



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLAS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA**

**“La Harina de Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*)
como Pigmentante de la Yema de Huevo y su Efecto
en la *Incubabilidad*”**

TESIS

Que Presenta

Pilar Zavala Franco

Para obtener el título profesional de

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Asesor:

Dr. Aureliano Juárez Caratachea

Co-asesor:

MVZ. Maricruz Calderón González

Morelia, Michoacán, México. Febrero de 2017



Agradecimientos

Dedicado a mis padres: Jaime y Juana por darme la vida, por todo lo que han hecho por mí, darme todo lo que siempre he necesitado y, por todo el amor, cariño y esfuerzo que han puesto para criarme para ser quien soy ahora, por todos los buenos consejos y enseñanzas. Los amo.

A mis hermanas, por todo el apoyo, los buenos momentos, por su cariño incondicional, los buenos consejos y los regaños.

A Dios, por permitirme abrir los ojos cada día y poder concluir esta etapa, por protegerme y bendecirme en este camino, por poner en mi camino a las personas indicadas que me han dado su apoyo y por darme la fortaleza para poder levantarme en los momentos difíciles.

Primeramente quiero agradecer al Dr. Aureliano Juárez Caratachea, por pensar y confiar en mí para la realización de este proyecto, por la gran oportunidad de poder realizarme en éste ámbito profesional.

Gracias, Maricruz Calderón González por brindarme tu apoyo, asesoramiento, consejos y aportaciones a través de este proceso, por la amistad y compañerismo.

Gracias Andrés, por tu amistad y lealtad que me has entregado a través de estos años, por alegrarme, por tus consejos y por toda tu confianza.

Gracias Marcelo Salas, por ser tú y por todas tus enseñanzas, todo el cariño y tu confianza, gracias también por siempre estar ahí para mí y por darme ánimos cuando lo que quiero es renunciar.

Gracias Don Ignacio Vásquez por brindarme su amistad a pesar de la distancia, por apoyarme, por sacar lo mejor de mí, por toda la confianza y el cariño que me entrega.

Gracias Enzo André Muñoz, por todas tus hermosas palabras, por siempre darme los ánimos para seguir adelante, por las risas, por el cariño, por los años de amistad, por la música, por tu enorme sensibilidad, por estar ahí siempre.

Gracias Daniel Lobos y Ronald Guerra por sus muestras de cariño, por los buenos momentos, por su amistad y todo el cariño que me entregan, por ocupar un espacio en mi vida.

Gracias Erika, Yessenia, Ángeles y Claudia por brindarme su amistad, por ser las únicas presentes, a pesar del tiempo y de las circunstancias, la amistad sigue presente, por hacerme ser una mejor persona, por su cariño, su apoyo, por las risas, gracias a mis amigos compañeros de estudios, por soportarme!

Gracias “cebollitas”, por su amistad a pesar de la distancia, por alegrarme los días, por sus consejos, por todas las experiencias en común, las quiero: Victoria Esperanza, Yasmín, Maricel y Carola.

ÍNDICE

Contenido	Pág.
Resumen	
1. Introducción.....	1
1.1 Producción de huevo en México	1
1.2 Generalidades del huevo	2
1.3 Formación del huevo	2
1.4 Estructura del huevo	3
1.4.1 Cáscara.....	3
1.4.2 Membranas.....	4
1.4.3 Clara o albumen.....	4
1.4.4 Yema o vitelo.....	4
1.5 Valor nutricional del huevo.....	5
1.5.1 Proteínas y aminoácidos.....	5
1.5.2 Lípidos.....	5
1.5.3 Vitaminas y minerales.....	6
1.5.4 Otros componentes.....	6
1.6 Carotenoides: generalidades y clasificación.....	6
1.7 Rol de los carotenoides.....	8
1.8 Digestión y absorción lipídica en las aves.....	8
1.9 Transporte y deposición de los carotenoides.....	9
1.10 Función de los carotenoides.....	10
1.11 Carotenoides en la industria avícola.....	10
1.12 Principales fuentes de pigmentos.....	11
1.13 Aspectos generales de <i>Tithonia diversifolia</i> como alternativa pigmentante.....	13
1.14 Calidad de huevo.....	15
2. Hipótesis.....	16
3. Objetivo General.....	16
3.1 Objetivos Específicos.....	16
4. Materiales y Métodos.....	17
5. Resultados y Discusión.....	21
6. Conclusión.....	30
7. Bibliografía.....	31

ÍNDICE DE TABLAS

	Título	Pág.
Tabla 1.	Descripción de las dietas correspondientes a cada tratamiento.....	18
Tabla 2.	Análisis bromatológico de la composición de las dietas.....	18
Tabla 3.	Medias de mínimos cuadrados para consumo de alimento durante el periodo experimental de acuerdo al tratamiento.....	21
Tabla 4.	Medias de mínimos cuadrados para peso vivo de las gallinas al inicio y final del periodo experimental de acuerdo al tratamiento.....	22
Tabla 5.	Medias de mínimos cuadrados para indicadores de calidad de huevo de las gallinas de acuerdo al tratamiento.....	23
Tabla 6.	Medias de mínimos cuadrados para producción de huevo expresado en porcentaje de las gallinas de acuerdo al tratamiento.....	26
Tabla 7.	Medias de mínimos cuadrados para indicadores de incubación al final del periodo experimental de acuerdo al tratamiento.....	28

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la harina de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) como pigmentante de la yema de huevo y su efecto en la *incubabilidad*. Para ello se utilizaron 20 gallinas Plymouth rock barradas de 40 semanas de edad, distribuidas aleatoriamente en cinco tratamientos (T): T1 o control (n=4) recibió únicamente alimento comercial (AC), en T2, T3, T4 y T5 (n=4 a cada uno) se suministró AC más 1, 2, 3 y 4% de harina de *Tithonia diversifolia* respectivamente. Las gallinas fueron alojadas en jaulas individuales durante un periodo de nueve semanas previa semana de adaptación a las dietas. Se evaluó: consumo de alimento diario (CA), peso vivo, porcentaje de postura (PP), calidad de huevo; peso de huevo (PH), altura de albumen (AA), pigmentación de yema (PgY), espesor de cascarón (EC) y unidades Haugh (UH). También se evaluaron porcentaje de fertilidad e *incubabilidad* y, peso de pollito al nacer. Los principales resultados indican que no se encontró diferencia sobre peso vivo ($P>0.05$), en cambio, el CA mostró diferencia ($P<0.05$) entre tratamientos con 128.8 ± 27.7 g en el T4 contrario a T1: (117.9 ± 17.5 g). En los indicadores de calidad de huevo hubo efecto de tratamiento ($P<0.05$) sobre AA, UH y PgY al respecto, T2 y T4 mostraron mayor AA (0.9 ± 0.19 mm y 0.9 ± 0.22 mm respectivamente), de igual forma el T4 presentó 90 ± 4.4 UH, así mismo la PgY más elevado fue para el T4 y T5 (13.5 y 14.0 respectivamente), los demás indicadores no mostraron diferencia ($P>0.05$). En cuanto a PP el T4 mostró el más alto ($P<0.05$) porcentaje con 90.7 ± 1.8 %. Con respecto a *incubabilidad* fue mayor ($P<0.05$) el T3: 89.2 ± 2.4 vs 53.7 ± 1.1 % en T1, finalmente el peso del pollito más alto ($P<0.05$) fue para T4 (42.6 ± 3.5 g) con respecto a T5 (38.8 ± 2.7 g). En fertilidad no hubo diferencia ($P>0.05$) entre tratamientos. La adición de harina de *Tithonia diversifolia* a la dieta de gallinas de postura incrementó la pigmentación en la yema de huevo, altura de albumen y unidades Haugh, así mismo, mejoró el porcentaje de *incubabilidad* en las aves.

Palabras clave: Producción avícola, botón de oro, pigmentación, nutrición animal, fertilidad

ABSTRACT

Is evaluated the effect of the flour of wild sunflower (*Tithonia diversifolia*) as pigmentante from the yolk of egg and its effect in the *hatchability*. For this is used 20 hens Plymouth Rock Barred of 40 weeks of age, distributed randomly in five treatments (T): T1 or control (n = 4) received only food commercial (FC), in T2, T3, T4 and T5 (n = 4 to each one) is supplied AC more 1, 2, 3 and 4% of flour of *Tithonia diversifolia* respectively. Chickens were housed in individual cages for a period of nine weeks after week of adaptation to diet. Was evaluated: consumption of daily food (FC), live weight, percentage of posture (PP), egg quality; weight of egg (WE), albumen height (AH), pigmentation of egg yolk (PeY), thickness of shell (TS) and units Haugh (UH). Also be assessed percentage of fertility and *hatchability* and, weight of chick to the birth. The main results indicate that on live weight difference was found ($P > 0.05$), on the other hand, FC showed difference ($P < 0.05$) among treatments with 128.8 ± 27.7 g in T4 contrary to T1: (117.9 ± 17.5 g). Egg quality indicators there was effect of treatment ($P < 0.05$) on AH, UH and PeY in this regard, T2 and T4 showed greater AH (0.9 ± 0.19 mm and 0.9 ± 0.22 mm respectively), similarly the T4 presented 90 ± 4.4 UH, same high PeY was for the T4 and T5 (13.5 and 14.0 respectively), other indicators showed no difference ($P > 0.05$). As for PP T4 showed the highest ($P < 0.05$) 90.7 percentage $\pm 1.8\%$. On *hatchability* was higher ($P < 0.05$) T3: 89.2 ± 2.4 vs 53.7 ± 1.1 % in T1, finally the weight of the higher chick ($P < 0.05$) was for T4 (42.6 ± 3.5 g) with respect to T5 (38.8 ± 2.7 g). In fertility, there was no difference ($P > 0.05$) among treatments. The addition of flour of *Tithonia diversifolia* to the diet of chickens of stance increased the pigmentation in the yolk of egg, height of albumen and units Haugh, likewise, improved the percentage of *hatchability* in them birds.

