

# Carotenoides de nabo (*Brasica rapa* L.) como pigmento de la yema de huevo de codorniz (*Coturnix coturnix japonicus*)

Ana Julia Mallama-Goyes<sup>1</sup> / John Jairo Parreño-Salas<sup>2</sup> / Olga Lucía Benavides-Calvache<sup>3</sup>

## Resumen

El color de la yema de huevo es importante para el consumidor y permite mejorar su comercialización. Los estudios sobre la pigmentación del huevo buscan distintos tipos de sustancias para mejorar este parámetro. Para ello, se evaluaron los carotenoides de nabo forrajero en la dieta de la codorniz. Se usaron 240 aves en cuatro tratamientos: un testigo sin adición de carotenoides en la ración (T0) y tres tratamientos con carotenoides extraídos de hojas (T1), flores (T2) y semilla (T3), a razón de 80 mg/kg de alimento cada uno. Se determinó el consumo de alimento, la ganancia de peso, la mortalidad, los porcentajes de postura y de huevos rotos, el peso del huevo, el grosor de la cáscara y el color de la yema. Se usó un diseño completamente al azar. Hubo menor consumo en los tratamientos con carotenoides ( $p < 0,05$ ). Se encontró mayor ganancia de peso semanal en T0 (13,43 g) en comparación con los otros tratamientos ( $p < 0,05$ ). La conversión fue mejor en el tratamiento testigo (2,33) ( $p < 0,05$ ). La coloración de la yema de huevo se mejoró con la adición de los carotenoides, siendo la semilla el mejor tratamiento ( $p < 0,05$ ) con una coloración de 12,13 en la escala DSM. Las demás variables no difirieron estadísticamente ( $p > 0,05$ ). La adición de carotenoides de nabo forrajero afecta los siguientes parámetros: consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia de la codorniz en etapa de postura, pero mejora la coloración de la yema de huevo, especialmente la adición de carotenoides extraídos de la semilla del nabo forrajero.

**Palabras clave:** alimento; ave; huevo; pigmento.

- 1 Zootecnista, Esp. MSc, Universidad de Nariño.  
✉ [anamallama@udenar.edu.co](mailto:anamallama@udenar.edu.co).  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4754-5839>
- 2 Zootecnista, Universidad de Nariño.  
✉ [jhonpasa@udenar.edu.co](mailto:jhonpasa@udenar.edu.co).  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8171-7235>
- 3 Ingeniera Química, Esp. MSc PhD (c), Universidad de Nariño.  
✉ [ollubeca@yahoo.es](mailto:ollubeca@yahoo.es).  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6327-5832>

## Carotenoids from turnips (*Brasica rapa* L.) as pigment in quail egg yolks (*Coturnix coturnix japonicus*)

## Abstract

The color of egg yolks is important to consumers and can improve marketing. Studies on egg pigmentation seek different types of substances to improve this parameter. To this end, carotenoids from forage turnips were evaluated in the quail diet. Two hundred forty birds were used in four treatments: a control without carotenoid addition in the ration (T0) and three treatments with carotenoids extracted from leaves (T1), flowers (T2), and seeds (T3), at a rate of 80 mg/kg of feed each. Feed consumption, weight gain, mortality, laying and broken egg percentages, egg weight, shell thickness, and yolk color were

**Cómo citar este artículo:** Mallama-Goyes AJ, Parreño-Salas JJ, Benavides-Calvache OL. Carotenoides de nabo (*Brasica rapa* L.) como pigmento de la yema de huevo de codorniz (*Coturnix coturnix japonicus*). Rev Med Vet. 2025;(50):e0003. <https://doi.org/10.19052/mv.vol1.iss50.5392>

determined. A completely randomized design was used. There was lower consumption in the carotenoid treatments ( $p < 0.05$ ). Higher weekly weight gain was found in T0 (13.43 g) compared to the other treatments ( $p < 0.05$ ). Conversion was better in the control treatment (2.33) ( $p < 0.05$ ). The color of the egg yolk was improved with the addition of carotenoids, with the seed being the best treatment ( $p < 0.05$ ) with a color of 12.13 on the DSM scale. The other variables did not differ statistically ( $p > 0.05$ ). The addition of carotenoids from fodder turnips affects the following parameters: feed consumption, weight gain, and feed conversion in laying quails, but improves egg yolk coloration, especially when carotenoids extracted from fodder turnip seeds are added.

**Keywords:** Feed; poultry; egg; pigment.

## INTRODUCCIÓN

La codorniz es una especie que se caracteriza por su resistencia a diversas enfermedades, un corto tiempo para alcanzar la madurez sexual y la fácil adaptación a diversas condiciones de cría, lo que hace que su producción sea económicamente viable y técnicamente factible (1). En Colombia, la cría de esta ave se desarrolla para postura, siendo este su nicho de mercado más importante (2). Al respecto, la información del Ministerio de Agricultura de Colombia menciona que el consumo per cápita del huevo de codorniz es de 27 huevos por persona al año y se observa un incremento en el tiempo (3).

