

BIOTECNOLOGÍA EN EL SECTOR AGROPECUARIO Y AGROINDUSTRIAL

Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias · Universidad del Cauca

PUBLICACIÓN ANTICIPADA EN LÍNEA

El Comité Editorial de Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial informa que este manuscrito ha cumplido los requisitos editoriales y científicos y ha sido aprobado para publicación, con base en los conceptos emitidos por los pares evaluadores. Se publica anticipadamente, en versión pdf, de manera provisional, con base en la última versión electrónica del manuscrito y sin haber sido sometido a los procesos de edición, diagramación y corrección de estilo.

La versión anticipada de este manuscrito puede ser descargada, usada y citada, aclarando que la versión definitiva que se va a encontrar en la plataforma de la revista, puede diferir de ésta e aspectos de forma.

Efecto de suplementación con forrajes verdes sobre parámetros productivos y calidad de huevo en gallinas*

Effect of supplementation with green forages on productive parameters and egg quality in hens

RODRÍGUEZ-MOLANO, CARLOS EDUARDO¹; NIÑO-MONROY, LAURA ESTEFANÍA²; GARCÍA-GÓMEZ, HUGO ARMANDO³

RESUMEN

En Colombia, la producción avícola es una fuente importante de alimento aportando proteína de origen animal de buena calidad como huevos y carne, sin embargo, al presentarse altos costos en los concentrados se ha generado la necesidad de búsqueda de alternativas de alimentación. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del consumo de forrajes verdes de Alfalfa (*Medicago sativa*), Morera (*Morus alba*) y Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en parámetros productivos y calidad de huevo. Se establecieron cuatro tratamientos con una alimentación base de concentrado balanceado comercial y agua a voluntad; T1: suplementación con Alfalfa, T2: con Morera, T3: Botón de oro y T4: grupo control. Los parámetros evaluados fueron peso, porcentaje de postura, consumo de alimento, peso del huevo, pigmentación y peso de la yema,

* Proyecto de investigación de origen: "Determinación de parámetros productivos y calidad de huevo de gallinas ponedoras suplementadas con Morera, Botón de oro y Alfalfa". Financiación: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Culminación: diciembre del 2020.

¹ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo de investigación en Bioquímica y Nutrición Animal (GIBNA). Ph.D©. en Ciencias Biológicas y Ambientales. Tunja, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-0862-3478>

² Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo de investigación en Bioquímica y Nutrición Animal (GIBNA). Médico Veterinario Zootecnista. Tunja, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-4056-5351>

³ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo de investigación en Bioquímica y Nutrición Animal (GIBNA). Ms©. en Ciencias Veterinarias. Tunja, Colombia.

Correspondencia: carlos.rodriquez@uptc.edu.co

Cómo citar este artículo

RODRÍGUEZ-MOLANO, CARLOS EDUARDO; NIÑO-MONROY, LAURA ESTEFANÍA; GARCÍA-GÓMEZ, HUGO ARMANDO. Efecto de suplementación con forrajes verdes sobre parámetros productivos y calidad de huevo en gallinas. Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, v. 21, n. 1, 2023, p. xx-xx. Doi:

Historial del artículo

Recibido para evaluación: 23 de Abril 2021

Aprobado para publicación: 4 de Septiembre 2022

peso y densidad de la albumina, peso y espesor de la cascara y las unidades Haugh. Las aves del T2, mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en el peso corporal en el primer intervalo de estudio y en la pigmentación de la yema en los tres intervalos con valores levemente superiores. La suplementación con morera mejora significativamente la pigmentación de la yema sin afectar negativamente los parámetros productivos.

PALABRAS CLAVE: Alternativa nutricional; Avicultura; Forraje; Gallinas de postura; Huevo; Nutrición animal; Producción; Sostenibilidad; Suplementación animal; Variables productivas.

ABSTRACT

In Colombia, poultry production is an important source of food, providing protein of good quality animal origin such as eggs and meat; however, due to the high costs of concentrates, the need to search for food alternatives has been generated. The objective of this work was to determine the effect of the consumption of green forages of Alfalfa (*Medicago sativa*), Mulberry (*Morus alba*) and Buttercup (*Tithonia diversifolia*) in productive parameters and egg quality. Four treatments were established with a base feed of commercial balanced concentrate and water ad libitum; T1: supplementation with Alfalfa, T2: with Mulberry, T3: Buttercup and T4: control group. The parameters evaluated were weight, percentage of laying, feed consumption, egg weight, pigmentation and weight of the yolk, weight and density of albumin, weight and thickness of the shell and Haugh units. The T2 birds showed statistically significant differences ($p < 0,05$) in body weight in the first study interval and in yolk pigmentation in the three intervals with slightly higher values. Mulberry supplementation significantly improves bud pigmentation without negatively affecting productive parameters.

KEYWORDS: Nutritional alternative; Poultry farming; Forage; Laying hens; Egg; Animal nutrition; Production; Sustainability; Animal supplementation; Productive variables.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, la producción avícola ha presentado un crecimiento exponencial en los últimos años, proporcionando una fuente importante de alimento y sustento aportando proteína de origen animal de buena calidad con el fin de suplir las exigencias nutricionales del país. El sector avícola para el año 2016 creció en un 4,9 % indicando un consumo per cápita de 252 huevos anuales, lo cual lo posiciona como uno de los sectores más dinámicos de la actividad agropecuaria (Federación Nacional de Avicultores, FENAVI, 2016). Por esta razón, la producción avícola es un renglón de la economía que tiende al aumento productivo a pequeña y gran escala observándose en este una gran oportunidad económica, no obstante, se debe competir en el mercado entregando un producto de alta calidad y con costos de producción menores.

