


## Inclusión de harina de *Tithonia diversifolia* en raciones para gallinas ponedoras de primer ciclo y su efecto sobre la pigmentación de yema de huevo



María Elena Carranco-Jáuregui <sup>a</sup>

Vilma Barrita-Ramírez <sup>b</sup>

Benjamín Fuente-Martínez <sup>c\*</sup>

Ernesto Ávila-González <sup>c</sup>

Leonor Sanginés-García <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, Departamento de Nutrición Animal Dr. Fernando Pérez-Gil Romo, Vasco de Quiroga No. 15, Col. Belisario Domínguez Sección XVI, Alcaldía Tlalpan 14000, Ciudad de México. México.

<sup>b</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Ciudad de México. México.

<sup>c</sup> Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola, , Ciudad de México. México.

\*Autor de correspondencia: [benjaminfuente@yahoo.com.mx](mailto:benjaminfuente@yahoo.com.mx)

### Resumen:

Una consideración importante para la población mexicana es la pigmentación de la yema de huevo, siendo importante adicionar carotenoides en la dieta de las aves, lo que hace necesario explorar fuentes alternas que aporten pigmentos a los ya utilizados en la industria avícola, por lo que la harina de *Tithonia diversifolia* puede ser una alternativa viable de carotenoides. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de incluir harina de *Tithonia*

*diversifolia* (HTD) en dietas para gallinas ponedoras sobre variables productivas y color en yema de huevo. Se llevaron a cabo dos ensayos: 1) 3 semanas solo con xantofilas amarillas de HTD y 2) siguientes 3 semanas con HTD + xantofilas rojas. Un total de 240 gallinas se distribuyeron en cinco tratamientos: testigo; 1.77; 5; 10 y 15% de HTD. Se midieron: porcentaje postura, peso huevo, consumo alimento, conversión alimentaria y masa de huevo. Al finalizar cada ensayo se tomaron 20 huevos/tratamiento midiendo el color de yema con abanico DSM, colorimetría de reflectancia y cuantificación de xantofilas (HPLC). Se utilizó un diseño completamente al azar y las diferencias entre medias por prueba de Tukey. El peso de huevo y la conversión alimenticia no mostraron diferencias entre tratamientos ( $P>0,05$ ). Porcentaje de postura y masa de huevo (10 y 15% HTD) y consumo de alimento (15% HTD) fueron menores al testigo ( $P<0,05$ ). El color de yema fue más intenso para 10 y 15 % de HTD. Se concluye que HTD puede ser alternativa como pigmento amarillo hasta un 10 % de inclusión sin afectar variables productivas.

**Palabras clave:** *Tithonia diversifolia*, Gallinas ponedoras, Huevo, Variables productivas, Pigmento.

Recibido: 02/10/2018

Aceptado: 20/03/2019

## Introducción

Actualmente, la industria avícola en México produce anualmente más de 5 millones de toneladas de alimento (huevo, pollo y pavo) para cubrir las demandas de la población, que representa un 63.8 % de la producción pecuaria y dentro de ésta el huevo constituye un 29 % con una proyección de producción en 2018 de 2.806 millones de toneladas y la alimentación dentro de la producción un 60 a 70 % de los costos de los insumos que se utilizan para la elaboración de los alimentos<sup>(1)</sup>.

El consumo de huevo tiene varias ventajas sobre otros alimentos, destacando su alto valor biológico, fácil manejo, varias formas de preparación y combinación con otros alimentos y de accesible en costo. Sin embargo una consideración importante para el consumidor es la pigmentación de la yema, por lo que dentro de la alimentación de las aves, la adición de pigmentos a la formulación de su raciones es indispensable y al mismo tiempo conlleva un costo económico importante que impacta en el precio del producto final que es el huevo<sup>(2,3)</sup>. Uno de los principales insumos para la elaboración de alimento para gallinas productoras de

huevo son los pigmentos amarillo y rojo y la pigmentación de la yema de huevo dependerá de los carotenoides que el ave consume en su alimento; sin embargo la producción intensiva de éstas impide que consuman pigmentos al aire libre, por lo que las dietas deben complementarse con fuentes naturales ricas en pigmentos<sup>(2,3)</sup>, por lo que se hace necesario explorar nuevas fuentes de alimentos que aporten pigmentos que sean fáciles de utilizar, aporten carotenoides y sean de costo accesible que no impacte en el precio de producción de huevo.