Key words: poultry production, wild sunflower, pigmentation, animal nutrition, fertility

1. Introducción

1.1 Producción de huevo en México

La producción de huevo en México en el año 2013 ocupó el sexto lugar a nivel mundial, con un volumen de producción de dos millones 522 mil 428 toneladas (UNA, 2014). La misma fuente señala que México se posiciona como el primer consumidor de huevo fresco en el mundo en el mismo año, con un consumo per cápita de 21.9 kg y con una producción anual aproximadamente de 108 millones de cajas de huevo.

Al cierre del 2014, se produjeron dos millones 572 mil 300 toneladas de huevo para plato, lo que mantuvo al país en el primer lugar de consumo de huevo, mismo que registró un consumo per cápita de 22 kilos (Manufactura, 2014). En cuanto a su producción, se colocó en sexto lugar, detrás de China, Estados Unidos, India, Japón y Rusia. La mayor producción en el territorio nacional se encuentra principalmente en los estados de: Jalisco (55%), Puebla (15%), Sonora (8%), La región de La Laguna en el estado de Coahuila (5%), Yucatán (4%), Sinaloa (3%), Nuevo León (3%) y Guanajuato (2%) (UNA, 2014).

Para el año 2016 la producción se ha visto afectada, ya que como señala Larsen (2016), México se encuentra en una situación económica complicada, además de que la devaluación del peso en comparación con el dólar afecta considerablemente a la industria, esto se ve reflejado en un incremento en el costo de las materias primas que son utilizadas, mismo que obliga a los productores a introducir este costo al consumidor final, lo que genera una disminución en la capacidad de compra con una disminución en la demanda del producto.

1.2 Generalidades del huevo

El huevo de gallina se caracteriza por ser la fuente de proteína más completa dentro del sector pecuario, ya que contiene aproximadamente de seis a siete gramos de la misma. Además, de ser una proteína de alta calidad para el consumo humano, debido a que contiene todos los aminoácidos esenciales necesarios para la dieta con un alto valor biológico (UNAM, 2007).

En México, el huevo de gallina es la proteína animal más barata y de mayor disponibilidad para la población, su gran aceptación en el consumo se encuentra en todas las regiones del país, la cual forma parte de la cultura gastronómica mexicana y se utiliza como un ingrediente necesario en gran variedad de preparaciones que van desde postres hasta platillos fuertes (Larsen, 2016).

Por ello, para la población mexicana es de gran importancia que el huevo esté disponible en todas las tiendas y sea barato, además de que éste producto cuente con una buena pigmentación en la yema, debido a que el mercado tiene mayor preferencia por los huevos con yema color naranja, lo que determina la oferta del producto en el mercado (Arroyo, 2010).

1.3 Formación del huevo

En lo que respecta a la formación del huevo, Fernández y Lobato (2009) mencionan que la gallina produce un huevo cada 24-26 horas, sean o no fecundadas por un gallo. Su proceso de formación es complejo y comprende desde la ovulación hasta la puesta del huevo, se produce generalmente entre las 7 y las 11 de la mañana y la ovulación puede demorarse de 15 a 30 minutos después de que haya sido puesto el huevo anterior.

Sastre *et al.* (2002) afirman que el desarrollo de la yema ocurre en el ovario, la cual proviene de un óvulo rodeado por la pared folicular. La ovulación ocurre al momento en que el folículo está maduro y se libera la yema para luego permanecer en el oviducto. Aproximadamente 10 días antes de la ovulación, la yema pasa por una fase de crecimiento dentro del folículo ovárico llamada vitelogénesis, en esta fase se observan algunas capas que varían en coloración de acuerdo a la concentración de carotenoides que han sido consumidos por la gallina. Después ocurre la ovulación, donde la yema es liberada a nivel del estigma, la cual es una pared folicular llena de capilares sanguíneos y así pasa hacia el oviducto, esto ocurre de 8 a 10 horas después de que se produzca el pico de LH y la puesta del huevo ocurre 24 horas después, y así la siguiente ovulación sucede 30 minutos después.

1.4 Estructura del huevo

Hernández (2010) señala que el peso medio de un huevo es de aproximadamente 60 g. García (2010) afirma que la cáscara que lo envuelve le brinda una forma ovalada, puede ser de color blanco, amarillo o café dependiendo de la genética de la gallina (raza y/o estirpe). Tiene tres partes que se encuentran bien diferenciadas: la cáscara, la cual ocupa de 8 a 11% del peso total, la clara, que corresponde a 56 o 61% y la yema que representa de 27 a 32%.

1.4.1 Cáscara

Fernández y Lobato (2009) reportan que la cáscara es el recubrimiento exterior del huevo, es importante ya que mantiene íntegro al huevo y actúa como una barrera bacteriológica, está formada en mayor proporción principalmente por calcio y, en menor concentración otros minerales como sodio, magnesio, zinc, manganeso, hierro, cobre, aluminio. Esta superficie es atravesada por poros (7000-15000) que forman túneles entre los cristales minerales y permiten el intercambio gaseoso entre el interior y el exterior, también está cubierta por una cutícula orgánica, formada principalmente por proteínas (90%) y pequeñas cantidades de lípidos y

carbohidratos, cuya función es cerrar los poros para impedir la penetración de microorganismos, pérdida de agua y además proporcionar un aspecto brillante al huevo.

1.4.2 Membranas

En la parte interna de la cáscara se encuentran dos membranas constituidas por fibras de núcleo proteico y rodeado de polisacáridos, las cuales separan la cáscara de la clara y la protegen de la contaminación microbiana, ambas membranas se separan para formar una pequeña cámara de aire, la membrana externa y la membrana interna (Hernández, 2010).

1.4.3 Clara o albumen

En esta se distinguen dos partes: la clara densa y la clara fluida. La clara densa es la que rodea a la yema, además de ser la principal fuente de riboflavina y de proteína y, la clara fluida es la que se encuentra más cercana a la cáscara. La clara está formada principalmente por agua (88%) y proteína (12%) como la ovoalbúmina, también contiene vitamina B2 y niacina mismas que están en mayor cantidad en la clara en comparación con la yema. La clara es transparente, aunque en ocasiones puede presentar alguna partícula blanquecina que se relaciona con la frescura del huevo. Dentro de la clara también se encuentran las chalazas que son las que sujetan a la yema en el centro (Huevo, 2014).

1.4.4 Yema o vitelo

Para Fernández y Lobato (2009) la yema es la parte central color naranja-amarillo del huevo, rodeada de una membrana vitelina que le da forma circular y permite

que se mantenga separada de la clara. Gómez y Valero (2006) mencionan que la yema se compone: 50% de agua, 30% de lípidos y 20% de proteína. Los sólidos o materia seca de la yema contienen proteínas, lípidos, vitaminas, minerales y carotenoides (responsables del color amarillo-naranja). Dentro de la yema se encuentra el disco germinal o blastodisco en el que se inicia la división de las células embrionarias, cuando el huevo está fecundado.

1.5 Valor nutricional del huevo

1.5.1 Proteínas y aminoácidos

Un huevo aporta principalmente 6 gramos de proteína, la cual se encuentra distribuida en clara y yema. Las proteínas más importantes presentes en la clara son ovoalbúmina (54%), ovomucina (11%) y, lisozima (3,4%). El resto están localizadas en la yema, la cual consiste en una emulsión de agua y lipoproteínas. La composición proteica del huevo es de alto valor biológico, debido a que contiene aminoácidos esenciales en proporción ideal para cubrir las necesidades de las personas que lo consumen (Barroeta, 2008).

1.5.2 Lípidos

Aburto (2008), menciona que un huevo de 60 gramos contiene aproximadamente 11% de fracción grasa, la cual se encuentra depositada únicamente en la yema, de ésta 66% son triglicéridos, 28% fosfolípidos y 5% colesterol. Sastre *et al.* (2002) señalan que la yema de huevo tiene 7.5 g de lípidos totales, de los cuales 2 g corresponden a los ácidos grasos saturados, 1.1 g a ácidos poliinsaturados y 3 g a ácidos grasos monoinsaturados, la relación entre ácidos grasos saturados/poliinsaturados es igual a 0.55, cuyo dato es aceptable y recomendado en nutrición, a su vez, el ácido linoléico (monoinsaturado) que aporta de manera favorable al humano.

1.5.3 Vitaminas y Minerales

El huevo tiene todos los grupos de vitaminas excepto la vitamina C, las vitaminas liposolubles (A, E, D y K) se encuentran en yema, el resto de estas se distribuyen tanto en yema como en la clara, principalmente la biotina, el ácido pantoténico, B1, B6, ácido fólico y B12 en yema, mientras que el 50% de la B2 se deposita en la clara. En cuanto a los minerales, los más importantes presentes en yema y clara son el zinc (4,7 %), selenio (9,7), hierro (10,5 %) y calcio (3,9 %) (Haro, 2010).

1.5.4 Otros Componentes

Hernández (2010) menciona a la colina, otro componente que aporta el huevo, es una amina importante para el funcionamiento y la integridad estructural de las células. Otros componentes presentes son la luteína y la zeaxantina, xantofilas presentes en la yema, se solubilizan en la grasa de la yema, sirven como antioxidante y previenen problemas oculares.

1.6 Carotenoides: generalidades y clasificación

Hernández (2010), señala que los carotenoides son un grupo de compuestos considerados como fuente esencial de pigmentos, se encuentran distribuidos en la naturaleza, como en plantas e insectos y, otorgan principalmente los colores rojo, amarillo y naranja, sin embargo, estos pigmentos no pueden ser producidos por animales, pero se llegan a obtener de alimentos de origen animal como, moluscos que se alimentan de algas ricas en carotenoides.