Los huevos de codorniz son saludables para el ser humano. Este alimento se caracteriza por aportar un adecuado contenido de aminoácidos esenciales en la dieta, que ayudan al mantenimiento del tejido muscular y distintas funciones del cuerpo. Además, en su composición nutricional se encuentran las vitaminas A, D, B12 y ácido fólico, esenciales para el crecimiento de los niños, lo que demuestra un alto aporte y densidad nutricional (4).

De igual manera, los actuales sistemas de producción de huevo, bajo condiciones de confinamiento, han disminuido el suministro de carotenoides en la ración en comparación con los sistemas de pastoreo, como consecuencia de una reducción de la variedad de alimentos que contienen altos niveles de los mismos; esto ocasiona una producción de huevos con yemas de color pálido, las cuales

son poco apetecidas por los consumidores, ya que se asocian a una baja calidad y frescura (5, 6).

Actualmente, los huevos con mayor grado de pigmentación muestran beneficios funcionales como consecuencia del contenido de carotenoides en la yema; factor que es importante para los consumidores, que buscan productos saludables y de alta calidad (7, 8). Por otra parte, se debe considerar que los carotenoides no se producen de forma endógena en las aves y necesariamente deben proceder de la dieta (9). Para lograr la pigmentación de las yemas se recurre al uso de xantofilas amarillas como luteína, zeaxantina y apo-éster y xantofilas rojas como capsantina y cantaxantina que permiten alcanzar un variado rango de tonalidades anaranjadas (10). Estos pigmentos se ofrecen a las aves en la ración con el fin de lograr la pigmentación de la yema de huevo (9, 11).

El nabo forrajero pertenece a la familia de las *Brassicaceae* y se caracteriza por tener una raíz axonomorfa y un estado vegetativo bianual. En algunas regiones de Colombia lo usan como forraje, mientras que en otros emplean la hoja como alimento. A pesar de ello, su uso potencial no se ha desarrollado y existen vacíos de conocimiento sobre su adecuada utilización. Dentro de la industria avícola, el nabo forrajero puede ser una alternativa para la obtención de pigmentos con fines de coloración de la yema de codorniz, debido al contenido de carotenoides presentes en las hojas, las flores y los tallos, que pueden usarse como materia prima para su

extracción y posterior utilización en la alimentación de las aves.

Junto a lo anterior, la búsqueda de productos con un menor o nulo contenido de elementos sintéticos en los alimentos ha incentivado la investigación de sustancias más naturales. Por esta razón, se está disminuyendo el uso de xantofilas sintéticas como aditivo en los alimentos, ya que se han evidenciado efectos adversos en la salud del consumidor (10, 12). Para evitar este tipo de productos, la industria avícola está utilizando carotenoides derivados de extractos vegetales como pigmento para la yema de huevo, ya que solo se requiere el manejo de los cultivos o procesos adecuados de extracción de los ingredientes bioactivos (11, 13).

Bajo este contexto, los carotenoides extraídos de distintas partes del nabo forrajero se pueden usar como materia prima para la coloración de la yema de huevo de codorniz. Por ello, la investigación evaluó la adición de carotenoides comestibles extraídos de nabo amarillo o nabo de campo (*Brassica rapa* L.) en la ración de las codornices como pigmento natural de las yemas de huevo y su efecto en los parámetros productivos de las aves.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño, que se encuentra ubicada a 9 kilómetros de San Juan de Pasto (Nariño), al oriente del meridiano de Greenwich, a 77°18'58''W, y 1°10'11,4'' N, a una altura de 2820 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 12°C, una precipitación anual de 800 a 1000 mm, con humedad relativa de 70 a 80 % y 900 horas de sol promedio por año (12, 14).

Todos los procedimientos adoptados para la realización de este experimento fueron aprobados por la Universidad de Nariño (Colombia) y se llevaron a cabo de acuerdo con los lineamientos de manejo para animales experimentales.

## Extracción de carotenoides

Los carotenoides fueron extraídos mediante la metodología propuesta por Cornejo (15). Se usó una relación de 3 gramos de material vegetal por cada 12 mililitros de etanol grado HPLC. En un *beaker*, se depositaron las muestras y el etanol para permitir la extracción de los carotenoides por 2 horas. Luego de este tiempo se filtraba el solvente y se repetía el procedimiento con nuevo etanol hasta conseguir la decoloración del material vegetal. Para cada extracción se determinó la presencia de pigmentos mediante cromatografía de capa fina (CCF). Una vez hecha la extracción, el extracto se rotaevaporó hasta la sequedad.

## Aves, alojamiento y dietas

Se emplearon 240 codornices hembra de la línea *Coturnix coturnix japónica* en fase de pre-postura, que se mantuvieron con una ración estándar hasta la quinta semana de producción para dar inicio al desarrollo de la investigación. Las aves fueron identificadas mediante un anillo en las patas con su respectivo número para su posterior aleatorización en los tratamientos.