Dentro de este contexto, una fuente alterna natural de carotenoides viable de utilizarse para pigmentar la yema de huevo podría ser la *Tithonia diversifolia* también conocida como árbol maravilla, botón de oro, girasol mexicano, falso girasol, crisantemo de Nitobe, Quil Amargo y Wild Sunflower, que se localiza en áreas tropicales y subtropicales con casi 15,000 especies distribuidas por todo el mundo, principalmente en América Central y México<sup>(4)</sup>. Crece al borde de los caminos de forma rápida, incluso bajo condiciones desfavorables y se multiplica fácilmente. Se conoce que dicha especie mejora el reciclaje de nutrientes, previene la erosión, reduce los efectos del pisoteo animal sobre el suelo y ofrece una alta productividad de biomasa sin insumos agroquímicos<sup>(5,6)</sup> y como planta multipropósito: cerco vivo, abono verde, fuente de alimento en silvopastoreo de ganado bovino o forraje de corte en la alimentación de aves y rumiantes. Rosales<sup>(7)</sup> reporta que *Tithonia diversifolia* tiene valores (g/100g) de materia seca (23.0), proteína cruda (14.8-28.7), cenizas (21.4) y materia orgánica (78.6) y otros autores evaluaron la influencia de esta planta como fuente de pigmento en gallinas ponedoras, obteniendo un buen color en yema de huevo con una inclusión del 15%<sup>(8)</sup>. Con estos antecedentes, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de diferentes niveles de inclusión de harina de *Tithonia diversifolia* en raciones para gallinas ponedoras de primer ciclo de postura sobre la pigmentación de yema y calidad física del huevo.

## Material y métodos

### Área de estudio, muestreo y determinación de pigmentos

En la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Nayarit, se llevó a cabo la recolección de *Tithonia diversifolia*. Esta Unidad se localiza en Compostela, Nayarit, México, cuenta con un clima tropical, los veranos son mucho más lluviosos que los inviernos, con temperatura media anual de 22.4 °C y precipitación media aproximada de 1,060 mm<sup>(9)</sup>.

Se cosecharon manualmente hojas y peciolas de *Tithonia diversifolia* a los 60 días de rebrote (644.5 kg/fresco), se eliminó todo material ajeno a la investigación y se llevó a cabo un pre-secado (hojas + peciolas) en sombra en el mismo lugar de la cosecha, se guardaron en bolsas de plástico negras y se transportaron al Departamento de Nutrición Animal Dr. Fernando Pérez-Gil Romo del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán para terminar de secarse en estufa a 60 °C/24 h; se molieron en un molino de martillos con una malla de 1 mm y esta harina de *Tithonia diversifolia* (HTD) se guardó para su posterior análisis.

### **Cuantificación de pigmentos a la harina de *Tithonia diversifolia***

Este análisis se llevó a cabo en Industrias VEPINSA, S.A. de C.V. (Dirección de Investigación y Desarrollo) por el método de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC)<sup>(10)</sup>.

### **Elaboración de dietas y comportamiento de las aves**

Se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAv) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Todos los procedimientos con las aves fueron aprobados por el Subcomité Institucional para el Cuidado y uso de Animales Experimentales (SICUAE), Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, Norma Oficial Mexicana<sup>(11)</sup>. Las dietas se formularon cumpliendo con las necesidades nutricionales de la estirpe de acuerdo a la fase de producción por medio del programa computacional Allix2. Ver. 5.37.1. En este ensayo se utilizaron 240 gallinas Bovans blancas de primer ciclo, fueron distribuidas en un diseño completamente al azar en cinco tratamientos con cuatro repeticiones de 12 aves cada uno: 1) Testigo con 15 ppm pigmento amarillo; 2) 1.77 % de HTD y 15 ppm de xantofilas totales; 3) 5 % de HDT y 42.5 ppm de xantofilas totales; 4) 10 % de HTD y 85 ppm de xantofila totales; 5) 15 % de HDT y 127.5 ppm de xantofilas totales. El agua y alimento se ofrecieron a libertad. La investigación se llevó a cabo en dos ensayos: las primeras tres semanas sin inclusión de pigmento rojo en sus dietas y el segundo, las siguientes tres semanas, con inclusión de pigmento rojo en sus dietas (Cuadros 1 y 2).