El crecimiento en los costos de producción relacionados con el aumento en los precios de los concentrados, escasez de alimentos e inestabilidad de precios, han creado la necesidad de buscar fuentes alternativas de alimentación (Grela *et al.*, 2020) que mejoren las condiciones económicas del sector, por lo cual los recursos alimenticios no convencionales son una opción viable ya que son más económicos, están disponibles en todo el mundo y su uso disminuye el potencial de contaminación ambiental (Selim and Hussein, 2020). Al conocer que la alimentación es el factor más importante y limitante económicamente y productivamente hablando que puede ser el 70 % de los costos de producción a nivel mundial, muchos productores de huevo de gallina de manera informal han ajustado las dietas de sus aves de

manera empírica con la implementación de materiales de la región con el fin de reducir costos (Berrío and Cardona, 2001).

La búsqueda de alternativas locales de alimentación ha generado gran interés en la utilización de forrajes verdes que se encuentren establecidos (Martín *et al.*, 2014), como es el caso de la alfalfa (*Medicago sativa* L) que es una planta reconocida por su capacidad de adaptación, alta producción de biomasa y por ser una fuente económica e importante de proteína de alta calidad y digestibilidad (Luna *et al.*, 2018). Por otra parte, se plantea la utilización de materias primas no convencionales como la morera (*Morus alba*) que, por su adaptación al medio tropical y el buen perfil nutricional, puede contrarrestar los costos de producción; otra especie ampliamente estudiada es *Tithonia diversifolia*, localizada en áreas tropicales y subtropicales, crece de forma rápida y bajo condiciones desfavorables y es implementada como fuente de alimento en silvopastoreo de ganado bovino o forraje de corte en la alimentación de aves y rumiantes, por sus altos niveles de proteína y nutrientes (Carranco-Jáuregui *et al.*, 2020); en la alimentación de aves se ha destacado por su potencial en la pigmentación de la yema, obteniendo mejores resultados. Es conocido que el color de la yema del huevo es importante para los consumidores, debido a que estos prefieren pigmentaciones entre medias y altas en el abanico colorimétrico (Juárez-Morales *et al.*, 2020) al considerarlos de mejor calidad.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del consumo de forrajes verdes de Alfalfa (*Medicago sativa*), Morera (*Morus alba*) y Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en parámetros productivos y calidad de huevo de gallinas ponedoras.

MÉTODO

Localización del estudio

El estudio se desarrolló en el departamento de Boyacá en el municipio de Cómbita, a una altitud de 2811 m.s.n.m, y se localizó a 5 °38 '8 " de latitud Norte, y a 73 °19 '26 " Oeste, con temperatura promedio de 13 °C, humedad relativa de 71 % y precipitación promedio de 1087,2 mm³.

Población y Muestra

Las aves utilizadas durante el estudio fueron pollas de la línea genética Babcock Brown (n=200), las cuales fueron adquiridas con 14 semanas de edad de una granja local. Las aves tuvieron un periodo de acostumbramiento de 4 semanas, consumiendo concentrado comercial según su etapa productiva, una vez culminada esta etapa fueron seleccionadas las aves que se encontraban dentro del peso promedio para la edad según el manual de la línea ,y distribuidas aleatoriamente en cuatro grupos cada uno con 50 individuos, estas fueron alimentadas dos veces al día de manera manual con concentrado comercial y agua a voluntad y tres grupos fueron suplementados con forraje fresco: T1: suplementación con Alfalfa (*Medicago sativa*); T2: suplementación con Morera (*Morus alba*), T3: suplementación con Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y T4: grupo control. La iluminación se dio en forma natural de 15-17 horas diarias.

Material Vegetal

El material vegetal fue recolectado de cultivos establecidos previamente en el municipio de Cómbita. Se recolectó de forma manual tomando hojas tiernas de 70 días de rebrote aproximadamente de cada especie; el material cosechado se trasladó al invernadero para efectuar el proceso de secado por un tiempo de 5 días para realizar el análisis composicional.

Los análisis bromatológicos de las especies vegetales seleccionadas se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, mediante las siguientes técnicas analíticas: la materia seca (% MS) se determinó por medio de los métodos establecidos por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000) en una estufa de secado marca Memmert®, en donde las muestras fueron dejadas a 60 °C durante 48 horas; el contenido de Humedad (% H) por diferencia de peso, la proteína cruda (% P) por el método de Kjeldahl (AOAC, 1984), las cenizas (Cen %) por el método de incineración a 550 °C en una mufla Thermolyne®; fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) por el método de Van Soest *et al.*, (1991) y extracto etéreo (% E.E.) por el método Soxhlet.

Parámetros productivos

El consumo de alimento (g) se registró diariamente y calculó como gramos de desaparición de alimento dividido por el número de días de aves, ajustado por mortalidad (Alagawany *et al.*, 2015); semanalmente se pesaron las aves (g) en horas de la mañana y en ayunas por medio de una balanza de precisión tipo Salter® de 1 g (Gaviria *et al.*, 2020), en tanto que el porcentaje de postura se determinó mediante la cantidad de huevos producidos por día y el % de mortalidad se evaluó diariamente.

Parámetros de calidad de huevo

En los parámetros de calidad de huevo se evaluaron el peso huevo (g), peso de la yema (g), peso de la albumina (g), densidad de la albúmina (mm), peso de la cáscara (g), espesor de la cáscara (mm) y las unidades Haugh.