Existen aproximadamente 750 carotenoides de estructura conocida y anualmente se describen alrededor de 20 nuevos componentes de esta familia, los más comunes en la naturaleza según García *et al.* (2004) son los siguientes:

- Fucoxantina (Algas)
- Luteína (Plantas verdes)
- Violaxantina (Plantas verdes)
- Neoxantina (Plantas verdes)
- α -Caroteno (Amplia distribución)
- β -Caroteno (Amplia distribución)
- Zeaxantina (Amplia distribución)
- Licopeno (Tomates)
- Capsantina (Pimentón)
- Bixina (Achiote)
- Criptoxantina (Naranja, maíz)

De acuerdo con Calvo (2012), los carotenoides se clasifican de acuerdo a su estructura química en dos grandes grupos principales, los carotenos, los cuales son estrictamente hidrocarbonados y, las xantofilas que contienen oxígeno. Martínez (2003), menciona que los carotenoides se encuentran en las partes aéreas de las plantas como en hojas, tallos y flores, así como en frutos y raíces, también señala que el carotenoide más abundante es el β -caroteno el cual representa entre el 25 y 30 % del contenido total de carotenoides en las plantas, además, los flavonoides también confieren coloraciones azules a muchas flores y frutos.

Dependiendo de los radicales de oxígeno en su molécula, los carotenoides, otorgan distintas propiedades de pigmentación, entre las cuales se encuentra el rojo, naranja y amarillo (Zhang *et al.*, 2011). Otros pigmentos no menos importantes son las xantofilas, son dominantes en los tejidos amarillos mientras que los carotenos tienden a dar un color naranja, así como los pigmentos rojos que deben su color a la capsantina, que es una xantofila específica de esta especie (Ocampo *et al.*, 2008).

1.7 Rol de los carotenoides

En las plantas, los carotenoides funcionan como antioxidantes, precursores de hormonas, colorantes y componentes esenciales del proceso fotosintético. Otra característica, es su habilidad de absorber luz en regiones del espectro visible, donde la clorofila no es muy absorbente. Los animales son generalmente incapaces de sintetizar carotenoides y, requieren de una dieta que contenga algunos de estos, por lo general provenientes de plantas o de algunas otras fuentes para satisfacer sus demandas diarias, su función fundamental es dar color (Amaya *et al.*, 2014).

Tamayo *et al.* (2011) señalan que el huevo contiene componentes carotenoides como la luteína y zeaxantina, que se encuentran presentes en la yema, éstos son de gran interés comercial pues son las que le otorgan el color a la yema de huevo, estas hacen al huevo un alimento funcional, porque tienen un efecto antioxidante, antimutagénico y anticarcinogénico, en las gallinas, se encontró que el consumo de este compuesto mejoró la producción de huevos, el porcentaje de fecundación y el estado de salud de las gallinas, en los humanos actúan en el ojo y protegen y previenen las cataratas y la degeneración macular (Fernández y Lobato, 2009).

1.8 Digestión y absorción lipídica en las aves

Como se mencionó con anterioridad, los carotenoides son lípidos no saponificables que en las aves son digeridos y transportados hasta el hígado de manera diferente que la que se produce en los mamíferos. El estómago muscular (molleja) y el intestino son los principales órganos encargados de emulsificar los lípidos, la formación de micelas y la absorción de lípidos se logra gracias a los ácidos biliares, al jugo pancreático y, el ácido tauroquenodesoxicólico el cual inhibe la liberación de lipasa pancreática, donde los lípidos hidrolizados en el intestino son devueltos al estómago muscular antes de ser absorbidos por el duodeno y la parte anterior del yeyuno (Osorio y Flores, 2011).

Almirón (2013) menciona que la absorción de lípidos de cadena corta es llevada a cabo por el sistema porta, donde los ácidos grasos de cadena larga, se activan en las células epiteliales y se reutilizan para la síntesis de triacilgliceridos y fosfolípidos, para ser enviados a la circulación en forma de quilomicrones (86% triglicéridos, 8.5% fosfolípidos, 2.5% colesterol y 2% proteínas), estos salen por un proceso inverso a la pinocitosis en las células epiteliales del intestino y se dirigen por los vasos linfáticos hasta la cavidad torácica y a la circulación sanguínea donde van a ser utilizados.

Menos de 10% de los carotenoides consumidos por las gallinas logra convertirse en vitamina A, el alfa y beta carotenos y la criptoxantina contribuye al suministro de esta vitamina. Una parte de los carotenoides con actividad pro vitamínica se convierten en vitamina A en la mucosa intestinal, la otra parte escapa a la conversión y pasa al torrente sanguíneo para depositarse en la yema. La cantaxantina se absorbe en el intestino delgado, se transporta por la sangre hasta el hígado y se transforma en sustancias intermediarias precursoras de la vitamina A como el 4-oxoretinol, el resto sigue intacto y es transportado por las lipoproteínas a los depósitos blanco (Araújo y Araújo, 2014).

1.9 Transporte y deposición de los carotenoides

De acuerdo con Zaviezo (2014), las xantófilas se encuentran en forma de ácidos grasos, luego de saponificarse, estas moléculas se hacen biodisponibles y se absorben en el tracto digestivo, pasan al torrente sanguíneo, se metabolizan en el hígado y se depositan en la yema de huevo. La saponificación les otorga mayor efectividad al pigmento a nivel intestinal (absorción en forma libre), el lugar de absorción se realiza a nivel de duodeno y yeyuno superior, en estos tramos del intestino el tiempo de tránsito es corto. Brenes (2014) menciona que en las gallinas ponedoras el 25% de la zeaxantina que es ingerida es eliminada en la yema de huevo y el 50% se deposita en los ovarios.

1.10 Función de los carotenoides

Como menciona Souza (2008), los carotenoides cumplen diversas funciones en la avicultura, una de ellas es su función metabólica, donde sirven como comunicadores visuales, precursores de vitamina A, inmunomoduladores y antioxidantes. Otra función importante es la pigmentación de la yema de huevo de acuerdo a las preferencias del consumidor, ya que se relaciona el color intenso de la yema con un huevo fresco y rico en nutrientes.

La misma fuente también menciona que, otra función de los carotenoides en la avicultura es la pigmentación de la piel de los pollos, pues en algunos países (China, España, Francia, Italia y México) el color del pollo es muy importante y se considera un símbolo de calidad, frescura y valor nutritivo. En el pollo de engorda, los carotenoides se depositan principalmente en tarsos, piel y grasa subcutánea.

1.11 Carotenoides en la industria avícola

Carné y Zaragoza (2015), han reportado que el huevo puede ser enriquecido con altos niveles de luteína y zeaxantina a través de la adición de suplementos que contienen estos carotenoides en la dieta de las gallinas. La fuente principal de algunos suplementos naturales procede del extracto de pétalos de girasol, que se presenta en forma de luteína y zeaxantina concentradas y en estado libre -no esterificadas con ácidos grasos, esto aumenta su biodisponibilidad en las aves y la deposición en la yema de huevo. Con estas xantófilas se obtienen tonos de yema amarillos y dorados (Varrita *et al.*, 2015).

Dentro de la industria avícola, es común realizar la coloración de la yema también por medio de la utilización de pigmentos sintéticos, los cuales se encuentran disponibles a nivel comercial; los carotenoides sintéticos son estabilizados

químicamente para brindar un suministro constante, uniforme y que sea de fácil absorción por el ave, algunos ejemplos de este tipo de compuestos son los ésteres apocarotenóico (apoéster) y la cantaxantina, que son capaces de otorgar tonos anaranjados y rojos a la yema (Cuevas *et al.*, 2003).

Fernández (2014) señala que los pigmentos amarillos más importantes económicamente usados en avicultura son 3:

1. Etil-éster del ácido apocarotenóico, molécula de origen sintético de color amarillo-naranja.
2. Luteína.
3. Zeaxantina.

Para el pollo de engorda, el único pigmento rojo que se sitúa en la piel, es la cantaxantina.

1.12 Principales fuentes de pigmentos

Actualmente en México, los principales pigmentos provenientes de xantófilas naturales son los carotenoides que se encuentran en los chiles, los cuales son frutos del género *Capsicum*, las provenientes de la flor de Cempasúchitl (*Tagetes erecta*), del maíz, del gluten de maíz, del sorgo y de la harina de alfalfa, estas son las principales materias primas utilizadas como fuente de luteína y capsantina para uso en la alimentación animal (Martínez *et al.*, 2004).

De acuerdo con López (2014), en el 2012 los pigmentos provenientes de la flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*) fueron importados desde China debido a la poca inversión nacional en la siembra de la flor y su uso exclusivamente ornamental. La producción nacional de flor de cempasúchil en ese año fue de 9 mil hectáreas y 9 mil toneladas en volumen de flor fresca, una empresa china produce por sí misma 6 mil hectáreas de flor de cempasúchil.

Mascarell y Carné (2011) mencionan que el consumo mundial anual de pigmentos naturales aumentó 5% en el 2011, también señalan que la disponibilidad del producto cosechado depende de diversos factores como el clima. También hacen referencia a que la flor de cempasúchil, que es una buena fuente de xantofilas amarillas, se cultiva mayormente en China y en la India, superando a Perú y México, a consecuencia de la baja producción a lo largo del año, el riesgo de malas cosechas, la luz, la temperatura, la pluviometría, entre otros factores.

Las xantófilas sintéticas no presentan variaciones de producción entre años pero no es rentable suplir las fluctuaciones en la disponibilidad de pigmentos naturales, cuando se produce una escasez en los productos naturales, también hay un aumento importante del precio de los productos sintéticos por la gran demanda que no puede ser abastecida. Este hecho ha provocado la necesidad de buscar nuevas estrategias para optimizar la utilización de los pigmentos disponibles y mantener los niveles de coloración de los productos demandados en los diferentes mercados, nacional e internacional (Mascarell y Carné, 2011).