**Cuadro 1:** Dietas experimentales del primer ensayo con harina de *Tithonia diversifolia* sin pigmento rojo (kg)

Ingrediente	Testigo	Harina de <i>Tithonia diversifolia</i> (%)			
		1,77	5	10	15
Sorgo	660.500	647.950	621.800	539.921	456.946
Pasta de soya	221.390	213.960	202.402	222.920	242.914
Carbonato de Calcio	101.791	100.435	98.000	94.033	90.112
<i>Tithonia diversifolia</i>	0.000	17.700	50.000	100.000	150.000
Fosfato de calcio	4.568	4.659	4.553	4.361	4.183
Sal	3.026	3.033	3.046	3.057	3.068
Premezcla vit y min <sup>1</sup>	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400
DL-Metionina 84%	2.289	2.327	2.401	2.042	1.704
Aceite vegetal	1.482	5.552	13.277	30.391	47.798
L-Lisina HCl	1.179	1.209	1.246	0.000	0.000
Cloruro de colina 60%	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
Pigmento amarillo <sup>2</sup>	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000
Antioxidante <sup>3</sup>	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
Bambermicina	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
Fitasa <sup>4</sup>	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Total	1000	1000	1000	1000	1000
Análisis calculado					
Energía Met, kcal/kg	2800	2800	2800	2800	2800
Proteína cruda %	17.400	17.400	17.400	18.970	20.480
Met + Cis total, %	0.730	0.730	0.730	0.730	0.730
Lisina total, %	0.860	0.860	0.860	0.866	0.967
Treonina total, %	0.622	0.623	0.625	0.691	0.754
Triptófano total, %	0.205	0.199	0.189	0.196	0.201
Fibra cruda, %	2.446	2.583	2.831	3.331	3.824
Calcio total, %	4.100	4.100	4.100	4.100	4.100
Fósforo disponible, %	0.420	0.420	0.420	0.420	0.420
Sodio, %	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180

<sup>1</sup>Contenido por kilo: A. 4.0 MUI; D<sub>3</sub>. 666,666.7 UI; E. 10,000.0 UI; Rovimix HyD 5 kg; K<sub>3</sub>. 1.67 g; B<sub>1</sub>. 0.83 g; B<sub>2</sub>. 2.33 g; B<sub>6</sub>. 1.17 g; B<sub>12</sub>. 6.666.67 mg; niacina. 10 g; ácido D-pantoténico. 3.33 g; ácido fólico. 0.33 g; biotina. 33.33 mg; colina. 100 g; Fe. 20 g; Zn. 26.67 g; Mg. 36.67 g; Cu. 5 g; I. 0.33 g; Se. 0.1 g.

<sup>2</sup>Florafil 93 Powder (Vepinsa): 30 g/kg (mínimo) de xantofilas totales.

<sup>3</sup>BHA 1.2 %. BHT 9.0 %. Etoxiquin 4.8 %. Agentes quelantes 10.0 %.

<sup>4</sup>Quantum Blue 5000 FTU/kg derivada de *E. coli*.

**Cuadro 2:** Dietas experimentales del segundo ensayo con harina de *Tithonia diversifolia* y pigmento rojo (kg)

Ingrediente	Testigo	Harina de <i>Tithonia diversifolia</i> (%)			
		1.77	5	10	15
Sorgo	660.090	647.550	621.400	539.721	456.936
Pasta de soya	221.000	213.860	202.002	222.720	242.414
Carbonato de Calcio	101.791	100.435	98.000	94.033	90.112
<i>Tithonia diversifolia</i>	0.000	17.700	50.000	100.000	150.000
Fosfato de calcio	4.568	4.559	4.553	4.361	4.183
Sal	3.026	3.033	3.046	3.057	3.068
Premezcla vit y min <sup>1</sup>	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400
DL-Metionina 84%	2.289	2.327	2.401	2.042	1.704
Aceite vegetal	1.482	5.252	13.277	29.991	47.508
L-Lisina HCl	1.179	1.209	1.246	0.000	0.000
Cloruro de colina 60%	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
Pigmento rojo <sup>2</sup>	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
Pigmento amarillo <sup>3</sup>	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000
Antioxidante <sup>4</sup>	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
Bambermicina	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
Fitasa <sup>5</sup>	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Total	1000	1000	1000	1000	1000
Análisis calculado					
Energía Met, kcal/kg	2800	2800	2800	2800	2800
Proteína cruda %	17.400	17.400	17.400	18.970	20.480
Met + Cis total, %	0.730	0.730	0.730	0.730	0.730
Lisina total, %	0.860	0.860	0.860	0.866	0.967
Treonina total, %	0.622	0.623	0.625	0.691	0.754
Triptófano total, %	0.205	0.199	0.189	0.196	0.201
Fibra cruda, %	2.446	2.583	2.831	3.331	3.824
Calcio total, %	4.100	4.100	4.100	4.100	4.100
Fósforo disponible, %	0.420	0.420	0.420	0.420	0.420
Sodio, %	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180