Todas ellas fueron manejadas en dos jaulas tipo torre de alambre galvanizado con capacidad para 120 codornices cada una. Cada jaula estuvo subdividida en 12 compartimentos con un espacio de 145 cm<sup>2</sup> por animal, con comedero y bebedero tipo canal y bandeja para excretas. Se ubicaron 10 aves por compartimento. El ambiente se mantuvo a una temperatura de 21 ±0,5 °C, con iluminación natural (12 horas) y humedad relativa del 65 % (16).

Se ofreció alimento balanceado comercial para codornices de postura, sobre el cual se adicionaron los carotenoides de nabo a razón de 80 mg/kg de alimento (17) y se mezcló para su total incorporación. La composición nutricional del alimento se puede observar en la tabla 1. Cada ave recibió 27 gramos de alimento al día dividido en 3 raciones (7:00 a.m., 1:00 p.m. y 5:00 p.m.). Los animales dispusieron de agua a voluntad.

Tabla 1. Composición nutricional del balanceado comercial

| Nutriente       | Valor (%) |
|-----------------|-----------|
| Proteína mínima | 23,0      |
| Grasa mínima    | 3,00      |
| Fibra máxima    | 6         |
| Cenizas máximo  | 15        |
| Humedad máxima  | 13        |
| Calcio mínimo   | 2,50      |
| Fósforo mínimo  | 0,80      |

Fuente: elaboración propia.

## Tratamientos

Se evaluaron cuatro tratamientos divididos así: un tratamiento testigo (T0) sin adición de carotenoides en el alimento balanceado y tres tratamientos con adición de carotenoides extraídos de diferentes partes de la planta de nabo forrajero: hojas (T1), flores (T2) y semillas (T3) en las cantidades ya mencionadas.

## Parámetros productivos de la codorniz

En las codornices se evaluaron los siguientes parámetros productivos: consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, curva de postura, mortalidad y porcentaje de huevos rotos. El consumo de alimento se determinó mediante la diferencia entre el alimento ofrecido y el rechazado; la ganancia de peso, igualmente, por diferencia entre el peso final menos el peso inicial; la conversión alimenticia como la razón entre el alimento consumido total y el peso de huevo producido durante el periodo de evaluación; la mortalidad en porcentaje de número de muertes por número de aves iniciales, y los huevos rotos también como porcentaje de huevos rotos en comparación con el total. Finalmente, el porcentaje de postura se evaluó mediante una gráfica bidimensional entre el tiempo y el porcentaje de postura que mostraron las aves.

## Calidad del huevo

Para determinar la calidad del huevo se midieron estos parámetros: peso del huevo, grosor de la cáscara y color de la yema. El peso del huevo se estableció con una balanza digital con precisión de  $\pm 0,1$  gramos. El grosor de la cáscara se calculó mediante un tornillo micrométrico de exteriores Mitutoyo de 0 a 25 mm, con lectura de 0,01 milímetros y exactitud de 0,002 milímetros. El color de la yema se calculó mediante la escala DSM, utilizando un abanico de La Roche; para ello, se partió cada huevo en una caja de Petri dispuesta en una mesa de color blanco y con excelente iluminación natural (no directa). La evaluación fue realizada por el mismo investigador con el fin de evitar el efecto individual.

## Diseño experimental

La información fue recolectada en hojas de cálculo Excel para su depuración y organización. Para los siguientes parámetros productivos: consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y huevos rotos se usó un diseño completamente aleatorizado con submuestreo, teniendo como unidad experimental el compartimento de 10 aves para un total de seis réplicas por tratamiento, y se submuestrearon ocho aves por réplica. El modelo matemático usado se presenta a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{j(i)} + \eta_{k(ij)}$$

y

$\mu$   $\tau$   $\varepsilon$   $\eta$

=+++

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{j(i)} + \eta_{k(ij)}$$

Donde

$Y_{ijk}$  = variable respuesta

$\mu$  = media general

$\tau_i$  = efecto de los carotenoides extraídos del nabo forrajero

$\varepsilon_{j(i)}$  = error asociado a las unidades experimentales

$\eta_{k(ij)}$  = error asociado al submuestreo

Para el caso de todas las variables de calidad del huevo (peso del huevo, grosor de la cáscara y color de la yema) se usó el mismo diseño, con la diferencia que se muestrearon 15 huevos en vez de aves por réplica. Al final, la postura se evaluó mediante el gráfico de tendencias.

Todos los análisis se estudiaron a un nivel de confianza del 95 % y las diferencias fueron determinadas con la prueba de Tukey. Los análisis se realizaron en el programa estadístico R (18) con el paquete Agricolé 1,3-5 (19).

## RESULTADOS

### Parámetros productivos

Consumo de alimento: los resultados mostraron que la variable difirió entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ) con un mayor consumo para el testigo en comparación con los demás (véase tabla 2).