A partir del año 2010, empezaron a aumentar los costos de los productos pigmentantes naturales, por lo que desde entonces se requiere la combinación de pigmentos naturales y sintéticos para lograr la coloración deseada por el consumidor, además existe un decremento en los niveles de pigmentos que se adicionan al alimento, pues estos representan entre 8 y 10% del costo total de la dieta (Hernández, 2014). La misma fuente menciona que, de los pigmentos sintéticos utilizados en México, de 30 a 40% de la cantaxantina y 25% de la zeaxantina se deposita en la yema; una proporción muy baja de los pigmentos es retenida en el organismo, el resto es excretado.

1.13 Generalidades de *Tithonia diversifolia* como alternativa pigmentante

Debido a los altos precios de los pigmentos para aves, se han ido buscando fuentes alternativas que sean eficientes y rentables, además de otorgar nutrientes a los suelos para su recuperación. Se ha observado a través del tiempo que las plantas forrajeras como la *Tithonia diversifolia* (de distribución mundial) son grandes alternativas para tener un buen rendimiento productivo sin poner en riesgo el bienestar de los animales y obteniendo beneficios como la disminución de costos (González *et al.*, 2014).

Para Ríos (2002), *Tithonia diversifolia* conocida también como árbol maravilla, girasol mexicano, falso girasol, crisantemo de Nitobe, quil amargo, mirasol, botón de oro, saján grande, árnica de la tierra, margaritona, botón dorado, yerba de bruja, tara, árnica, tora amarilla y wild sunflower. Es una planta herbácea enormemente ramificada que puede alcanzar una altura de hasta cinco metros. Posee grandes flores amarillas con fuerte olor a miel y hojas simples y alternas, con tres a cinco lóbulos, el central más grande que los otros (Calle y Murgueitio, 2008).

Olabode *et al.* (2007), mencionan que la *Tithonia diversifolia* es originaria de América del Sur y que crece rápidamente en el borde de los caminos incluso bajo condiciones desfavorables, se multiplica fácilmente por brotes. También señalan que puede producir hasta 275 toneladas de materia verde (55 toneladas de materia seca) por hectárea por año, además puede soportar la poda a nivel del suelo y la quema. Calle y Murgueitio (2008), señalan que esta planta se encuentra distribuida de manera natural desde el sur de México hasta Centroamérica y el norte de Sudamérica, ha sido introducida en Estados Unidos, las islas del Pacífico, Australia, África y Asia. Crece en áreas perturbadas como bordes de ríos, caminos y carreteras.

González *et al.* (2014) mencionan que *Tithonia diversifolia* posee ramas fuertes, una raíz principal puntiaguda con múltiples ramificaciones secundarias muy finas, flores amarillas-naranja de 3 a 6 cm y corolas de 8 mm de longitud, además posee un tallo erecto, ramificado y único, con 24 a 36 haces vasculares colaterales aproximadamente que le brindan un soporte esquelético inmenso. Tiene hojas alternas que miden de 7 a 20 cm de largo por 4 a 20 cm de ancho, se dividen en tres a cinco lóbulos, la cara superior está cubierta de pelos (Pérez *et al.*, 2009).

Los mismos autores (Pérez *et al.*, 2009) afirman que las flores del botón de oro tienen forma de lengüeta, se ubican en el contorno de la cabezuela, su fruto es seco y no se abre, el aquenio (sólo 1 semilla) es alargado, está cubierto de pelillos sobre su superficie, en la cumbre del fruto hay una estructura llamada vilano. Además, de acuerdo a la ubicación geográfica donde se encuentre la planta, puede ser anual o perenne, florece y produce frutos durante todo el año, principalmente en octubre y noviembre, se propaga por semillas o brotes.

Como mencionan González *et al.* (2014), la planta del botón de oro ha confirmado que puede restaurar de manera rápida la fertilidad del suelo y los nutrientes que han sido degradados ya que se observó que los suelos después de seis meses de sembrado el botón de oro (*Tithonia diversifolia*) aumentaron el contenido de nitrógeno en 191 kg/ha, de fósforo en 8,1 kg/ha, potasio en 271 kg/ha, calcio en 70 kg/ha y magnesio en 32 kg/ha.

Tithonia diversifolia también se usa como insecticida para controlar las hormigas, mejoradora de los suelos degradados, como cortinas rompevientos y cercas vivas, además, funciona como protector de plantas y cultivos. El uso de plantas forrajeras en la alimentación del ganado ha ido en aumento debido al incremento en el precio de los cereales y oleaginosas en todo el mundo, por lo que la suplementación del alimento comercial con la harina de estas plantas se utiliza cada vez más en la ganadería (Crespo *et al.*, 2011).

Gallego *et al.*, (2014) aseveran que nutricionalmente el botón de oro podría presentar transformaciones de acuerdo a las condiciones del suelo donde haya sido cultivada, incluyendo otros factores ambientales como las temporadas secas o lluviosas que existen en el año.

El botón de oro ostenta altos niveles de carbohidratos solubles en comparación con otras plantas forrajeras, es alta en minerales, presenta metabolitos secundarios que no presentan características nutricionales como los taninos condensados, aunque no presentan una toxicidad relevante. Los animales consumen la planta completa, con preferencia por hojas y flores (Maina *et al.*, 2012).

Pérez *et al.* (2009) reportaron que la variación en la calidad nutritiva del follaje de *Tithonia diversifolia* depende del estado vegetativo en que se encuentre, en los estados de crecimiento avanzado (30 días) y prefloración (50 días), se encontraron los valores más altos de proteína.

Medina *et al.* (2009) aseguran que el valor de carbohidratos solubles en esta planta, presenta valores de entre 9,65% y 12,92%, los niveles de almidón fueron de entre 4,55% y 6,73%, que pueden variar de acuerdo al grado de madurez de la planta. De acuerdo con Maina *et al.* (2012), el nivel de taninos extractables totales puede estar entre 29,2 gramos por kilogramo de materia seca en hojas maduras y 37,7 gramos por kilogramo de materia seca en hojas jóvenes. Naranjo y Cuartas (2011) mencionan que el botón de oro ostenta un buen balance entre proteína y compuestos fibrosos.

1.14 Calidad de huevo

En la industria, la calidad del huevo se basa principalmente en la frescura, ya que suele decirse que los huevos frescos son los que tienen un mejor sabor, uno de los

métodos utilizados para clasificar los huevos consiste en examinarlo en un ovoscopio para identificar cáscaras agrietadas, yemas fertilizadas, manchas color rojo, cámaras de aire agrandadas, claras fluidas y yemas deslocalizadas del centro. Los huevos frescos sin cáscara tienen yemas abultadas, una mayor cantidad de clara densa y firme en proporción con la clara fluida y delgada, por lo que un huevo viejo se extiende sobre un área mayor que la que cubre un huevo fresco (Herrera *et al.*, 2003).

2. Hipótesis

Por los antecedentes ya señalados se puede suponer que la harina de *Tithonia diversifolia* en diferentes niveles de inclusión en la dieta de gallinas, tiene diferente efecto sobre la pigmentación de la yema, así como los diferentes grados de pigmentación de la yema, tienen diferente efecto sobre la tasa de incubabilidad del huevo fértil.

3. Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes niveles de inclusión de harina de hoja de *Tithonia diversifolia* en la pigmentación de la yema de huevo y el grado de pigmentación sobre la tasa de *incubabilidad* del huevo fértil.

3.1 Objetivos específicos

- Diagnosticar la composición química y consumo de alimento para los diferentes niveles de adición de *Tithonia diversifolia*.
- Determinar el efecto de la inclusión de 0, 1, 2, 3 y 4% de harina de *Tithonia diversifolia* sobre el grado de pigmentación de la yema de huevo.

- Evaluar el efecto del grado de pigmentación de la yema de huevo fértil sobre la tasa de *incubabilidad*.

4. Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en las instalaciones del sector avícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, ubicado en el km 9.5 de la carretera Morelia-Zinapécuaro, municipio de Tarímbaro, Michoacán, México, durante los meses de Marzo a Mayo de 2016. Dicho municipio se encuentra a una altura de 1,860 metros sobre el nivel del mar, en las coordenadas 19°48' de latitud norte y 101°10' de longitud oeste; con una temperatura mínima promedio es de 6°C y máxima promedio de 28°C. Con un clima templado con humedad media y una captación pluvial anual de 609.0 milímetros (INEGI, 2009).

Se utilizaron 20 gallinas Plymouth Rock Barrada de 40 semanas de edad, alojadas en jaulas individuales, simulando condiciones de manejo comercial, las cuales fueron distribuidas completamente al azar en cinco tratamientos con cuatro replicas cada uno, tomándose como unidad experimental cada gallina⁻¹, mismas que fueron evaluadas durante un periodo de nueve semanas con previa semana de adaptación. El proceso de alimentación fue mediante una regulación diaria del consumo de alimento, en el cual se proporcionaron 120 g de alimento comercial, con la inclusión de *Tithonia diversifolia* a cada gallina⁻¹ en comederos individuales, mismo suministro incrementó conforme aumentó el consumo de alimento. Los tratamientos utilizados se muestran a continuación en la Tabla 1:

Tabla 1. Descripción de las dietas correspondientes a cada tratamiento

Tratamiento		Descripción
T1	(n=4)	100% alimento comercial
T2	(n=4)	99% alimento comercial + 1% de harina de <i>Tithonia diversifolia</i>
T3	(n=4)	98% alimento comercial + 2% de harina de <i>Tithonia diversifolia</i>
T4	(n=4)	97% alimento comercial + 3% de harina de <i>Tithonia diversifolia</i>
T5	(n=4)	96% alimento comercial + 4% de harina de <i>Tithonia diversifolia</i>

Todos los tratamientos fueron suministrados en forma de harina; para ello, se recolectó únicamente las hojas (Base, haz, envés y ápice) de *T. diversifolia*, las cuales fueron sometidas a un proceso de deshidratación de forma natural en el sol durante un periodo de cinco días. Posteriormente, tanto el alimento comercial como las hojas secas de *T. diversifolia* fueron sometidas a un proceso de molienda en forma manual con un molino para grano y tamizadas con una criba de 3mm de diámetro. De esta forma se pudieron establecer homogéneamente cada uno de los tratamientos con su respectivos niveles de inclusión de harina de *T. diversifolia*. Cada uno de los tratamientos se mantuvo con un fotoperiodo de luz natural.