Una vez por semana se seleccionaron siete huevos por tratamiento para realizar el examen de calidad que consistió en pesar el huevo individualmente (g) con una balanza electrónica de precisión marca Ohaus® (Estados Unidos) de 0,001 g (Kaki *et al.*, 2020), seguido de separar la yema y la albúmina con el fin de pesarlas por separado, de acuerdo a la metodología descrita por Vela *et al.* (2020); la pigmentación de la yema se midió directamente sobre esta por medio del abanico colorimétrico DSM® (DSM, YolkFan) (Cadillo *et al.*, 2019); las cáscaras fueron marcadas según la información del tratamiento y fueron sometidas a un proceso de secado por 48 horas a temperatura ambiente (Suárez *et al.*, 2016), al transcurrir este tiempo, se procedió a pesarlos; el espesor de la cáscara (mm) se midió por medio de un micrómetro digital Mitotuyo® con precisión de ± 0,01 mm, con la membrana intacta tomando dos medidas sobre el ecuador y una sobre la cámara de aire de cada huevo, siguiendo la metodología descrita por Jahanian and Rasouli (2014). Por último, se determinó las Unidades Haugh (UH) con la siguiente expresión (ecuación 1) (Da Silva *et al.*, 2018):

$$UH = 100 \times \text{Log} [H + 7,57 - (1,7 \times P \ 0,37)] \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

H = altura del albumen, P = peso del huevo

Diseño experimental

Se empleó un diseño completamente aleatorizado. Los datos fueron sometidos a los supuestos de normalidad a través del estadístico de Shapiro-Wilk y homogeneidad por prueba de Levene. Se utilizó la prueba de comparación de promedios de Tukey con un nivel de significancia del 5 %. El paquete estadístico usado fue SPSS versión 23.

RESULTADOS

Calidad nutricional de los alimentos

La composición proximal de Morera (*Morus alba*), Botón de oro (*Tithonia diversifolia*), Alfalfa (*Medicago sativa* L.) y el concentrado balanceado comercial se informa en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Composición química de Morera, Botón de oro, Alfalfa y concentrado comercial.

Parámetro	Morera (<i>Morus alba</i>) (%)	Alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) (%)	Botón de oro (<i>Tithonia diversifolia</i>) (%)	Concentrado comercial ® (%)
Materia Seca	18,35	20,3	21,1	87
Humedad	81,65	79,7	78,9	13,0
Proteína Cruda	16,56	22,4	23,3	18,0
Extracto Etéreo	2,8	2,3	2,26	-
FDN	33,9	38,1	35,3	-
FDA	23,9	26,5	24,4	-
Cenizas	9,6	9,2	11,8	15,0

Los valores de la proteína cruda obtenidos en la Morera fueron superiores a los reportados por otros autores, quienes obtuvieron valores promedio de 15,3 % (Yirga *et al.*, 2017) y 14,62 % (Fonseca *et al.*, 2019), sin embargo, estos resultados se encuentran dentro el rango común que oscila entre 15 y 29,8 % (Fonseca and Rodríguez, 2019; Zeng *et al.*, 2019; Chundang *et al.*, 2020;). El FDN y FDA fueron inferiores en relación a Yirga *et al.* (2019) y Fonseca *et al.* (2019) quienes obtuvieron valores de 36,7 y 28,9 % y 37,8 y 29,4 % respectivamente. El contenido levemente bajo de FDN y FDA y el elevado de PC sugiere que la morera puede ser utilizada como una fuente importante de proteína cruda en la alimentación animal (Wang *et al.*, 2019).

Capacho *et al.* (2018), en su estudio donde evaluaron la calidad nutricional de cuatro variedades de alfalfa no evidenciaron diferencias estadísticas entre éstas, sin embargo, el promedio de proteína cruda fue de 20,08, que es inferior al de este estudio, con valores de FDN y FDA superiores con 49,5 % y 38,6 % respectivamente: no obstante, reportaron valores de proteína superiores de 23,8 % e inferiores de FDA con 19,3 % (Lerma-Lasso *et al.*, 2020).

Los resultados obtenidos para proteína cruda en el botón de oro (23,3 %), fueron superiores a los reportados por otros autores con 14,10 % y 15,2 %, sin embargo, para FDN y FDA fueron inferiores con 53,81 y 48,18 % (Gallego-Castro *et al.*, 2017; Sánchez *et al.*, 2018;). Conforme a Van Soest *et al.*, (1991) los forrajes con un contenido de FDN < 40 % pueden ser considerados de buena calidad, mientras que aquellos con FDN > 60 %, pueden interferir con la digestión y el consumo.

Esta variabilidad en el valor nutricional presentado en las plantas utilizadas en este estudio, puede estar relacionada con la fase de crecimiento, en el manejo, lugar de cosecha, fertilidad del suelo, fertilización de la planta y alteraciones climáticas (Mamani and Cotacallapa, 2018). Sin embargo, Noda and Martín (2008) afirman que la interacción de la densidad de siembra y frecuencia de la poda también influyen directamente en la composición química de las hojas y tallos, siendo necesario aclarar que la composición nutricional va a depender de la parte de la planta a utilizar.

Parámetros productivos

En los pesos promedio iniciales se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), en el T2 en relación con los demás tratamientos, mostrando un peso superior de 1855 g (Cuadro 2.). Por otra parte, no se registró muerte de individuos para ningún tratamiento durante el estudio.