Ganancia de peso de las aves: se encontraron diferencias significativas en la variable ( $p < 0,05$ ). Al observar la tabla 2 se concluye que el tratamiento T3 (semillas) mostró menor ganancia de peso comparado con los otros tratamientos, mientras que los tratamientos T1 y T2 tuvieron una ganancia de peso menor al tratamiento testigo.

Conversión alimenticia: la conversión alimenticia fue diferente entre tratamientos ( $p < 0,05$ ). Se observaron conversiones más altas para el tratamiento T3, seguidas

por el tratamiento T1 y T2, en comparación con el tratamiento testigo (véase tabla 2).

Mortalidad: los resultados para la mortalidad indican que la adición de carotenoides no tuvo un efecto sobre este parámetro (véase tabla 2). Se observaron dos muertes durante el tiempo de pre-ensayo, donde las aves tenían un régimen alimenticio igual. Sus posibles causas están en el estrés producido por el transporte de las aves y el cambio en el régimen alimenticio y de manejo.

Porcentaje de huevos rotos: no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ( $p > 0,05$ , tabla 2). El número de huevos rotos estuvo entre el 5 % y el 8 %.

Porcentaje de postura: los resultados muestran un inicio más temprano del pico de producción de las aves en los tratamientos T0 y T2, que difiere poco a través de las siete semanas con un mínimo incremento del porcentaje de postura (véase figura 1). Además, los tratamientos T1 y T3 indican un menor porcentaje de postura en la semana cinco, que se incrementa de manera significativa con la semana seis manteniéndose hasta la semana siete.

### Parámetros de la calidad del huevo

Peso del huevo (g): los resultados para la variable mostraron que no existen diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ). Esto demuestra que la adición del pigmento no tiene efecto sobre la variable (véase tabla 3).

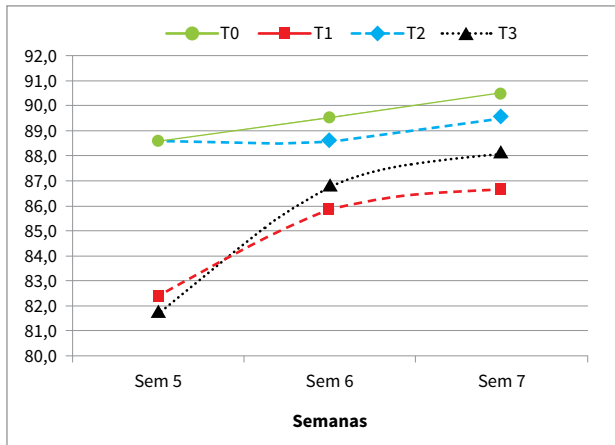
Tabla 2. Valores obtenidos en los parámetros productivos

| Tratamiento                  | Testigo (T0) | Hojas (T1) | Flores (T2) | Semillas (T3) | EEM   | P-value |
|------------------------------|--------------|------------|-------------|---------------|-------|---------|
| Consumo de alimento (g/d)    | 27,7 a       | 25,2 b     | 26,1 b      | 25,4 b        | 0,139 | 0,032   |
| Ganancia peso (ave/g/semana) | 13,43 a      | 8,57b      | 8,23b       | 5,86c         | 0,411 | 0,002   |
| Conversión alimenticia       | 2,33 c       | 2,78 b     | 2,764 b     | 2,99 a        | 0,011 | 0,003   |
| Mortalidad (%)               | 0            | 0          | 0           | 0             | Na    | Na      |
| Huevos rotos (%)             | 8,0 a        | 4,9 a      | 6,9 a       | 6,8 a         | 0,997 | 0,525   |

\*Las letras a, b y c indican las diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ). Na: no aplica.

Fuente: elaboración propia.

Figura 1. Curva de postura en las tres semanas de evaluación



Fuente: elaboración propia.

Grosor de la cáscara (mm): no se observó diferencia entre los tratamientos ( $p>0,05$ , véase tabla 3), lo que demuestra que el parámetro no fue afectado por la adición de carotenoides de nabo en la ración de las codornices.

Color de la yema: se encontraron diferencias estadísticas ( $p<0,05$ ). Hubo mayor color para el tratamiento T3 en comparación con los demás tratamientos. De igual manera, los tratamientos T1 y T2 mostraron una puntuación mayor al testigo (véase tabla 3).

## Discusión

En cuanto a la ganancia de peso, los resultados para consumo hallados por Ibrahim et al. (20) fueron de 26, 14 y 27,54 g/animal/día en dietas con adición de semillas de canola, que al compararse con los resultados de la presente investigación son similares solo con el

tratamiento testigo, siendo menores los consumos en las aves que se sometieron a la inclusión del pigmento de nabo forrajero. De acuerdo con lo anterior, la adición de carotenoides extraídos de nabo disminuye el consumo de alimento balanceado. Este comportamiento puede ser consecuencia de la palatabilidad del caroteno, ya que el tratamiento testigo tuvo un consumo similar a lo reportado por la literatura. Al respecto, Samant et al. (21) mencionan que el consumo de alimento está muy relacionado con su sabor, olor y textura, lo que estaría indicando que existe un componente en el pigmento que afecta su palatabilidad.