Una vez mezcladas las proporciones de cada tratamiento, se determinó la composición químico nutricional, a través del análisis bromatológico de cada una de las dietas suministradas en el experimento (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis bromatológico de la composición de las dietas

Componente	Tratamiento				
	T1	T2	T3	T4	T5
Humedad g%	9.0	9.2	9.2	9.0	9.2
Materia Seca g%	91.0	90.8	90.8	91.0	90.8
Extracto Etéreo (grasa) g%	3.88	7.66	8.43	5.85	3.86
Fibra Cruda g%	10.89	8.61	11.08	7.59	13.33
Proteína Cruda g%	14.35	17.06	13.52	13.26	13.83
Cenizas (minerales) g%	15.04	18.44	12.28	13.51	15.56
E.L.N (carbohidratos) g%	56.04	48.23	54.70	59.80	53.43

Las prácticas de manejo y de inmunización previas al inicio de postura fueron similares para cada uno de los tratamientos; vacunación contra Marek, Viruela y Gumboro en la planta incubadora y posteriormente aplicación de dos vacunas contra Newcastle por vía ocular (8 y 21 días de edad); así como el refuerzo contra viruela, de igual forma, a los 21 días de edad y, a las 14 semanas de vida se inmunizaron con la vacuna triple aviar (*Haemophilus paragallinarum*, Newcastle, *Pasteurella multocida* A aviar, *Pasteurella multocida* X 73).

Las variables evaluadas durante la prueba fueron: peso vivo al inicio y final del experimento, consumo de alimento diario, porcentaje de postura, calidad de huevo: peso de huevo (g), altura de albumen (cm), espesor de cascarón (mm), pigmentación de yema y unidades Haugh (UH). Además se evaluó porcentaje de fertilidad e *incubabilidad*, así como el peso de los pollitos al nacimiento.

El consumo de alimento se obtuvo diariamente, por la diferencia entre el suministro y el sobrante del día, con una báscula digital (Sartorius) con precisión de 0.1 g. El peso de las gallinas se registró al inicio y final del experimento con una báscula digital (Torrey®) con precisión de 0.5 g. Para los indicadores de calidad de huevo: peso de huevo (g) se utilizó una báscula digital; altura de albumen (cm) se obtuvo con la barra de profundidad de un Vernier; espesor de cascarón con un micrómetro de mano (Mitutoyo No. 7301); pigmentación en la yema con el abanico colorimétrico de la escala de Roche (Ovocolor BASF D-6700) y las unidades Haugh como indica Guerra (2000) y el porcentaje de postura de acuerdo a Kwari *et al.* (2011), se calcularon con las siguientes ecuaciones:

$$UH = 100 \log (h - 1.7p^{0.37} + 7.6)$$

Donde:

h= altura (mm) de la clara

p= peso del huevo

$$\text{Postura} = \frac{\text{número de huevos puestos}}{\text{total de días}} \times 100$$

Con respecto a la producción de huevo fértil: estos se obtuvieron en la última semana del experimento. Para ello, el total de gallinas fueron alojadas en jaulas colectivas en piso con un macho por tratamiento, para realizar la fecundación por medio de monta natural con una relación macho: hembra de 1:4 respectivamente. Los cinco tratamientos permanecieron por un lapso de 48 h; al concluir el periodo las gallinas fueron regresadas a su jaula individual para iniciar la recolección de huevo fértil durante una semana. La fase de incubación constó de 21 días. Se utilizó una incubadora eléctrica con volteo automático con capacidad para 270 huevos, la temperatura y humedad dentro de la incubadora fueron: 100° F y entre 55 y 60% respectivamente.

Se evaluó porcentaje de fertilidad al 14^{vo} día de incubación, mediante el retiro de los huevos de la maquina incubadora para ser sometidos al procedimiento de embriodiagnos, a través del miraje a contraluz en el ovoscopio, donde se descartaron los huevos infértiles o claros, volviendo a introducir a la incubadora los huevos opacos o fértiles. El porcentaje de *incubabilidad* como mencionan Valladares y Cumpa (2016) y la fertilidad como señalan Galíndez *et al.* (2009), se determinaron al término del periodo de incubación, ambos porcentajes se calcularon con las fórmulas descritas a continuación:

$$\%Fertilidad = \frac{\text{número de huevos fértiles}}{\text{total de huevos incubados}} \times 100$$

$$\%Incubabilidad = \frac{\text{número de pollitos nacidos}}{\text{número de huevos fértiles}} \times 100$$

Finalmente, después de haber determinado los indicadores de incubación, se registró el peso al nacimiento de los pollitos de cada tratamiento.

Los datos obtenidos en la presente investigación se analizaron estadísticamente mediante la metodología de modelos lineales generalizados (GLM) y las diferencias entre tratamientos se realizó a través del procedimiento de medias de mínimos cuadrados (Lsmeans) (SAS, 2010).

5. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en la presente investigación muestran que, se encontró efecto de tratamiento ($P < 0.05$) en relación al consumo de alimento (Tabla 3). Al respecto, el mayor valor encontrado fue en el tratamiento 4 con 128.8 g al cual se adicionó 3% de harina de *T. d.*, ello en comparación con los demás tratamientos los cuales presentaron consumos inferiores, entre 109 y 118 g. Estos resultados están por encima de lo reportado por Togun *et al.* (2006) quienes adicionaron harina de *Tithonia diversifolia* en seis niveles de inclusión (5 hasta un 30%) y, obtuvieron consumos de alimento desde los 57 hasta 73 g en gallinas de postura. Sin embargo se encuentran dentro de lo reportado por Rafiu *et al.* (2008) quienes también utilizaron harina de *Tithonia diversifolia* en 1, 2 y 3% y registraron valores de 111.2, 115.3, 114.1 g respectivamente.

Tabla 3. Medias de mínimos cuadrados para consumo de alimento durante el periodo experimental de acuerdo al tratamiento

Tratamiento	Consumo de alimento (g)
	Media $\pm$ D.E.
1	117.9 ^a $\pm$ 17.5
2	113.9 ^b $\pm$ 28.0
3	109.8 ^c $\pm$ 20.9
4	128.8 ^d $\pm$ 27.7
5	116.8 ^{ab} $\pm$ 18.1

Literales ^{a,b} = indican diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) dentro de columna.

De acuerdo con Ibarra (2013), el consumo de alimento en las gallinas está influenciado por diversos factores tales como: peso corporal, producción de huevo, temperatura ambiente, textura del alimento, cantidad de nutrientes presentes en la

dieta, así como el nivel energético del alimento. Por lo cual, los factores que pudieron haber influido en el consumo de alimento, es la composición de la dieta (Tabla 1). Al respecto, Roa *et al.* (2010) afirman que el botón de oro es una planta de importante valor nutricional ya que presenta 31.6% de fibra cruda, también 39.4% de fibra detergente neutra y 29.7% de fibra detergente ácido. Entre los principales efectos que la fibra produce en el tracto gastrointestinal de las gallinas, se encuentra la modificación en el consumo voluntario, las secreciones digestivas, absorción en el tránsito intestinal y en el metabolismo lipídico (Savón, 2002)

De igual manera, el incremento en el consumo de alimento en el T4, pudo estar relacionado al peso vivo registrado en las gallinas del mismo tratamiento (Tabla 4), ya que Bell (1982), menciona que el incremento en el consumo de alimento puede deberse al alto grado de correlación que existe entre el peso vivo y el consumo de alimento, lo que quiere decir que las gallinas más pesadas consumen más alimento, esto para satisfacer los requerimientos necesarios de energía que demanda su organismo, lo que concuerda con los pesos encontrados en la presente investigación. Sin embargo, a pesar de ser más pesadas las aves del T4, no se encontró efecto de tratamiento ($P>0.05$) sobre peso vivo, lo que sugiere que la adición de harina de *T. d.*, en los diferentes porcentajes de inclusión no afectó el peso vivo al final del periodo, lo que es positivo para la producción y representa ventajas a lo largo del ciclo productivo, entre ellas; mayor uniformidad en la parvada y en el peso de huevo, persistencia en la producción al tener menos desgaste de reservas corporales además, una menor cantidad de cascarones defectuosos en la producción (Mota y Cabrera, 2014).

Tabla 4. Medias de mínimos cuadrados para el peso vivo de las gallinas al inicio y final del periodo experimental de acuerdo al tratamiento

Tratamiento	Peso vivo (kg)	
	Inicio	Final
1 (AC+0%)	2.308 ^a ± 0.358	2.150 ^a ± 0.313
2 (AC+1%)	2.151 ^a ± 0.263	1.998 ^a ± 0.293
3 (AC+2%)	2.125 ^a ± 0.410	2.031 ^a ± 0.422
4 (AC+3%)	2.550 ^a ± 0.418	2.351 ^a ± 0.497
5 (AC+4%)	2.169 ^a ± 0.289	2.043 ^a ± 0.288

AC= alimento comercial. Literales ^{a,b} = indican diferencia estadística significativa ($P<0.05$) dentro de columna.

Se ha reportado que a medida que aumenta el peso de la gallina, hay un incremento en el peso del huevo, sin embargo, si el peso de la gallina rebasa el límite, el tamaño del huevo ya no incrementa (Rojas *et al.*, 1977). Al respecto, esto no se vio reflejado en el peso de huevo (Tabla 5), el cual es el principal indicador evaluado en calidad de huevo, en donde no hubo efecto de tratamiento ($P>0.05$) sobre peso de huevo, estos valores concuerdan con los datos reportados por Hernández *et al.* (2010) quienes registraron pesos promedio de 60.3 g, 66.8 y 70.1 en las semanas 34, 46 y 59 de edad con un pigmento comercial, y de 59.6, 65.3 y 69.3 en las mismas semanas con la muestra control.