<sup>1</sup>Contenido por kilo: A, 4,0 MUI; D<sub>3</sub>, 666,666.7 UI; E, 10,000.0 UI; Rovimix HyD 5 kg; K<sub>3</sub>, 1.67 g; B<sub>1</sub>, 0.83 g; B<sub>2</sub>, 2.33 g; B<sub>6</sub>, 1.17 g; B<sub>12</sub>, 6,666.67 mg; Niacina, 10 g; ácido D-pantoténico, 3.33 g; ácido fólico, 0.3 g; biotina, 33.33 mg; colina, 100 g; Fe, 20 g; Zn, 26.67 g; Mg, 36.67 g; Cu, 5 g; I, 0.33 g; Se, 0.1 g.

<sup>2</sup>Avired 5 g/kg (mínimo) de xantofilas de *Capsicum annum*.

<sup>3</sup>Florafil 93 Powder (Vepinsa): 30 g/kg (mínimo) de xantofilas totales.

<sup>4</sup>BHA 1.2 %, BHT 9.0 %, Etoxiquin 4. %, Agentes quelantes 10. %.

<sup>5</sup>Quantum Blue 5000 FTU/kg derivada de *E. coli*.

Durante las seis semanas de ensayo se llevó un registro semanal de las variables productivas porcentaje de postura, peso y masa de huevo, consumo de alimento y conversión alimentaria. Al final de las semanas 3 y 6 se colectaron 20 huevos por tratamiento y se midió color de yema en un equipo automatizado marca TSS QCC Yolk Colour (Servicio Técnico y Suministros, Inc., Inglaterra, Reino Unido) con transformaciones a valores absolutos del abanico DSM, cuyos valores van de 1 (amarillos claro) hasta 15 (amarillo-anaranjado) y ocho huevos de cada ensayo para la cuantificación de pigmentos por HPLC<sup>(10)</sup> para yema de huevo. Así mismo se llevó a cabo una medición por colorimetría de refracción, aplicando una escala de definición tridimensional en base al sistema CIE que detalla la luminosidad ( $L^*$ ), tonalidad amarilla ( $b^*$ ) y tonalidad rojiza ( $a^*$ ).

### Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar mediante el siguiente modelo<sup>(12)</sup>:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{i(j)}$$

$$i = 1, 2, 3, 4 \text{ y } 5$$

$$j = 1, 2, 3 \text{ y } 4$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta (porcentaje de postura, consumo de alimento/ave/día (g), peso del huevo (g), masa de huevo ave/día (g), conversión alimentaria (kg:kg), color de yema y cuantificación de pigmentos);

$\mu$  = Media general;

$T_i$  = Efecto de  $i$ -ésimo tratamiento;

$e_{i(j)}$  = Error experimental.

Las diferencias entre medias se analizaron con prueba de Tukey con nivel de significancia de 0.05 con el programa computacional SPSS, versión 21.0 para Windows.

Se realizó una transformación de las variables<sup>(12)</sup> de cuantificación de pigmentos (carotenoides totales y luteína), para obtener homogeneidad de varianzas mediante las transformaciones Box-Cox:

$$\text{Carotenoides totales} = \frac{(\text{Carotenoides totales } \mu\text{g}^{-0.04}) - 1}{-0.0001554438364}$$

$$\text{Luteína} = \frac{(\text{Luteína } \mu\text{g}^{-0.04}) - 1}{-0.0002864746461}$$