Cuadro 2. Parámetros productivos en el primer intervalo de tiempo (18-23 semana).

Ítem	T1	T2	T3	T4
Etapa	1*	1	1	1
Peso corporal (g)	1830 ± 0,20 a	1855 ± 0,35 b	1834,5 ± 0,49 ab	1827,5 ± 7,5 a
% de postura	69,2 ± 13,16 a	66,9 ± 13,58 a	65,05 ± 15,01 a	66,53 ± 14,33 a
Consumo de alimento (g)	104,7 ± 4,97 a	100,1 ± 8,48 a	99,1 ± 5,93 a	96,5 ± 7,88 a

* Intervalo 1 (18-23 s)

Promedios con letras distintas en la fila, indican una diferencia estadística significativa según la prueba de Tukey ($p < 0,05$); ± error estándar ($n=50$).

La suplementación con morera muestra valores más elevados de peso, lo que difiere de lo reportado por Flórez and Arias (2018) quienes observaron que los animales alimentados con las dietas convencionales con inclusión de 20 y 30 % de harina de hojas de morera, obtuvieron menor ganancia de peso con respecto a los animales alimentados con concentrado comercial. Sin embargo, Perdomo *et al.* (2019) afirman que en codornices la inclusión del 10 y 20 % de harina de morera produjo un mejor desempeño obteniendo mayores pesos, lo que concuerda con lo encontrado en este estudio.

El estudio realizado por Czech *et al.* (2012) donde evaluaron un concentrado de alfalfa de proteína-xantofila en la alimentación de gallinas de pavo, se observó una mejora significativa en la conversión alimenticia con la inclusión de 1,5 % en las gallinas en el período de cría inicial en comparación con el grupo de control.

En el intervalo 2 y 3 no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), entre tratamientos, sin embargo, el peso promedio y el porcentaje de postura del T2 mostraron valores levemente superiores en relación a los demás tratamientos (Cuadro 3 y 4).

Cuadro 3. Parámetros productivos en el segundo intervalo de tiempo (24-29 semana).

Ítem	T1	T2	T3	T4
Etapa	2**	2	2	2
Peso corporal (g)	1851,3 ± 23,5 a	1875,8 ± 14,2 a	1866 ± 6,67 a	1856 ± 13,34 a
% de postura	92,3 ± 1,40 a	95,83 ± 1,39 a	95,2 ± 0,59 a	95,58 ± 1,19 a
Consumo de alimento (g)	113,3 ± 0,45 a	112,2 ± 0,60 a	112,1 ± 0,87 a	112,3 ± 0,64 a

**Intervalo 2 (24-29 s)

Promedios con letras distintas en la fila, indican una diferencia estadística significativa según la prueba de Tukey ($p < 0,05$); ± error estándar ($n=50$).

Cuadro 4. Parámetros productivos en el tercer intervalo de tiempo (30-35 semana).

Ítem	T1	T2	T3	T4
Etapa	3***	3	3	3
Peso corporal (g)	1976,5 ± 19,3 a	1991 ± 18,4 a	1958,3 ± 26,5 a	1948 ± 27,6 a
% de postura	96,00 ± 1,42 a	96,95 ± 0,74 a	93,63 ± 0,35 a	89,00 ± 1,59 a
Consumo de alimento (g)	113,8 ± 0,20 a	113,8 ± 0,44 a	112,9 ± 0,95 a	112,8 ± 0,47 a

*** Intervalo 3 (30-35)

Promedios con letras distintas en la fila, indican una diferencia estadística significativa según la prueba de Tukey ($p < 0,05$); ± error estándar ($n=50$).

El porcentaje de postura no mostró variación en el estudio, sin embargo, en otros estudios reportan que con la inclusión de 5 % de harina de *Tithonia diversifolia* se observó una mejora en el porcentaje de consumo de alimento y masa de huevo, no obstante, con la inclusión de 15 % disminuyó el porcentaje de postura alcanzando valores de 89,8 % y 5 g el consumo de alimento

(Carranco-Jáuregui *et al.*, 2020): resultados similares a los reportados por Fuente-Martínez *et al.*, (2019), quienes informaron un descenso en el porcentaje de postura conforme al aumento de inclusión de harina de *Tithonia diversifolia* en razón de 5 % (94,69 %), 10 % (93,18 %) y 15 % (89,76 %). Por otro lado, con la inclusión del 20 % se evidenció una reducción de la cantidad de huevos por ave, lo que determinó una menor intensidad de puesta y repercutió negativamente en la conversión alimenticia (Rodríguez *et al.*, 2018).

El suministro de forrajes verdes de Alfalfa (*Medicago sativa*), Morera (*Morus alba*) y Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) no influyó negativamente en el consumo de alimento (g) recomendada por el manual de la estirpe. Kwiatkowska *et al.* (2017) indican un leve aumento en el peso corporal de pollos suplementados con concentrado de proteína de alfalfa, independientemente de la dosis utilizada, sin embargo, múltiples autores reportaron que la inclusión de alfalfa en diferentes presentaciones y concentraciones, disminuyó levemente el consumo de alimento en codornices (Güçlü *et al.*, 2014) y en gallinas ponedoras (Wüstholtz *et al.*, 2017).

Calidad de Huevo

En el intervalo 1 se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en la pigmentación de la yema, siendo T2 el que muestra valores superiores. En relación con el peso del huevo, peso de la yema y albumina, peso y espesor de la cáscara, los valores fueron estadísticamente similares ($p < 0,05$) en todos los tratamientos, sin embargo, aunque no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en las unidades Haugh, el T1 mostró una leve mejora obteniendo 96,9 % en comparación con los demás tratamientos (Cuadro 5.)