Tabla 5. Medias de mínimos cuadrados para indicadores de calidad de huevo de las gallinas de acuerdo al tratamiento

Tratamiento	Media $\pm$ D.E				
	PH (g)	AA (cm)	PigY	EC (mm)	UH (%)
1 (AC+0%)	62.9 ^a $\pm$ 4.7	0.6 ^a $\pm$ 0.33	12.3 ^a $\pm$ 0.5	0.38 ^a $\pm$.04	71.3 ^a $\pm$ 24.6
2 (AC+1%)	62.4 ^a $\pm$ 6.4	0.9 ^b $\pm$ 0.19	12.9 ^b $\pm$ 0.4	0.36 ^a $\pm$.05	89.9 ^b $\pm$ 6.7
3 (AC+2%)	61.6 ^a $\pm$ 8.2	0.7 ^{a,b} $\pm$ 0.16	13.0 ^b $\pm$ 0.0	0.40 ^{ab} $\pm$.07	83.7 ^{ab} $\pm$ 12.7
4 (AC+3%)	62.3 ^a $\pm$ 4.2	0.9 ^b $\pm$ 0.22	13.5 ^c $\pm$ 0.5	0.38 ^a $\pm$.04	90.0 ^b $\pm$ 4.4
5 (AC+4%)	55.7 ^b $\pm$ 4.6	0.8 ^{a,b} $\pm$ 0.19	14.0 ^d $\pm$ 0.0	0.33 ^{ac} $\pm$.06	89.1 ^b $\pm$ 10.0

AC= alimento comercial, PH= Peso de huevo, AA= altura del albumen, PigY= pigmentación en yema, EC= espesor de cascarón, UH= unidades Haugh.

Literales ^{a,b} = indican diferencia estadística significativa ($P<0.05$) dentro de columna.

Otro indicador es la altura del albumen, que es la característica más significativa para evaluar la calidad del huevo, está estrechamente relacionada con la frescura del huevo y la edad de la gallina, aunque se ha reportado que, la dieta de las gallinas puede cambiar la consistencia del albumen (Soler *et al.*, 2011). Con respecto a este indicador, hubo efecto de tratamiento ($P<0.05$) sobre altura de albumen, donde T2 y T4 presentaron el nivel más alto con 0.9 cm y el nivel más bajo se presentó en T1 con 0.6 cm, estos valores no concuerdan con Mahecha y Rosales (2005), quienes afirman que la altura de albumen no presentó cambios significativos al adicionar el 15% de harina de botón de oro al pienso de las gallinas.

La altura del albumen y el peso del huevo son usados para calcular las unidades Haugh (UH) (Togun *et al.*, 2006), para ello, al calcular dichas unidades, mostraron efecto de tratamiento ($P < 0.05$) (Tabla 5), donde el T4 presentó mayor nivel de UH con 90.0 %, el menor fue el T1 con 71.3% de nivel de UH. Lo cual, de acuerdo a lo mencionado por Oliveira *et al.* (2009), valores mayores a 72 UH representan una excelente calidad, así mismo, de 60 a 72 UH una alta calidad y valores menores a 60 corresponden a una calidad inferior. Ante esto, los valores de los huevos de las gallinas alimentadas con harina de *T. d.* se encuentran dentro de la clasificación de excelente calidad. Dichos resultados, difieren a lo encontrado por Togun *et al.* (2006), quienes reportaron 74.1, 72.0, 88.1, 88.7 y 79.9% de UH con 0, 5, 10, 15 y 20% de inclusión de harina de *T. d.*, respectivamente. De igual manera, son mayores a los resultados de Waine *et al.* (2013), quienes reportaron porcentajes de 80.0, 81.0, 80.6 y 76.2 con porcentajes de inclusión de torta de girasol de 0, 7, 14 y 21, respectivamente.

El indicador de espesor de cascarón, no presentó diferencia estadística significativa ($P > 0.05$) entre tratamientos (Tabla 4), estos datos son mayores a lo encontrado por Togun *et al.* (2006) quienes observaron los siguientes valores para espesor de cascarón de: 0.20, 0.18, 0.20, 0.20, 0.17 mm con el 0, 5, 10, 15 y 20% de inclusión de harina de botón de oro respectivamente, de igual manera es mayor a lo registrado por Hernández *et al.* (2010) quienes encontraron grosor de cascarón entre 0.29 y 0.31 mm con un pigmento comercial y de 0.28 y 0.30 mm con la muestra control. No obstante, coinciden con lo indicado por Abou *et al.* (2011) quienes señalan un grosor de cascarón de 0.32 a 0.34 mm con la inclusión de harina de *Leucaena leucocephala* y de 0.32 a 0.33 mm con la inclusión de harina de *Moringa oleífera*.

Sin embargo, se encontró efecto de tratamiento ($P < 0.05$) sobre pigmentación en yema, misma que incrementó conforme aumentó la cantidad de inclusión de harina de *T. d.*, a la dieta. Al respecto se encontraron niveles de pigmentación en yema de: 12.3, 12.9, 13.0, 13.5 14.0 en los tratamientos con 0, 1, 2, 3, 4 y 5% respectivamente. Estos hallazgos se encuentran por encima de lo obtenido por

Togun *et al.* (2006) que utilizaron harina de *T d.*, en 0, 5, 10, 15 y 20% y reportaron coloraciones de 4, 5, 6, 6, y 3 respectivamente. Así mismo, Varrita *et al.* (2015) también utilizaron harina de *T d.*, en 0, 1.7, 5, 10 y 15% encontrando valores de 9, 8, 9, 10 y 10 respectivamente. Al utilizar 4% de *Leucaena leucocephala* y de *Lemna spp.*, se han reportado niveles de pigmentación de 12, 10 y 8 (Rodríguez, 2007), así mismo, Abou *et al.* (2011) también utilizaron harina de *Leucaena leucocephala* al 0, 5, 10 y 15% y encontraron niveles de pigmentación de 6, 7.5, 9.0, 11.2.

Mahecha y Rosales (2005) al utilizar niveles del 5, 10, 15 y 20 % *T d.*, afirman que el color de la yema fue mayor para todas las dietas de su experimento, recomendando un nivel de adición de harina del 15% sobre el alimento comercial. Sin embargo, en la presente investigación se obtuvieron resultados positivos con niveles de inclusión menores al 5%, lo cual repercutió de manera positiva sobre la coloración de la yema. Este incremento en la coloración de la yema, se relaciona principalmente a las xantofilas (Rodríguez, 2007). De acuerdo con Medina y Carreño (1999) las hojas de *Tithonia diversifolia* son una posible fuente pigmentante formada por xantófilas, con una concentración aproximada de 33.3 mg por cada 100 g de harina de esta planta, lo que representa un 48.3% de las xantofilas, las cuales se expresan principalmente como luteína, lo cual pudo haber influenciado en la coloración de la yema, en relación con lo anterior, Mendoza y Pino (2012) afirman que la cantidad necesaria de xantofilas para pigmentar la yema de huevo en un grado aceptable en el mercado, fluctúa entre 11 hasta 60 mg/kg.

Jaramillo (2014) menciona que las xantofilas del botón de oro son ácidos grasos, que por saponificación se hacen biodisponibles y se absorben en el tracto digestivo pasando al torrente sanguíneo, se metabolizan en el hígado y se depositan en la yema de huevo. Las causas de variación en el color de la yema son: el tipo de xantofilas en la dieta, diferencias genéticas en las líneas de postura, variación individual por ave, alojamiento en jaula o en piso, enfermedades; estrés, presencia de grasa en la dieta, oxidación de xantofilas y grasas poco digestibles (Navarro, 2000).

Odunsi *et al.* (1996), Mahecha y Rosales (2005) y Togun *et al.* (2006) manifiestan que la calidad interna y externa del huevo no presentó alteraciones por el nivel de inclusión de 0, 5, 10 y 15% de harina de botón de oro, sólo el color de la yema mejoró al incrementar el nivel de la *Tithonia diversifolia* en la dieta, lo que coincide con los resultados de la presente investigación. Contrario a lo que manifiestan Yalçin *et al.* (2008) donde solo fue suficiente la adición de 2% para producir huevos de mejor calidad.

Respecto al porcentaje de producción de huevo de las gallinas por tratamiento ubicado en la Tabla 6, se observó que hubo efecto de tratamiento ($P < 0.05$) sobre porcentaje de postura, donde T4 y T5 presentaron porcentajes más altos comparados con los tratamientos 1, 2 y 3 (Tabla 6). Esto es contrario a lo que afirman Togun *et al.* (2006) en su experimento, ellos mencionan que hubo diferencia significativa en la producción de huevo, de 96.34 a 70.72% cuando el nivel de inclusión de harina de *T.d* incrementaba en la dieta, la producción de huevo iba disminuyendo. Esto lo atribuyeron a la reducción del consumo de alimento de las dietas con altos niveles de botón de oro y un bajo consumo de nutrientes, lo que provocó baja habilidad nutricional para la producción de huevo. Sin embargo, este comportamiento no se presentó en la presente investigación.

Tabla 6. Medias de mínimos cuadrados para producción de huevo expresado en porcentaje de las gallinas de acuerdo al tratamiento

Indicador	Tratamiento				
	1	2	3	4	5
	Media $\pm$ D.E				
Postura (%)	66.1 ^a $\pm$ 12.5	65.7 ^a $\pm$ 9.4	70.4 ^a $\pm$ 11.9	90.7 ^a $\pm$ 1.8	83.7 ^a $\pm$ 6.5

Literales ^{a,b} = indican diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) dentro de fila.