## Resultados

Se observa en el Cuadro 3 que la mayor cantidad de pigmentos en HTD está representado por luteína (50.67%), menor para zeaxantina (0.65%) y carotenoides totales de (0.92%). En el Cuadro 4 se presentan los resultados promedio de 42 días de experimentación con la adición de HTD en diferentes niveles no observándose diferencia significativa ( $P>0.05$ ) en peso de huevo y conversión alimenticia. En porcentaje de postura se observa que con la inclusión de 15% de HTD disminuyó (89.8%) con respecto al testigo y los otros niveles de inclusión. El consumo de alimento ave/día disminuyó en 5 g promedio en la dieta con 15% de HTD con relación a los demás tratamientos ( $P<0.05$ ) y la masa de huevo fue menor en la inclusión de 15% (52.5 g), con 10% de HTD se encontró un punto medio (55.1 g) sin embargo los mejores resultados fueron para el testigo (56 g) y las inclusiones de 1.77% (55.9 g) y 5% (56.3 g) ( $P<0.05$ ).

**Cuadro 3:** Composición de pigmentos en harina de *Tithonia diversifolia*

	Base húmeda	Base seca
Pigmentos (g/kg)		
Carotenoides totales	0.85	0.92
Ésteres de carotenos	28.10	30.49
$\beta$ -criptoxantina	5.90	6.40
Trans-luteína	46.70	50.67
Trans-zeaxantina	0.60	0.65
Trans-luteína Epoxi	1.80	1.95

Media de una n=3.

**Cuadro 4:** Variables productivas, color, pigmentos y valores colorimétricos en yema de huevo con inclusión de harina de *Tithonia diversifolia*

	Harina de <i>Tithonia diversifolia</i> (%)					EEM
	Testigo	1.77	5	10	15	
Variables productivas <sup>1</sup>						
Postura, %	94.8 <sup>a</sup>	94.3 <sup>a</sup>	94.8 <sup>a</sup>	92.7 <sup>ab</sup>	89.8 <sup>b</sup>	0.52
Peso de huevo, g	59.1	59.2	59.4	59.5	58.5	0.24
Consumo de alimento, ave/ día/g	105 <sup>a</sup>	105 <sup>a</sup>	106 <sup>a</sup>	105 <sup>a</sup>	100 <sup>b</sup>	0.64
Conversión alimentaria, kg:kg	1.876	1.892	1.895	1.910	1.908	0.011



Masa de huevo, ave/día/g	56.0 <sup>a</sup>	55.9 <sup>a</sup>	56.3 <sup>a</sup>	55.1 <sup>ab</sup>	52.5 <sup>b</sup>	0.44
<hr/>						
Color <sup>2</sup>						
Color yema sin pigmento rojo	9 <sup>b</sup>	8 <sup>c</sup>	9 <sup>b</sup>	10 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	0.12
Color yema con pigmento rojo	11 <sup>a</sup>	10 <sup>b</sup>	11 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	0.78
<hr/>						
Pigmentos (µg/100g) <sup>3</sup>						
Carotenoides totales	235 <sup>b</sup>	142 <sup>c</sup>	269 <sup>ab</sup>	367 <sup>ab</sup>	440 <sup>a</sup>	31.66
Luteína	152 <sup>b</sup>	87 <sup>c</sup>	173 <sup>ab</sup>	245 <sup>ab</sup>	291 <sup>a</sup>	21.06
Zeaxantina	16.5	9.75	13.25	13.0	11.75	0.92
Capsantina	5.5	5.25	5.25	6.5	5.5	0.49
<hr/>						
Valores colorimétricos <sup>2</sup>						
L*	67.38 <sup>ab</sup>	69.40 <sup>a</sup>	66.02 <sup>ab</sup>	65.21 <sup>b</sup>	64.30 <sup>b</sup>	0.92
a*	-2.66 <sup>bc</sup>	-4.29 <sup>c</sup>	-2.71 <sup>bc</sup>	-1.37 <sup>b</sup>	0.44 <sup>a</sup>	0.42
b*	49.49 <sup>ab</sup>	44.01 <sup>c</sup>	47.47 <sup>bc</sup>	49.28 <sup>abc</sup>	5.53 <sup>a</sup>	1.30

<sup>1</sup> n=48 aves/tratamiento.

<sup>2</sup> n=20 huevos/tratamiento.