Cuadro 5. Parámetros de calidad de huevo en el primer intervalo de tiempo (18-23 semana).

Ítem	T1	T2	T3	T4
Etapa	1*	1	1	1
Peso huevo (g)	56,63±0,91 a	55,77±0,72 a	55,76±0,33 a	55,62±0,70 a
Pigmentación de la yema	12,27±0,07 a	12,86±0,28 b	12,69±0,12 ab	12,4±0,16 a
Peso de la yema (g)	17,57±0,88 a	17,06±0,51 a	17,58±0,76 a	17,18±1,1 a
Peso de la albumina (g)	30±0,27 a	29,33±0,60 a	29,03±0,43 a	29,09±1,31 a
Densidad de la albumina (mm)	10,93±0,40 a	10,18±0,39 a	10,32±0,20 a	9,96±0,23 a
Peso de la cascara (g)	5,2±0,21 a	5,06±0,26 a	5,27±0,17 a	5,1±0,14 a
Espesor de la cascara (mm)	0,38±0,01 a	0,36±0,02 a	0,38±0,03 a	0,37±0,01 a
Unidades Haugh	96,9±1,47 a	93,98±1,85 a	94,62±0,91 a	93,11±0,96 a

* Intervalo 1 (18-23 s)

Promedios con letras distintas en la fila, indican una diferencia estadística significativa según la prueba de Tukey ($p < 0,05$); ± error estándar ($n=50$).

El T2 presentó valores superiores en la pigmentación de la yema en comparación con el T1, T3 y T4, lo que difiere por lo reportado por Panja (2013), quien afirma que las hojas de morera no afectan la pigmentación de la yema, debido a que las dietas poseen suficiente gluten de maíz. Sin embargo, Carranco-Jáuregui *et al.* (2020) reportan que con la inclusión de harina de *Tithonia diversifolia* en diferentes proporciones 1,77, 5, 10 y 15 % y sin adición de pigmento rojo, la pigmentación fue superior en las inclusiones 10 y 15 %.

Como se evidenció en el intervalo 1, en el intervalo 2 (cuadro 6) el T2 lograron valores superiores en la pigmentación de la yema, evidenciándose diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) y promedios similares en las variables evaluadas.

Cuadro 6. Parámetros de calidad de huevo en el segundo intervalo de tiempo (24-29 semana).

Ítem	T1	T2	T3	T4
------	----	----	----	----

Etapas	2**	2	2	2
Peso huevo (g)	60,33±0,61 a	59,68±1,1 a	59,75±1,5 a	58,95±0,29 a
Pigmentación de la yema	12,06±0,11 a	12,9±0,28 b	12,02±0,27 ab	11,88±0,26 a
Peso de la yema (g)	18,01±0,48 a	18,47±1,2 a	18,26±0,53 a	18,35±0,75 a
Peso de la albumina (g)	31,55±1,7 a	32,17±1,0 a	32,46±2,2 a	31,98±0,61 a
Densidad de la albumina (mm)	10,3±0,47 a	10,43±0,49 a	9,84±0,58 a	9,98±0,45 a
Peso de la cascara (g)	5,53±0,14 a	5,31±0,39 a	5,17±0,19 a	5,2±0,17 a
Espesor de la cascara (mm)	0,39±0,005 a	0,37±0,04 a	0,37±0,02 a	0,4±0,3 a
Unidades Haugh	93,48±2,08 a	94,23±1,95 a	91,6±2,6 a	92,43±2,06 a

** Intervalo 2 (24-29 s)

Promedios con letras distintas en la fila, indican una diferencia estadística significativa según la prueba de Tukey ($p < 0,05$); \pm error estándar ($n=50$).

Sengül *et al.* (2021), afirman que la suplementación con *Morus alba* en las dietas de codornices presentó diferencias significativas en el índice de albúmina, el índice de yema y los valores de Unidad Haugh y el peso de yema ($p < 0,05$) lo que difiere con los resultados de este estudio. No obstante, con la inclusión del 12 % evidenciaron disminución en los pesos del huevo.

A diferencia de los resultados obtenidos en este estudio, Grela *et al.* (2020) al evaluar el efecto de la adición de concentrado de proteína de alfalfa en gallinas ponedoras, observaron que las cáscaras del huevo de las gallinas suplementadas presentaban una coloración más oscura y una tonalidad significativamente superior en la yema.

Cuadro 7. Parámetros de calidad de huevo en el tercer intervalo de tiempo (30-35 semana)

Ítem	T1	T2	T3	T4
Etapas	3***	3	3	3
Peso huevo (g)	60,52±0,70 a	61,25±0,54 a	59,93±1,3 a	59,73±0,74 a
Pigmentación de la yema	11,51±0,12 a	12,35±0,22 b	11,48±0,21 ab	11,45±0,78 a
Peso de la yema (g)	18,7±0,96 a	18,57±0,92 a	18,3±0,80 a	18,92±0,34 a
Peso de la albúmina (g)	32,21±0,96 a	32,45±1,4 a	32,4±0,54 a	31,43±0,7 a
Densidad de la albúmina (mm)	9,61±0,42 a	9,88±0,27 a	9,7±0,39 a	9,38±0,54 a
Peso de la cáscara (g)	5,68±0,12 a	5,47±0,17 a	5,17±0,33 a	5,4±0,16 a
Espesor de la cáscara (mm)	0,41±0,01 a	0,39±0,03 a	0,4±0,02 a	0,39±0,01 a
Unidades Haugh	90,26±2,08 a	91,59±1,29 a	91,15±1,7 a	89,42±2,5 a

*** Intervalo 3 (30-35 semana)

Promedios con letras distintas en la fila, indican una diferencia estadística significativa según la prueba de Tukey ($p < 0,05$); \pm error estándar ($n=50$).

