1), 20220173. <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0173>
- Surai, P. F., and Kochish, I. I. (2020). Carotenoids in Aviculture. p. 515-540. In: Jacob-Lopes, E., Queiroz, M. I., and Queiroz Zepka, L. (Eds.). *Pigments from Microalgae Handbook*. First edition. Suiza: Springer.
- Toalombo, P. A., Camacho, C. A., Buenaño, R., Jiménez, S., Navas-González, F. J., Landi, V. y Delgado, J. V. (2019). Efecto socioeconómico sobre las características fanerópticas de gallinas autóctonas de Ecuador. *Archivos de Zootecnia*, 68(263), 416-421. <https://doi.org/10.21071/az.v68i263.4202>
- Ürüşan, H., Erhan, M. K. and Bölükbaşı, S. C. (2018). Effect of cold-press carrot seed oil on the performance, carcass characteristics, and shelf life of broiler chickens. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 28(6), 1662-1668. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20193004826>
- Vargas González, O. N. (2015). *Avicultura*. Machala, Ecuador: Ediciones UTMACH. 134 p.
- Widya Paramita, L., Novryantoro, V., Wibowo, M. L. and Ananda, A. T. (2019). An utilization of carrot tuber juice (*Daucus carota* L.) to increase average daily gain in broiler chickens: Reinventing food security through chicken livestock. 223 *Proceeding Book 7th Asian Academic Society International Conference 2019*. <https://core.ac.uk/download/pdf/288223943.pdf>
- Wu, J., Lin, Z., Chen, G., Luo, Q., Nie, Q., Zhang, X. and Luo, W. (2021). Characterization of chicken skin yellowness and exploration of genes involved in skin yellowness deposition in chicken. *Frontiers in Physiology*, 12, 585089. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.585089>



Contribución de los autores

Autores	Contribución
Janeth Rocío Jácome-Gómez	Diseño de la investigación, administración del proyecto, toma de datos, revisión, redacción revisión del manuscrito.
Ximena Patricia Valencia-Enríquez	Método, revisión de la bibliografía, y redacción del manuscrito.
Edison Javier Salcán-Sánchez	Análisis e interpretación de datos y revisión del manuscrito.
María Cristina Martínez-Sotelo	Diseño de la investigación y redacción manuscrito.
Diana Leticia de La Cruz Chicaiza	Análisis económico y redacción del manuscrito.