En cuanto a la ganancia de peso, los resultados de Herve et al. (22) muestran ganancia de peso de 14 g/semana, valor mayor al observado en esta investigación. Sin embargo, los resultados definen que los tratamientos T1 y T2 fueron menos afectados en comparación con el tratamiento T3. No se encontró una posible explicación a este fenómeno, dado que el método de extracción de los carotenoides fue similar para todos los tratamientos. Sin embargo, cabe resaltar que la inclusión del pigmento, al afectar el consumo de alimento, muestra un efecto desfavorable en la ganancia de peso de las aves, lo que podría indicar que la inclusión de los carotenoides en el alimento balanceado no fue la más adecuada y se debería revisar la posibilidad de incorporar el pigmento durante la formulación del alimento balanceado.

Para la conversión alimenticia, los promedios del parámetro para cada tratamiento fueron mejores a los reportados por Herve et al. (22) y similares a los conseguidos por Ibrahim et al. Sin embargo, las diferencias entre los tratamientos indican que el tratamiento T3 fue afectado

Tabla 3. Parámetros de la calidad del huevo

| Tratamiento               | Testigo (T0) | Hojas (T1) | Flores (T2) | Semillas (T3) | EEM   | P-value |
|---------------------------|--------------|------------|-------------|---------------|-------|---------|
| Peso del huevo (g)        | 11,5 a       | 11,31 a    | 11,08 a     | 11,57 a       | 0,07  | 0,456   |
| Grosor de la cáscara (mm) | 0,178 a      | 0,174a     | 0,179a      | 0,183 a       | 0,007 | 0,331   |
| Color de la yema          | 9,17 c       | 10,67 b    | 10,5 b      | 12,13 a       | 0,006 | 0,006   |

\*Las letras a, b y c indican diferencias estadísticas significativas ( $p<0,05$ ).

Fuente: elaboración propia.



por la inclusión de carotenoides provenientes de la semilla del nabo. La conversión alimenticia es un indicador del uso eficiente del alimento para la obtención del producto final, factor que explica una mejor conversión alimenticia en el tratamiento testigo, dado que se evidencia una mayor producción de huevo, con una adecuado consumo de alimento por parte de las codornices en este tratamiento (23).

Loyaga-Cortéz et al. (24) encontraron conversiones de 2,41 a 2,79 en codornices de postura alimentadas con aceite de orégano. De igual manera, el estudio de Marchán-Timorán y Vergara-Rubín (25) reporta conversiones de 3 a 3,2 en aves suplementadas con un subproducto de la producción avícola. Esta información muestra que la adición de carotenoides de nabo forrajero tuvo conversiones similares a lo reportado por la literatura.

La codorniz es un ave rústica que permite un manejo más fácil que otras especies avícolas, por lo que los parámetros productivos no se afectan de manera tan drástica con problemas ambientales y nutricionales leves y poco prolongadas. Estas aves se caracterizan por compensar sus deficiencias con sus reservas, aunque por poco tiempo, dado que cuando estas se terminan deben recurrir a la alimentación externa para no presentar problemas metabólicos (26), lo que puede explicar los resultados de conversión alimenticia obtenidos con el nabo forrajero, ya que están dentro de los parámetros de las aves comerciales.

En cuanto a la mortalidad, los reportes para la cría comercial indican que, durante la postura, se espera un máximo de 4 % de mortalidad; esto muestra que el parámetro encontrado está dentro de las recomendaciones. El estudio realizado por Núñez-Torres et al. (27) evidencia mortalidades entre 0,28 a 3,51 en codornices alimentadas con un suplemento de jengibre, lo que establece que los resultados obtenidos en esta investigación son mejores, aunque se debe entender que la evaluación se realizó por tres semanas, a diferencia del estudio que se hizo durante toda la fase reproductiva de las aves.

Para el caso de los huevos rotos, se encontraron valores altos en comparación con los detallados por Rosario y Nieves (28). Este parámetro es un indicativo de la calidad de la cáscara, el manejo y el tipo de instalación en los sistemas de producción (29). Como se mencionó anteriormente, los valores identificados en los tratamientos son mayores a los reportes de la literatura; sin embargo, la mayoría de los estudios ofrecen información sobre toda la etapa de postura de las aves, por lo que la comparación no es del todo adecuada, ya que solo se evaluaron tres semanas. No obstante, se debe resaltar que en el tiempo de evaluación este factor es relevante, indicando que hubo problemas con el manejo de los huevos, y se descartan los problemas por la adición de carotenoides, ya que el tratamiento testigo tuvo un número mayor de huevos rotos.