CONCLUSIONES

La búsqueda de alternativas de suplementación y el aprovechamiento de fuentes alimenticias de recursos biodisponibles en las diferentes regiones del país ha tomado gran relevancia al observarse altos costos en los concentrados comerciales, por lo cual se reportó que el uso de forrajes verdes como la Alfalfa (*Medicago sativa*), Morera (*Morus alba*) y Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) pueden ser incluidos en la dieta de gallinas ponedoras sin afectar negativamente los parámetros productivos, sin embargo, la morera mostró mejores resultados en comparación con los demás tratamientos, mejorando la pigmentación de la yema. Adicionalmente, se logra ver que se requiere mayor investigación con el fin de explorar la respuesta de la suplementación de estas especies vegetales con diferentes concentraciones y presentaciones como harina o la inclusión de metodologías innovadoras como procesos fermentativos, además

es importante realizar la evaluación de la concentración de ácidos grasos en huevo y su respectiva calidad.

AGRADECIMIENTOS

Los Autores agradecen la colaboración al Grupo de Investigación en Bioquímica y Nutrición Animal (GIBNA), a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia y a la Dirección de Investigaciones (DIN)

REFERENCIAS

- ALAGAWANY, M.; ABDEL-HACK, M.E.; EL-KHOLY, M.S. Productive performance, egg quality, blood constituents, immune functions, and antioxidant parameters in laying hens fed diets with different levels of *Yucca schidigera* extract. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 23, n. 7, 2015, p. 6774–6782.
<http://dx.doi.org/10.1007/s11356-015-5919-z>
- BERRÍO, ANA; CARDONA-LÓPEZ, MANUEL. Evaluación productiva de una dieta alternativa como reemplazo parcial de concentrado comercial en aves de postura. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, v. 14, n. 2, 2001, p. 155-163.
- CADILLO, J.; CUMPA, M; GALARZA, J. Rendimiento productivo y calidad de huevo en gallinas ponedoras alimentadas con torta de palmiste (*Elaeis guineensis*) y enzimas β -glucanasa y xilanasa. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, v. 30 n. 2, 2019, p. 682-690.
<http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i2.16079>
- CAPACHO-MOGOLLÓN, ALFONSO; FLÓREZ-DELGADO, DIXÓN; HOYOS-PATIÑO, JOHAN. Biomasa y calidad nutricional de cuatro variedades de alfalfa para introducir en Pamplona, Colombia. *Ciencia y Agricultura*, v. 15, n. 1, 2018, p. 61-67.
<http://doi.org/10.19053/01228420.v15.n1.2018.7757>
- CARRANCO-JÁUREGUI, MARÍA; BARRITA-RAMÍREZ, VILMA; ÁVILA-GONZÁLEZ, ERNESTO; SANGINÉS-GARCÍA, LEONOR. Inclusión de harina de *Tithonia diversifolia* en raciones para gallinas ponedoras de primer ciclo y su efecto sobre la pigmentación de yema de huevo. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, v. 11, n. 2, 2020, p. 355-368.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i2.5090>
- CHUNDANG, PIPATPONG; THONGPRAJUKAEW, KARUN; KOVITVADHI, UTHAIWAN; CHOTIMANOTHUM, BANTHARI; KOVITVADHI, ATTAWIT; PAKKONG, PANNEE. Improving the nutritive value of mulberry leaves, *Morus spp.* (*Rosales: Moraceae*) for silkworm larvae, *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae) using gamma irradiation. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, v. 13, n. 1, 2020, p. 629-641.
<https://doi.org/10.1080/16878507.2020.1820268>
- CZECH, ANNA; OGNIK, KATARZYNA; GRELA, EUGENIUSZ. Efficacy of a mixture of synthetic antioxidant and protein-xanthophyll alfalfa concentrate in turkey hens feeding. *Archiv für Geflügelkunde*, v. 76, n. 2, 2012, p. 105-112.
- DA SILVA, JULIANA; DOS SANTOS, GRACIENE; NETO-LIMA, RAUL. Uso da geoprópolis da espécie *Melipona melanoventer* na manutenção da qualidade do ovo. *Revista Agroecossistemas*, v. 10, n. 2, 2018, p. 337-352.
<https://doi.org/10.18542 / ragros.v10i2.5163>
- FEDERACIÓN NACIONAL DE AVICULTORES (FENAVI). Estadísticas. 2016.
<https://fenavi.org/estadisticas/> [consultado enero 20 de 2021]
- FLÓREZ-DELGADO, DIXON; ARIAS-ROMERO, YENNY. Evaluación de dos niveles de inclusión de harina de morera (*Morus alba*) sobre los parámetros productivos de pollo de engorde. *Mundo FESC*, v. 8, n. 16, 2018, p. 55-62.