Posada *et al.* (2006) obtuvieron altos niveles de producción en diferentes tratamientos, 76% con un pigmento comercial, 75% con 15% de inclusión de harina de yuca (*Manihot esculenta*) y 72% con harina de batata (*Ipomoea batatas*). El porcentaje más bajo de producción fue de 61% al adicionar 30% de harina de

batata, con lo que los autores afirman que los niveles superiores de 30% de harina de yuca y/o harina de batata afectaron considerablemente la producción de huevo. Abou *et al.* (2011), evaluaron el efecto de la inclusión a la dieta de gallinas Rhode Island Red de *Leucaena leucocephala* y de *Moringa oleífera*, donde obtuvieron el porcentaje más alto de producción con 57.46% en el tratamiento con 5% de inclusión de *Leucaena leucocephala* y el más alto en el tratamiento con 5% de inclusión de *Moringa oleífera* y fue de 59.72% respecto a los demás tratamientos con 10 y 15%.

Los principales factores que determinan la calidad del huevo, son la edad del ave y su genotipo, debido que la calidad del albumen disminuye con la edad de las gallinas (Williams, 1992), así como, la alimentación de las gallinas también puede modificar la calidad del huevo y sus propiedades funcionales (Soler *et al.*, 2011). Navarro (2000) sostiene que la edad de la gallina es el factor más importante que influye sobre el tamaño del huevo, además que, un aumento de proteína en la dieta, aumenta significativamente el tamaño del huevo.

Callejo (2016) menciona que entre los factores que influyen en la fertilidad y en el porcentaje de incubación del huevo, se encuentra la recolección del huevo, ya que debe evitarse romperlos, reducir la contaminación, además de cuidar la temperatura de su almacenamiento. Otro factor importante es el tamaño del huevo, ya que los huevos con un peso menor a 52 g y mayor de 69 g no deben ser incubados, en los pequeños el desarrollo del embrión es difícil y los pollitos nacen más pequeños y débiles, en los huevos grandes, se alarga el periodo de incubación, aumenta el riesgo de deshidratación por la cáscara más delgada y no se amoldan a las charolas de la incubadora. También el almacenamiento por más de 7 días aumenta la reducción de eclosión, prolonga el periodo de incubación, baja la calidad del pollito al nacer y su crecimiento en general.

Tabla 7. Medias de mínimos cuadrados para indicadores de incubación al final del periodo experimental de acuerdo al tratamiento

Tratamiento	Indicador			
	Fertilidad (%)	Incubabilidad (%)	Peso de huevo (g)	Peso de pollito (g)
	Media $\pm$ D.E			
1 (AC+0%)	73.5 ^a $\pm$ 7.8	53.7 ^a $\pm$ 1.1	62.0 ^a $\pm$ 5.3	41.1 ^a $\pm$ 3.3
2 (AC+1%)	55.0 ^a $\pm$ 24.0	56.5 ^a $\pm$ 14.4	61.4 ^a $\pm$ 3.8	42.4 ^a $\pm$ 2.6
3 (AC+2%)	45.0 ^a $\pm$ 9.9	89.2 ^b $\pm$ 2.4	58.3 ^b $\pm$ 3.4	40.4 ^a $\pm$ 3.1
4 (AC+3%)	53.5 ^a $\pm$ 30.4	57.8 ^a $\pm$ 3.1	61.2 ^a $\pm$ 4.2	42.6 ^{ab} $\pm$ 3.5
5 (AC+4%)	76.5 ^a $\pm$ 6.4	68.4 ^a $\pm$ 5.3	56.2 ^{bc} $\pm$ 3.6	38.8 ^{ba} $\pm$ 2.7

Literales ^{a,b} = indican diferencia estadística significativa (P<0.05) dentro de columna.

Con respecto a los indicadores de incubación, no se encontró efecto de tratamiento (P>0.05) sobre porcentaje de fertilidad (Tabla 7), donde los porcentajes oscilaron entre 45 y 76.5%, lo cual no concuerda con Carranza *et al.* (2009) quienes encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos donde adicionaron carotenoides a la dieta y obtuvieron 84.2 y 82.0% en gallinas de postura. Por otra parte, sí hubo efecto de tratamiento (P<0.05) sobre porcentaje de *incubabilidad*, siendo el T3 el que presenta un nivel mayor en comparación con los tratamientos 1, 2, 4 y 5. El T1 o testigo, fue el más bajo con 53.7% respecto a los otros tratamientos lo que difiere con los datos obtenidos por Carranza *et al.* (2009) donde no encontraron efecto del tratamiento sobre el porcentaje de *incubabilidad*, su media para el tratamiento control fue de 85.2 y para el tratamiento con carotenoides fue de 85.0, mismos autores indican que el posible efecto, es la presencia de antioxidantes en la dieta procedente de los carotenoides, lo cual aumenta la concentración en el huevo y en el embrión, siendo esto lo que mejora la fertilidad ya que aumenta la proliferación celular y la diferenciación durante la embriogénesis, además, los antioxidantes en los tejidos del pollito, lo hacen más fuerte.

En los indicadores de peso del huevo y del pollito (Tabla 7), existieron diferencias significativas (P<0.05) entre tratamientos, el peso del huevo fue mayor en el T1 con 62 g, el más bajo fue el T5 con 56.2 g, contrario a lo que menciona Hernández (2009) donde utilizó una muestra testigo y una muestra con carotenoides comerciales y de acuerdo a los resultados, afirma que después de 30 semanas de

control, no se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos. En cuanto a los pesos de los pollitos, el T4 fue el que presentó los pollitos más pesados, con un promedio de 42.6 g y los pollitos menos pesados fueron los del T5 con un promedio de 38.8 g. Vázquez *et al.* (2006), Mencionan que el peso de huevo y del pollito al nacer dependen en gran parte de la edad de la gallina, se acepta un peso de huevo mínimo de 52 gramos para una incubación exitosa, para obtener una buena calidad del pollito, cuyo principal rasgo de calidad es el peso, también menciona que la pérdida de humedad del huevo durante la incubación aumenta conforme aumenta el peso del huevo y la edad de la gallina.

Zhang *et al.* (2011) afirman que algunos pigmentos naturales tienen efectos antioxidantes ya que, reducen algunas reacciones oxidativas en tejidos de embriones de gallinas. Dentro del huevo, los pigmentos son transportados del saco vitelino hacia el embrión que se encuentra en desarrollo y viaja por los órganos y tejidos del mismo, esto protege al pollito contra las lesiones oxidativas durante la eclosión y minutos después de la eclosión. Los mismos autores concluyeron que al suplementar a las gallinas con pigmentos, mejoró la actividad antioxidante protegiendo al embrión del estrés oxidativo, donde los pollitos de huevos que fueron suplementados con pigmentos fueron más resistentes a la oxidación y aumentaron su nivel de supervivencia. Lo que posiblemente contribuyó al mejor porcentaje de incubación en los pollitos de los tratamientos con inclusión de harina de *T d.*

Hernández *et al.* (2010) señalan que para aumentar la fertilidad y la *incubabilidad* del huevo, alimentar a las gallinas con pigmentos ha ayudado a mejorar la fertilidad y ha reducido la mortalidad en los embriones. En torno a esto, recomiendan la adición de carotenoides a la dieta de las gallinas, tanto para obtener una buena pigmentación de la yema como para aportar beneficios a los pollitos de acuerdo con su capacidad antioxidante e inmunoestimuladora, los cuales pueden aumentar los parámetros productivos, la eficacia reproductiva y una alta proporción de pollitos viables (Mascarell *et al.*, 2012).

6. Conclusión

La adición de 4 y 5% de harina de *Tithonia diversifolia* a la dieta de gallinas de postura, incrementa la pigmentación en la yema de huevo, así mismo, mejora algunos indicadores de calidad de huevo, tal es el caso de altura de albumen y unidades Haugh. De igual manera, se observa un efecto positivo en el porcentaje de *incubabilidad*.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Abou, E.F.M.K., Sarmiento, F.L., Santos, R.R., Solorio, S.F. 2011. Efectos nutricionales de la inclusión dietética de harina de hojas de *Leucaena leucocephala* y *Moringa oleifera* en el comportamiento de gallinas Rhode Island Red. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 45(2):163-170.
- Aburto, I.A. 2008. El Huevo como Aliado de la Nutrición y la Salud. Revista Cubana de Alimentación y Nutrición. 18(2): 3-10.
- Almirón, E.C. 2013. Bioquímica de la Digestión de las Aves. [En línea] Disponible en: [URL: ecaths1.s3.amazonaws.com/catbioquimicavet/486890973.Bioqu%25C3%25ADmica%2520de%2520la%2520digesti%25C3%25B3n%2520de%2520las%2520aves.docx+la+absorci%C3%B3n+de+l%C3%ADpidos+de+cadena+corta+son+llevados+por+el+sistema+porta](http://ecaths1.s3.amazonaws.com/catbioquimicavet/486890973.Bioqu%25C3%25ADmica%2520de%2520la%2520digesti%25C3%25B3n%2520de%2520las%2520aves.docx+la+absorci%C3%B3n+de+l%C3%ADpidos+de+cadena+corta+son+llevados+por+el+sistema+porta). [Último acceso: Julio de 2016].
- Amaya, E., Becquet, P., Carné, S., Peris, S., Miralles, P. 2014. Carotenoids in Animal Nutrition. Fefana Publications. 5: 8-81.
- Araújo, L., Araújo, C., 2014. Beneficios del aporte adecuado de Carotenoides y Vitamina D3 a la dieta de reproductoras para garantizar más y mejor calidad de polluelos. XXIII Congreso Latinoamericano de Avicultura 2013. [En línea] Disponible en: [URL: http://www.engormix.com/MA-avicultura/nutricion/articulos/beneficios-aporte-adecuado-carotenoides-t5647/141-p0.htm#](http://www.engormix.com/MA-avicultura/nutricion/articulos/beneficios-aporte-adecuado-carotenoides-t5647/141-p0.htm#) = . [Último acceso: Octubre de 2015].
- Arroyo, L.A. 2010. Pigmentación de la yema de huevo al gusto del consumidor. Boletín, INIFAP-SAGAR. [En línea] Disponible en: [URL: http://utep.inifap.gob.mx/tecnologias/8.%20Aves/1.%20Manejo/PIGMENTACI%C3%93N%20DE%20LA%20YEMA%20DEL%20HUEVO.pdf](http://utep.inifap.gob.mx/tecnologias/8.%20Aves/1.%20Manejo/PIGMENTACI%C3%93N%20DE%20LA%20YEMA%20DEL%20HUEVO.pdf). [Último acceso: Septiembre de 2015].
- Barroeta, A.C. 2008. El huevo y sus componentes como alimento funcional. Instituto de Estudios del Huevo. [En línea] Disponible en: [URL: http://www.institutohuevo.com/images/archivos/ana_barroeta_el_huevo_alimento_funcional08_13135328.pdf](http://www.institutohuevo.com/images/archivos/ana_barroeta_el_huevo_alimento_funcional08_13135328.pdf). [Último acceso: Julio de 2016].
- Bell, D. 1982. ¿Cuánto pienso deberían consumir mis gallinas?. Real Escuela de Avicultura. Selecciones Avícolas. 8(2): 9-11.
- Brenes, S.A. 2014. Los Carotenoides Dietéticos en el Organismo Animal. Nutrición Animal Tropical. 8(1): 20-29.
- Calvo, M. 2013. Bioquímica de los Alimentos. Carotenoides. [En línea] Disponible en: [URL: http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/pigmentos/carotenoides.html](http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/pigmentos/carotenoides.html). [Último acceso: Julio de 2016].
- Calvo, C.M.C. 2012. Toxicología de los Alimentos. Ed. Mc Graw Hill Interamericana Editores. México, D.F. Pp. 405-407.
- Calle, D.Z., Murgueitio, E. 2008. El botón de oro: arbusto de gran utilidad para sistemas ganaderos de tierra caliente y de montaña. Carta Fedegán. 108(1): 54-60.