Para el porcentaje de postura, los resultados son similares a los observados por Lukanov et al. (30), quienes tuvieron posturas entre 75 y 85 % durante la quinta semana. Sin embargo, los mismos autores establecen que esta estuvo alrededor del 90 % en la sexta semana, que es coherente con los resultados obtenidos solo en los tratamientos T0 y T2, mientras que fue menor para los otros tratamientos, indicando una disminución del parámetro. Todo ello se puede comprender dado que el consumo de alimento fue menor en estos dos últimos tratamientos, con problemas de bajo peso en las aves para el tratamiento T3. Al respecto, los estudios realizados en codornices demuestran que problemas nutricionales en los animales traen como consecuencia la pérdida de productividad, que para el caso de la producción del huevo se relaciona con menor porcentaje de postura y bajo peso del huevo (31, 32).

En cuanto al peso del huevo, Chimezie et al. (33) encontraron un promedio de 9,95, 10,53 y 9,82 en codornices de plumaje negro, café y blanco; valores menores a los observados. Sin embargo, se debe establecer que las condiciones de manejo difieren, dado que las variables fueron medidas en trópico bajo, con un incremento de la temperatura, factor que puede afectar la calidad del huevo de codorniz si no se tiene el manejo adecuado.

De igual manera, los resultados observados por Furtado et al. (34) mostraron pesos de 12,96 a 13,17 gramos en codornices bajo tres niveles de iluminación (blanca, azul y roja), y el estudio de Purwanti y Nahariah (35) encontró pesos de 10,58 a 10,79 gramos en aves alimentadas con una dieta suplementada con larvas de mosca. Como se puede observar, la variabilidad de los pesos en los huevos hallada en esta investigación no difiere de manera considerable con los reportes de la literatura, lo que indica que la adición de carotenoides de nabo no afecta este parámetro productivo.

De igual manera, el grosor de la cáscara es importante para proteger el huevo de la deshidratación, la contaminación microbiana y los impactos mecánicos que lo puedan afectar (36).

En diferentes estudios se han encontrado grosores de cáscara promedios de 0,22 milímetros a 0,23 milímetros (37), hasta valores de 0,18 a 0,19 milímetros (38), lo que demuestra valores más bajos para esta investigación. De igual manera, el estudio realizado por Oliveira et al. (39) encontró grosores de 0,18 a 0,20 milímetros en huevos de codornices suplementadas con extractos de guayaba como antioxidante, y se observó una reducción en el grosor de la cáscara como consecuencia de un incremento del extracto en la ración. Este fenómeno no fue evidenciado en la presente investigación dado que no se notaron diferencias entre los tratamientos con adición de carotenoides y el testigo, ya que estos últimos son considerados antioxidantes.

En cuanto a la pigmentación del huevo, los resultados demuestran que la semilla tiene mayor influencia sobre la coloración de la yema de huevo. Al respecto, Díaz-Gómez et al. (9) indican que la pigmentación de la yema depende de la alimentación, dado que los carotenoides necesarios para este proceso deben ser consumidos por los animales, pues estos no pueden sintetizarlos. De igual manera, se observó que la pigmentación de los huevos de codorniz fue mejorada con los pigmentos extraídos de hojas y flores, aunque con menor efectividad que el ofrecido por las semillas.

El color más pálido observado en el tratamiento testigo indica que el alimento balanceado ofrecido a las aves no suministra el suficiente contenido de carotenoides para mejorar la calidad visual de los huevos, por lo que la adición de estos en la ración permite incrementar la intensidad del color de la yema. Sin embargo, los parámetros productivos se ven afectados por el pigmento proveniente del nabo forrajero, con mayores dificultades cuando se extrae de la semilla, lo que disminuye su viabilidad como alimento a pesar de mostrar una mejora en la coloración de la yema de huevo.

La mayor pigmentación del tratamiento T3 (semillas) puede explicarse por el mayor contenido de ácidos grasos presentes en este producto. Se ha encontrado que los carotenoides, al ser pigmentos grasos, mejoran su digestibilidad en presencia de otras sustancias saponificadas que les permiten generar compuestos de fácil absorción por el intestino de los animales. Esto pudo afectar la absorción del pigmento por parte del animal, lo que llevó a una mejora en la reserva de este compuesto en el ave y su posterior uso como colorante de la yema de huevo.

## CONCLUSIONES

Se encontró un aumento en la coloración de la yema de huevo con el uso de carotenoides extraídos de las hojas, flores y semillas del nabo forrajero (*Brassica rapa L.*), aunque se observó un mejor resultado con el proveniente de la semilla. Sin embargo, la adición de los carotenoides de nabo afectó los parámetros consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia, por lo que se debe seguir evaluando esta materia prima.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigación e Interacción Social (VIIS) de la Universidad de Nariño por el apoyo recibido en la ejecución y financiación de la presente investigación.