- FONSECA-LÓPEZ, DANIA; RODRIGUEZ-MOLANO, CARLOS; NIÑO-MONROY, LAURA; SALAMANCA-LÓPEZ, ANYELA; CONCHA, J.; RAMÍREZ, O.; LAGOS, N.R. Caracterización nutricional y de producción de biomasa de *Sambucus peruviana*, *Sambucus nigra* y *Morus alba* en un banco forrajero. *Ciencia en Desarrollo*, v. 10, n. 2, 2019, p. 23-32.
- FONSECA-LÓPEZ, DANIA; RODRÍGUEZ-MOLANO, CARLOS. Efecto de un inoculante microbiano sobre la calidad microbiológica y nutricional de ensilaje de *Morus alba* L. y *Sambucus nigra* L. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, v. 11, n. 2, 2019, p. 93-101.
<https://doi.org/10.22335/rict.v11i2.825>
- FUENTE-MARTÍNEZ, BENJAMÍN; CARRANCO-JÁUREGUI, MARÍA; BARRITA-RAMÍREZ, VILMA; ÁVILA-GONZÁLEZ, ERNESTO; SANGINÉS-GARCÍA, LEONOR. Efecto de la harina de *Tithonia diversifolia* sobre las variables productivas en gallinas ponedoras. *Abanico Veterinario*, 9, 2019.
<https://doi.org/10.21929/abavet2019.911>
- GALLEGO-CASTRO, LUIS; MAHECHA-LEDESMA, LILIANA; ANGULO-ARIZALA, JOAQUÍN. Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray bajo tres sistemas de siembra en el trópico alto. *Agronomía Mesoamericana*, v. 28, n. 1, 2017, p. 213-222.
<http://dx.doi.org/10.15517/am.v28i1.21671>
- GAVIRIA, G.Y.; LONDOÑO, F.L.; ZAPATA, M.J. Effects of chemical silage of red tilapia viscera (*Oreochromis spp.*) as a source of protein on the productive and hematological parameters in isa-brown laying hens (*Gallus gallus domesticus*). *Heliyon*, v. 6, n. 12, 2020, p. e05831
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05831>
- GRELA, E.R.; KNAGA, S.; WINIARSKA-MIECZAN, A.; ZIĘBA, G. Effects of dietary alfalfa protein concentrate supplementation on performance, egg quality, and fatty acid composition of raw, freeze-dried, and hard-boiled eggs from Polbar laying hens. *Poultry science*, v. 99, n. 4, 2020, p. 2256-2265.
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.11.030>
- GÜÇLÜ-KOCAOĞLU, BERRİN; İŞCAN, K.M.; UYANIK, FATMA; EREN, MERYEM; CAN-AĞÇA, A. Effect of alfalfa meal in diets of laying quails on performance, egg quality and some serum parameters. *Archives of Animal Nutrition*, v. 58, n. 3, 2004, p. 255-263.
<https://doi.org/10.1080/00039420410001701350>
- JAHANIAN, R.; RASOULI, E. Effects of dietary supplementation of palm fatty acid powders on performance, internal egg quality and yolk oxidation stability in laying hens during early egg production. *Indian Journal of Animal Sciences*, v. 84, n. 2, 2014, p. 191-197.
- JUÁREZ-MORALES, P.; CORTES-CUEVAS, A.; ARCE-MENOCAL, J.; RÍO-GARCÍA, J.C.D.; GÓMEZ-VERDUZCO, G.; AVILA-GONZÁLEZ, E. Efecto de un complejo multienzimático y un probiótico en gallinas de postura alimentadas con dietas sorgo-soya-canola. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, v. 11, n. 2, 2020, p. 369-379.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i2.4843>
- KAKI, AIT; DEINEKO, T.; MOULA, N. Effect of feeding two-grain legumes, peas and faba beans, on egg quality and laying performances. *Archivos de zootecnia*, v. 69, n. 268, 2020, p. 461-469.
- KWIATKOWSKA, KATARZYNA; KWIECIEŃ, MALGORZATA; WINIARSKA-MIECZAN, ANNA. Fast-growing chickens fed with lucerne protein-xanthophyll concentrate: growth performance, slaughter yield and bone quality. *Journal of Animal and Feed Sciences*, v. 26, n. 2, 2017, p. 131-140.
<https://doi.org/10.22358/jafs/70194/2017>
- LERMA-LASSO, JOSE; ZAPATA-MOLINA, JENNY; CHAÑAG-MIRAMAG, HAROLD; MENESES-BUITRAGO, DIEGO; RUIZ-ERASO, HUGO; OJEDA-JURADO, HERNÁN; CASTRO-RINCÓN, EDWIN. Efecto de enmiendas calcáreas en la productividad y la