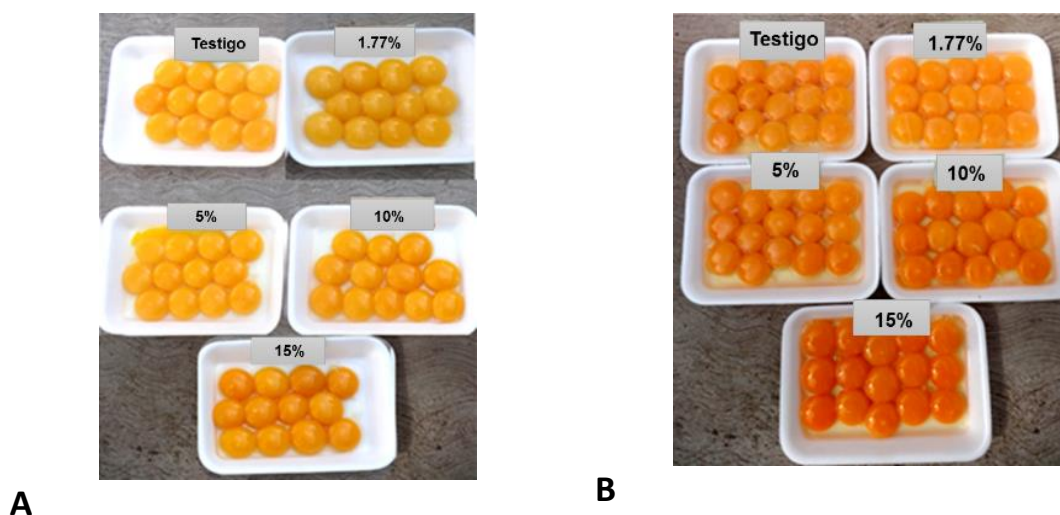
<sup>3</sup> n=3 muestras/tratamiento.

EEM= Error estándar de la media.

<sup>abc</sup> Diferente letra en la misma fila muestra valores estadísticamente distintos ( $P<0.05$ ).

Para el valor del color de yema (Abanico DSM), se observó que sin adición de pigmento rojo (Figura 1 A) fue menor para la dieta con 1.77 % de HTD (valor 8) y el más alto para 10 y 15 % (valor 10). Los datos para los huevos en donde se incluyó pigmento rojo en su dieta presentó la misma respuesta que sin pigmento rojo, observándose menor color para 1.77 % (valor 8) y las demás inclusiones incluyendo al testigo (valor 11) ( $P<0,05$ ) (Figura 1 B).

Los carotenoides totales en la inclusión de 1.77 % (142 µg/100 g) fue la de menor contenido y mayor para 15 % (440 µg), 10 % (367 µg) y 5 % (269 µg) con respecto al testigo (235 µg). De igual manera para los valores de luteína siendo menor para 1.77% (87 µg/100 g) y mayor para 15 % (291 µg) con respecto al testigo ( $P<0.05$ ). No se presentaron diferencias para zeaxantina y capsantina.

**Figura 1:** Yemas de huevos con inclusiones de harina de *Tithonia diversifolia*

A= sin adición de pigmento rojo; B= con adición de pigmento rojo.

## Discusión

En general, los estudios relacionados entre forrajes y animales se han llevado a cabo principalmente en rumiantes para conformar lo que se conoce como agrosilvopastoreo, y a este respecto existe gran cantidad de literatura científica; sin embargo, no así en especies monogástricas, ya que su aparato digestivo no permite degradar altos porcentajes de fibra, pero sí se podría tener la posibilidad de utilizarlos como parte de su alimentación<sup>(13)</sup>. Bajo este tenor existe poca literatura sobre la utilización de *Tithonia diversifolia* en aves vs rumiantes.

De los resultados obtenidos en este trabajo, se observa que el porcentaje de postura, consumo de alimento y masa de huevo fue mejor para la inclusión de 5% de HTD siendo similar al testigo, sin embargo, la conversión alimentaria fue mejor para 10% de HTD. Estos datos coinciden con lo mencionado por Odunsi *et al*<sup>(8)</sup> que evaluaron harina de follaje de *Tithonia diversifolia* en gallinas ponedoras incluyendo en su formulación 5, 10, 15 y 20 % de esta harina y un control de alimento comercial, reportando que en la producción de huevo no tuvieron diferencias, el consumo de alimento fue menor para la dieta con 20 % de HTD (96.3 g/ave/día) en comparación con el testigo (107g/ave/día) y la conversión alimentaria fue mejor para la dieta con 15 % de HTD. Lo anterior se podría explicar que al incluir 20 % de HTD se afecta el aporte de nutrientes, principalmente de aminoácidos por las elevadas concentraciones de fibra y la presencia de factores antinutricionales, que como lo mencionan otros investigadores<sup>(14,15)</sup>, uno de estos factores son los taninos, que aparte de influir en la