## REFERENCIAS

1. Batool F, Bilal R, Hassan F, Nasir T, Rafeeqe M, Elnesr S. An updated review on behavior of domestic quail with reference to the negative effect of heat stress. *Anim Biotechnol.* 2021;6:1-14. <https://doi.org/10.1080/10495398.2021.1951281>
2. Castillo-Valenzuela JC. Proceso de formación sobre parámetros productivos de codorniz japonesa (*coturnix coturnix japonica*) en etapa de postura orientada a los pequeños productores del municipio de Mitu-Vaupés [Internet]. Universidad de los Llanos; 2019. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/287325852.pdf>
3. Zuluaga J. MinAgricultura busca impulsar la producción y el consumo de huevo de codorniz. [Internet]. 2018. Disponible en: <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/MinAgricultura-busca-impulsar-la-produccion-y-el-consumo-de-huevos-de-codorniz.aspx#:~:text=Adem%C3%A1s%2C%20estudios%20sobre%20la%20demanda,el%20censo%20en%20este%20sector>
4. Curry J, Kim WY, Mendonça MT, Navara KJ. Dietary fat supplements influence weight gain and egg production, but not offspring sex ratios in Japanese quail, *Coturnix coturnix japonica*. *Journal of Avian Biology.* 2023;(5-6):e03081. <https://doi.org/10.1111/jav.03081>
5. Shevchenko L, Yaremchuk O, Gusak S, Myhalska V, Poliakovskiy V. Effect of chelating form of microelements and  $\beta$ -carotene on morphological and chemical composition of quail eggs. *Ukr J Ecol.* 2017;7(2):5-8.
6. Moreno J, Díaz-Gómez J, Fuentes-Font L, Angulo E, Gosálvez L, Sandmann G. Poultry diets containing (keto) carotenoid-enriched maize improve egg yolk color and maintain quality. *Anim Feed Sci Technol.* 2020;260:114334. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114334>
7. Nabi F, Arain M, Rajput N, Alagawany M, Soomro J, Umer M. Health benefits of carotenoids and potential application in poultry industry: A review. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl).* 2020;104(6):1809-18. <https://doi.org/10.1111/jpn.13375>
8. Rodríguez-Rodríguez E, Aránzazu A, Bermejo López L, Ortega R, López-Sobaler A. Implicación de los componentes antioxidantes del huevo en la protección macular y la mejora de la visión. *Nutr Hosp.* 2021;38(2):9-12. <http://dx.doi.org/10.20960/nh.03789>
9. Díaz-Gómez J, Moreno J, Angulo E, Sandmann G, Zhu C, Capell T. Provitamin A carotenoids from an engineered high-carotenoid maize are bioavailable and zeaxanthin does not compromise  $\beta$ -carotene absorption in poultry. *Transgenic Res.* 2017;26(5):591-601. <https://doi.org/10.1007/s11248-017-0029-y>
10. Islam K, Khalil M, Männer K, Raila J, Rawel H, Zentek J. Lutein specific relationships among some spectrophotometric and colorimetric parameters of chicken egg yolk. *J Poult Sci.* 2017;54(4):271-7. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0160065>
11. Surai P, Kochish I. Carotenoids in aviculture. En: *Pigments from microalgae handbook*. 2020. p. 515-40. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-50971-2\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-030-50971-2_20)
12. He Z, Chen X, Shi X, Li X, Li C, Li J. Acetic acid, vinegar, and citric acid as washing materials for cuticle removal to improve hatching performance of quail eggs. *Poult Sci.* 2020;99(8):3865-76. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.04.018>
13. Langi P, Kiokias S, Varzakas T, Proestos C. Carotenoids: From plants to food and feed industries. *Microb carotenoids.* 2018;1852:57-71. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8742-9\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8742-9_3)
14. IDEAM. Atlas climatológico de Colombia [Internet]. Ideam. 2021. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima>
15. Cornejo D. Extracción, identificación, cuantificación y determinación de la actividad antioxidante de los carotenoides presentes en las *Àores de Senna multiglandulosa* a través de cuatro métodos de extracción [tesis de pregrado]. Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército; 2011.
16. Solla. Las codornices. [Internet]. 2018. Disponible en: <https://www.solla.com/sites/default/files/productos/secciones/adjuntos/manual-codornices-solla-2018.pdf>
17. Breithaupt DE. Modern application of xanthophylls in animal feeding – a review. *Trends in Food Science & Technology.* 2007;18(10):501-6. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.04.009>
18. Team RC. R: A language and environment for statistical computing [Internet]. 2021. Disponible en: <https://www.r-project.org/>