- calidad de *Medicago sativa* (L.) en Colombia. Pastos y Forrajes, v. 43, n. 3, 2020, p. 190-200.
- LUNA-GUERRERO, MILTON; LÓPEZ-CASTAÑEDA, CÁNDIDO; HERNÁNDEZ-GARAY, ALFONSO; MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, PEDRO; ORTEGA-CERRILLA, MARÍA. Evaluación del rendimiento de materia seca y sus componentes en germoplasma de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Revista mexicana de ciencias pecuarias, v. 9, n. 3, 2018, p. 486-505.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i3.4440>
- MAMANI-PAREDES, JAVIER; COTACALLAPA-GUTIÉRREZ, FÉLIX. Rendimiento y calidad nutricional de avena forrajera en la región de Puno. Revista de Investigaciones Altoandinas, v. 20, n. 4, 2018, p. 385-400.
<http://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.415>
- MARTÍN, G.J.; PENTÓN, GERTRUDIS; NODA, YOLAI; CONTINO, YUVÁN; DÍAZ, MAYKELIS; OJEDA, F.; LÓPEZ, O.; AGRAMONTE, D.; MILERA, MILAGROS; PRIETO, MARLENE. Comportamiento de la morera (*Morus alba* L.) y su impacto en la producción animal y la crianza de gusanos de seda en Cuba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, v. 48, n. 1, 2014, p. 73-78.
- NODA-LEYVA, YOLAI; MARTÍN-MARTÍN, GIRALDO. Effect of the sowing density on the establishment of mulberry aiming to its inclusion in livestock production systems. Zootecnia Tropical, v. 26, n. 3, 2008, p. 339-341.
- PANJA, PAICHOK. The effects of dietary mulberry leaves (*Morus alba* L.) on chicken performance, carcass, egg quality and cholesterol content of meat and egg. Walailak Journal of Science and Technology (WJST), v. 10, n. 2, 2013, p. 121-129.
<http://dx.doi.org/10.2004/wjst.v10i2.306>
- PERDOMO, DANIEL; BRICEÑO, ANA; DÍAZ, DORAIDA; GONZÁLEZ, DIOMARY; GONZÁLEZ, LÍBER; MORATINOS, PEDRO; PEREA, FERNANDO. Efecto de la suplementación dietética con harina de morera (*Morus alba*) sobre el desempeño productivo de codornices (*Coturnix coturnix japonica*) en crecimiento. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, v. 30, n. 2, 2019, p. 634-644.
<http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i2.15088>
- RODRÍGUEZ, BÁRBARA; SAVÓN, LOURDES; VÁZQUEZ, YSNAGMY; RUÍZ, TE; HERRERA, MAGALI. Evaluación de la harina de forraje de *Tithonia diversifolia* para la alimentación de gallinas ponedoras. Livestock Research for Rural Development, v. 30, n. 3, 2018.
- SÁNCHEZ-LAIÑO, ADOLFO; TORRES-NAVARRETE, EMMA; BUSTE-CASTRO, FRANKLIN; BARRERA-ÁLVAREZ, ALEXANDRA; SÁNCHEZ-TORRES, JENIFFER. Tropical forages as a dietary alternative in fattening rabbits (*Oryctolagus cuniculus* L.). Acta Agronómica, v. 67, n. 2, 2018, p. 333-338.
<https://doi.org/10.15446/acag.v67n2.59220>
- SELIM, SHAIMAA; HUSSEIN, EMAN. Production performance, egg quality, blood biochemical constituents, egg yolk lipid profile and lipid peroxidation of laying hens fed sugar beet pulp. Food chemistry, 2020, v. 310, p. 125864.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125864>
- SENGÜL, AHMET; SENGÜL, TURGAY; CELİK, SENOL; SENGÜL, GULUZAR; DAS, AYDIN; İNCİ, HAKAN; BENGÜ, AYDIN. El efecto de suplemento de pulpa de mora blanca seca (*Morus alba*) en la dieta de codorniz ponedora. Revista MVZ (Medicina Veterinaria y Zootecnia), v. 26, n. 1, 2021, p. 1b-1b.
<https://doi.org/10.21897/rmvz.1940>
- SUÁREZ-CARDOSO, D.T.; RÍOS-CRUZ, K.L.; PEÑUELA-SIERRA, L.M.; CASTAÑEDA-SERRANO, R.D. Utilización de humus de lombriz roja Californiana (*Eisenia foetida saligny, 1826*) en la alimentación de Gallinas Ponedoras. Boletín Científico. Centro de Museos, Museo de Historia Natural, v. 20, n. 1, 2016, p. 43-51.

- <https://doi.org/10.17151/bccm.2016.20.1.4>
VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, v. 74, n. 10, 1991, p. 3583-3597.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- VELA-GARCÍA, C.C.; DÍAZ-PABLÓ, M.E.; VALERIO-GERON, J.; CELIS-PINEDO, W.; AGUILAR-VÁSQUEZ, J.V.; IBERICO-VELA, O. Suplementación de vitamina C en codornices japonesas en postura y su efecto en el desempeño y calidad de huevo. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, v. 31, n.3, 2020.
<http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v31i3.16920>
- WANG, YI; CHEN, XIAOYANG; WANG, CHENG; HE, LIWEN; ZHOU, WEI; YANG, FUYU; ZHANG, QING. The bacterial community and fermentation quality of mulberry (*Morus alba*) leaf silage with or without *Lactobacillus casei* and sucrose. *Bioresource technology*, v. 293, 2019, p. 122059.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122059>
- WÜSTHOLZ, J.; CARRASCO, S.; BERGER, U.; SUNDRUM, A.; BELLOF, G. Silage of young harvested alfalfa (*Medicago sativa*) as home-grown protein feed in the organic feeding of laying hens. *Organic Agriculture*, v. 7, n. 2, 2017, p. 153-163.
<https://doi.org/10.1007/s13165-016-0151-9>
- YIRGA, MEKONNEN; ABREHA, SALOMÓN; DERIBE, BELAYE. The Effect of Mulberry Leaf Meal Supplementation on Feed Intake and Body Weight Change of Indigenous Ethiopian Highland Sheep. *Abyssinia Journal of Science and Technology*, v. 2, n. 1, 2017, p. 1-7.
- ZENG, ZHU; JIANG, JUN-JIE; YU, JIE; MAO, XIANG; YU, BING; CHEN, DAI-WEN. Effect of dietary supplementation with mulberry (*Morus alba* L.) leaves on the growth performance, meat quality and antioxidative capacity of finishing pigs. *Journal of integrative agriculture*, v. 18, n. 1, 2019, p. 143-151.
[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)62072-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)62072-6)