palatabilidad del alimento (sabores amargos) estos llegan a formar complejos con proteínas, almidón y enzimas digestivas, reducen el valor nutritivo de los alimentos, influyendo en crecimiento, digestibilidad y disponibilidad de proteínas y aminoácidos. Sin embargo, Yalcin *et al*<sup>(16)</sup> mencionan que al incluir 2 % de harina de hojas de *Tithonia diversifolia* en dietas para gallinas es suficiente para obtener mejor masa de huevo y conversión alimenticia.

En cuanto a los resultados de la pigmentación de yema de huevo, se conoce que las aves no sintetizan los pigmentos que darán coloración a la yema de huevo o piel; estos deben ser incluidos en la formulación de las dietas. A este respecto los datos obtenidos de la cantidad de pigmentos presentes en la HTD darán la pauta para proponerla como fuente de xantofilas y así mejorar la coloración de yema de huevo. Las fuentes de carotenos utilizadas como pigmento para este mismo propósito son: harina de hojas de alfalfa (396 mg/kg), maíz amarillo (22 mg/kg), harina de trébol ladino deshidratado (490 mg/kg), harina de chile (187 mg/kg) y *Tagetes erecta* (flor de cempasúchil) (8,000 a 10,000 mg/kg), siendo esta flor la que mayor cantidad de xantofilas presenta (80 a 90 % de luteína). Estas xantofilas se incorporan a la sangre depositándose en piel, tejido graso, hígado y yema de huevo de gallinas ponedoras y los carotenos en menor cantidad siendo estos transformados en vitamina A<sup>(17)</sup>. Odunsi *et al*<sup>(8)</sup> en su estudio en gallinas ponedoras incluyeron 5, 10, 15 y 20 % de HTD y concluyen que estos porcentajes como única fuente de pigmento amarillo (luteína y zeaxantina) sí pigmentaron la yema de huevo.

En esta investigación cuando se adicionó pigmento rojo a la formulación del alimento, la dieta testigo y con 5, 10 y 15 % de HTD fueron más pigmentados y ligeramente menor para 1.77%, valores mayores que las yemas sin pigmento rojo. Esto posiblemente se debió a la combinación de colores amarillo y rojo, con lo que se obtuvo un color anaranjado. Sin embargo, debido a que conforme se aumentó la inclusión de HTD, se incrementó la cantidad de pigmento amarillo y el color rojo que se adicionó en la misma cantidad, ocasionó que el color alcanzado fuera el mismo debido a la dilución del pigmento rojo en distintas cantidades con respecto al amarillo, es por eso que la inclusión del 1.77 % fue menor. Las dos dietas con 1.77% de HTD tuvieron los valores más bajos, ya que se formuló con base en el cálculo de carotenoides totales para ajustarla a 15 ppm, la misma proporción que la dieta testigo, considerando en su totalidad como pigmento a los carotenoides totales. Por lo tanto, los resultados del contenido de pigmento en las yemas de huevo fueron directamente proporcionales conforme se aumentó la inclusión de HTD, observándose aumento de luteína que corresponde aproximadamente al 50 % de los carotenoides totales. Finalmente, los valores de colorimetría en la yema de huevo, el amarillamiento (b\*) fue mayor en testigo y 15 % de HTD, confirmando la presencia de luteína principalmente en esta HTD.

Finalmente, cabe mencionar que la diferencia de resultados reportados en esta investigación y lo reportado por otros autores, puede deberse a las condiciones de estudios de cada trabajo (edad y parte de la planta utilizada, condición de ensayo con aves, así como clima, temperatura, etc.).

## Conclusiones e implicaciones

Se concluye que la harina de hojas con peciolo de *Tithonia diversifolia* puede considerarse como una alternativa para la alimentación de las aves hasta un nivel de 10 % de inclusión sin afectar los parámetros productivos y aportando pigmentación a la yema de huevo. Así mismo se recomienda utilizar combinación con pigmento rojo natural (cantaxantina), el cual al combinarse con el pigmento amarillo aportado por la harina de *Tithonia diversifolia* se obtendrán yemas de huevo más anaranjadas.