19. De Mendiburu F. Statistical procedures for agricultural research [Internet]. 2014. p. 155.
20. Ibrahim N, Sabc E, Abu-Taleb A, Abdel-Moneim A. Effect of dietary supplementation of full-fat canola seeds on productive performance, blood metabolites and antioxidant status of laying Japanese quails. *Brazilian J Poult Sci.* 2020;22(1). <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2019-1175>
21. Samant S, Crandall P, Jarma Arroyo S, Seo H. Dry pet food flavor enhancers and their impact on palatability: A review. *Foods.* 2021;10(11):2599. <https://doi.org/10.3390/foods10112599>
22. Herve T, Raphaël K, Ferdinand N, Victor-Herman N, Willy Marvel N, Cyril D'Alex T. Effects of ginger (*Zingiber officinale*, Roscoe) essential oil on growth and laying performances, serum metabolites, and egg yolk antioxidant and cholesterol status in laying Japanese quail. *J Vet Med.* 2019;1-8. <https://doi.org/10.1155/2019/7857504>
23. Tanpong S, Cherdthong A, Tengjaroenkul B, Reungsang A, Sutthibak N, Wongtangintharn S. A study on citric acid by-product as an energy source for japanese quail. *Trop Anim Health Prod.* 2021;53(5):1-14. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02920-y>
24. Loyaga-Cortéz B, Mendoza Ordoñez G, Ybañez-Julca R, Asunción-Álvarez D. La suplementación de aceite esencial de orégano en la dieta reduce el estrés oxidativo en la yema de huevo y mejora los parámetros productivos de la codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*). *Rev Investig Vet del Perú.* 2020;31(3):e16637.
25. Marchán Timorán A, Vergara Rubín V. Evaluación de un concentrado proteico de subproductos de camal avícola en dietas de postura sobre el comportamiento productivo de la codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*). *Rev Investig Vet del Perú.* 2020;31(2):e17833. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i2.17833>
26. Banerjee S, Chaturvedi C. Neuroendocrine mechanism of food intake and energy regulation in japanese quail under differential simulated photoperiodic conditions: involvement of hypothalamic neuropeptides, AMPK, insulin and adiponectin receptors. *J Photochem Photobiol B Biol.* 2018;185:10-23. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2018.05.020>
27. Núñez-Torres O, Delgado-Álvarez V, Almeida-Secará R, Cruz Quintana S. Ginger supplementation in quail as a nutritional alternative in egg production and quality. *J Selva Andin Anim Sci.* 2021;8(2):90-101. <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2021.080200090>
28. Rosario J, Nieves D. Producción y calidad de huevos de codornices alimentadas con dietas con harina de residuos aserrados de carnicerías. *Rev Científica, FCV-LUZ* [Internet]. 2015;XXV(2):139-44. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95935857008>
29. Rodríguez V, Humberto J, Bravo H, Adolfo G. Efecto de diferentes niveles de suministro de carbonato de calcio sobre el peso y grosor de la cáscara del huevo. *Rev Colomb Cienc Anim recia.* 2019;11(2):11-8. <https://doi.org/10.24188/recia.v11.n2.2019.719>
30. Lukanov H, Genchev A, Kolev P. Comparative investigation of egg production in WG, GG and GL Japanese quail populations. *Trakia J Sci.* 2018;16(4):334-43. <https://doi.org/10.15547/tjs.2018.04.011>
31. Ayuni Y, Wiryawan K. The effects of graded levels of fermented duckweed in quail diets on egg production and yolk cholesterol. En: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2019. p. 012112. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/387/1/012112>
32. Bai J, Yang S, Pang Y, Wu X, Li G. Comparative analysis of egg quality and egg laying capacity of different quails. *Pak J Zool.* 2019;51(5):1663-6. <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2019.51.5.1663.1666>
33. Chimezie V, Fayeye T, Ayorinde K, Adebunmi A. Phenotypic correlations between egg weight and some egg quality traits in three varieties of japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Agrosearch.* 2017;17(1):44-53. <https://doi.org/10.4314/agrosh.v17i1.4>
34. Furtado D, Braz J, do Nascimento J, Lopes J, Oliveira D. Production and quality of japanese quail eggs submitted to environments with different light spectrums. *Eng Agrícola.* 2018;38(4):504-9. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v38n4p504-509/2018>
35. Purwanti S, Nahariah N. Substitution of fish meal with black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) meal to eggs production and physical quality of quail (*Coturnix coturnix japonica*) eggs. En: *Earth and Environmental Science.* 2020. p. 012014. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/492/1/012014>

36. Chen X, Li X, Guo Y, Li W, Song J, Xu G. Impact of cuticle quality and eggshell thickness on egg antibacterial efficiency. *Poult Sci*. 2019;98(2):940-8. <https://doi.org/10.3382/ps/pey369>
37. Toro Molina BM, Cepeda Cabrera MM, Marcheco Chacón E, Tayupanta Sambache E, Freire Martínez MN, Pacheco Bastidas H. Effect of the use of *Cajanus cajan* (pigeon pea) meal on productive indicators of quails. *Cuba J Agric Sci [Internet]*. 2020;54(2). Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2079-34802020000200209](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802020000200209)
38. Robayo L, Nery V, Novoa D. Evaluación de la calidad del huevo de codornices (*Coturnix coturnix japonica*) utilizando algunos alimentos energéticos. *Rev Sist Prod Agroecol*. 2014;5(2):30-43. <https://doi.org/10.22579/22484817.653>
39. Oliveira H, Mello H, Leandro N, Mascarenhas A, Conceição E, Arnhold E. Lipid stability of egg and laying performance of japanese quail feed with extract of guava (*Psidium guajava* L.). *An Acad Bras Cienc*. 2021;93(4):e20191424. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120191424>