## Agradecimientos y conflicto de intereses

Al CONACyT, al Sistema Nacional de Becas y a la Dirección General de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México por el apoyo económico para la realización de este trabajo que formó parte de la tesis de grado Maestra en Ciencias de Vilma Barrita Ramírez. Así mismo al Ing. Gustavo Rodríguez y el Dr. Manuel Quiróz de Empresas VEPINSA S.A. de C.V., por su apoyo en los análisis de laboratorio.

Por la presente confirmamos que este manuscrito no tiene ningún tipo de conflicto de intereses. Los autores corroboran la declaración anterior y aprueban el manuscrito final.

## Literatura citada:

1. UNA. Unión Nacional de Avicultores: Compendio de Indicadores Económicos del Sector Avícola. Dirección de Estudios Económicos. 2018. <http://www.una.org.mx>. Consultado 16 Abr, 2018.
2. Martínez PM, Cortés CA, Ávila GE. Evaluación de tres niveles de pigmento de flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*) sobre la pigmentación de la piel en pollos de engorda. *Téc Pecu Méx* 2004;42(1):105-111.
3. Cuca GM, Ávila GE, Pro MA. Alimentación de las aves. Universidad Autónoma de Chapingo. Dirección de patronato universitario. Departamento de Zootecnia. Texcoco, México; 2009.

4. CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Catalogo taxonómico de especies en México. <http://www.conabio.gob.mx>. 2010. Consultado 20 Feb, 2015.
5. Olabode OS, Ogunyemi S, Akanbi WB, Adesina GO, Babajide PA. Evaluation of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray for soil improvement. *World J Agr Sci* 2007;3(4):503-507.
6. Murgueitio E, Rosales M, Gómez ME. Experiencias sobre la utilización de la *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Grayen Colombia y Panamá. Memorias. VIII Taller Internacional Silvopastoril “Los árboles y arbustos en la ganadería”. [CD-ROM]. EEPF “Indio Hatuey”. Matanzas, Cuba. 2009.
7. Rosales M. In vitro assessment of the nutritive value of mixtures of leaves from tropical fodder trees [tesis doctorado]. Oxford, UK: Oxford University; 1996.
8. Odunsi AA, Farinu GO, Akinola JO. Influence of dietary wild sunflower (*Tithonia diversifolia*) leaf meal on layers’ performance and egg quality. *Niger J Anim Prod* 1998;23(1-2):28-32.
9. INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2018. <http://www.inegi.org.mx>. Consultado 16 Abr, 2018.
10. USP 29/NF 24. The United State Pharmacopeia/The National Formulary, United States Pharmacopeia Convention Inc., Rockville, USA: USP 29/NF 24. 2012.
11. NOM. Norma Oficial Mexicana 062-ZOO. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México. 1999.
12. Kuehl RO. Diseño de experimentos. Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. Thomson Editores, SA. de CV. 2ª ed. The University of Arizona, USA. 2001.
13. Sarria P. Forrajes arbóreos en la alimentación de monogástricos. Seminario “Agroforestería para la Producción Animal en América Latina”. Memorias de Conferencias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 2000.
14. Lezcano Y, Soca M, Ojeda F, Roque E, Fontes D, Santana H, Martínez J, Cubillas N. Caracterización bromatológica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en dos etapas de su ciclo fisiológico. *Pastos y Forrajes* 2012;35(3):275-282.

15. Rodríguez B, Savón L, Vázquez Y, Ruíz TE, Herrera M. Evaluación de la harina de forraje de *Tithonia diversifolia* para la alimentación de gallinas ponedoras. *Livestock Res Rural Develop* 2019; <http://www.Irr.org/Irrd30/3/brod30056.html/>
16. Yalçın S, Özsoy B, Erol H. Yeast culture supplementation to laying hen diets containing Soybean meal or Sunflower seed meal and its effect on performance, egg quality traits and blood chemistry. *J Appl Poultry Res* 2008;15(2):229-236.
17. Cuca M, Pino JA, Mendoza C. El uso de pigmentos en la alimentación de las aves. *Tec Pecu Méx* 1963;2:39-42.