- Callejo, R.A. 2016. Incubación. OpenCourseWare de la Universidad Politécnica de Madrid. Pp. 1-9.
- Carné, S., Zaragoza A. 2015. Nutrientes en la Dieta de Ponedoras para Modificar el Perfil Nutricional del Huevo. [En línea] Disponible en: URL: http://www.itpsa.com/images/Nutrientes_dieta_ponedoras_CarneSA201501.pdf. [Último acceso: Julio de 2016].
- Carranza, J., Sánchez, E., Ávila, E., Ibarra, B. 2009. Nutrientes que mejoran los parámetros de producción en la gallina reproductora pesada. DSM Nutritional Products México. Pp. 1-7.
- Crespo, G., Ruíz, T.E., Álvarez, J. 2011. Efecto del abono verde de *Tithonia* (*T. diversifolia*) en el establecimiento y producción de forraje de *P. purpureum* vc. Cuba CT-169 y en algunas propiedades del suelo. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 45(1): 79-82.
- Cuevas, B., Díaz, G., Molina, A., Retamal, C. 2003. Pigmentos utilizados en raciones de gallinas ponedoras. Biblioteca Virtual Universal. [En línea] Disponible en: URL: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/8911.pdf>. [Último acceso: Septiembre de 2015].
- Fernández M.M., Lobato A. 2009. El Gran Libro del Huevo. Ed. Evergráficas, S. L. Madrid, España. Pp. 50-51.
- Fernández, S. 2014. Pigmentación en Pollo de Engorde. [En línea] Disponible en: URL: <http://www.elsitioavicola.com/articles/2658/pigmentacion-en-pollo-de-engorde/>. [Último acceso: Julio de 2016].
- Gallego, C.L.A., Mahecha, L.L., Angulo, A.J. 2014. Potencial Forrajero de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray en la Producción de Vacas Lecheras. Agronomía Mesoamericana. 25(2): 393-403.
- García, A.L. 2010. El Huevo de Gallina. Las Aves. [En línea] Disponible en: URL: <http://www.las-aves.com/documentos/huevos-gallina.pdf>. [Último acceso: Agosto de 2016].
- García, G. M, Quintero, R.R, López, M.C.A. 2004. Biotecnología Alimentaria. Ed. Limusa, México, D. F. Pp. 496.
- Galíndez, R., Basilio, V., Martínez, G., Vargas, D., Uztariz, E., Mejía, P. 2009. Evaluación de la fertilidad y eclosión en la codorniz japonesa. Zootecnia Tropical. 27(1): 7-15.
- Gómez, P.J., Valero, P.J.A. 2006. El Huevo. Aviornis Internacional 87 (1): 40-45.
- González, C.J.C., Hahn, V.H.C.M., Narváez, S.W. 2014. Características botánicas de *Tithonia diversifolia* (asterales: asteraceae) y su uso en la alimentación animal. Boletín Científico Museo de Historia Natural. 18(2): 45-58.
- Guerra M. 2000. Factores que afectan la calidad del huevo. Revista de Agricultura. 4 (1): Pp. 38-40.
- Haro, G.A. 2010. El huevo, un alimento muy nutritivo. Puleva Salud. [En línea] Disponible en: URL:

http://www.pulevasalud.com/ps/contenido.jsp?ID=59629&TIPO_CONTENIDO=Articulo&ID_CATEGORIA=74. [Último acceso: Julio de 2016].

Hernández, G.A. 2010. Composición y calidad nutritiva de los alimentos. Ed. Médica Panamericana, Madrid, España. Pp. 77-86.

Hernández, G.M. 2014. Pigmentación en la industria avícola. BM Editores. [En línea] Disponible en: URL: <http://bmeditores.mx/pigmentacion-en-la-industria-avicola>. [Último acceso: Octubre de 2015].

Hernández, J.M., Soto, S.M., Ibarra B. 2010. Más y mejores pollitos en la producción avícola actual. Selecciones Avícolas. 3(52): 31-34.

Hernández, L.C. 2009. Efecto de la suplementación con cantaxantina en piensos de reproductoras pesadas en producción y sobre la viabilidad de su progenie. (Tesis de Maestría). Maestría en Ciencia Animal. Valencia, España.

Herrera, C.H., Bolaños, N.V., Lutz, G.C. 2003. Química de Alimentos: Manual de Laboratorio. Ed. Universidad de Costa Rica. : 104.

Huevo. 2014. El huevo. [En línea] Disponible en: URL: http://www.huevo.org.es/el_huevo_estructura.asp. [Último acceso: Julio de 2016].

Ibarra, M.S. 2013. Nutrición y manejo de reproductoras livianas: alimentación de la gallina en postura. XXIII Congreso Latinoamericano de Avicultura. 7.

INEGI. 2009. Tarímbaro, Michoacán de Ocampo. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. 1-2.

Jaramillo. F. 2014. Factores claves en la pigmentación de la yema de huevo. *Sollanotas*. 3.

Kwari ID; Diarra SS; Raji AO and Adamu SB. 2011. Egg production and egg quality laying hens fed raw or processed sorrel (*Hibiscus sabdariffa*) seed meal. Agriculture and Biology Journal of North America. 2(4): 616-621.

Larsen, A. 2016. Huevos 2016 ¿Qué dicen los expertos?. Sanovo Group. [En línea] Disponible en: URL: <http://www.sanovogroup.com/media/2137/huevos-2016.pdf>. [Último acceso: Junio de 2016].

López, C.C. 2014. Pigmentos avícolas y sanidad intestinal. Actualidad Avipecuaria. [En línea] Disponible en: URL: <http://www.actualidadavipecuaria.com/articulos/pigmentos-avicolas-y-sanidad-intestinal.html>. [Último acceso: Septiembre de 2015].

Mahecha, L., Rosales, M. 2005. Valor nutricional del follaje de Botón de Oro (*Tithonia diversifolia* [Hemsl]. Gray), en la producción animal en el trópico. Livestock Research for Rural Development. 17(9): 1-5.

Maina, I., Abdulrazak, S., Muleke, C., Fujihara T. 2012. Potential nutritive value of various parts of wild sunflower (*Tithonia diversifolia*) as source of feed for ruminants in Kenya. Journal Food Agriculture and Environment. 10(2): 632-635.

- Manufactura. 2014. México es el mayor consumidor y productor de huevo. [En línea] Disponible en: URL: <http://www.manufactura.mx/industria/2014/01/22/mexico-es-el-mayor-consumidor-y-productor-de-huevo>. [Último acceso: Septiembre de 2015].
- Martínez, M.A. 2003. Carotenoides. [En línea] Disponible en: URL: <http://farmacia.udea.edu.co/~ff/carotenoides2001.pdf>. [Último acceso: Octubre de 2015].
- Martínez, P.M., Cortés, C.A., Ávila, G.E. 2004. Evaluación de tres niveles de pigmento de flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*) sobre la pigmentación de la piel en pollos de engorda. Técnica Pecuaria en México. Pp. 105-110.
- Mascarell, J., Carné. S. 2011. Pigmentantes naturales: combinación de xantófilas amarillas y rojas para optimizar su utilización en Broilers. Selecciones Avícolas. 12(53): 13-16.
- Mascarell, J., Carné, S., Zaragoza, A. 2012. Carotenoides en la dieta de las madres para la protección antioxidante de los pollitos. Selecciones Avícolas. 12(54): 11-14.
- Medina, ML., Carreño, R.J. 1999. Evacuación del material foliar de rayo de sol como posible fuente de xantofilas. Agronomía Tropical. 49(4): 373-390.
- Medina, M., García, D., González, M., Cova, L., Moratinos, P. 2009. Variables Morfo-Estructurales y de Calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la Etapa Inicial de Crecimiento. Zootecnia Tropical. 27(2): 121-134.
- Mendoza, C., Pino, J.A. 2012. Efecto pigmentante de 3 fuentes de xantofilas sobre la yema de huevo. Revista Técnica Pecuaria. 3(1): 20-24.
- Mota, V.A., Cabrera, C.I. 2014. Efecto del peso y uniformidad de la polla en la producción de huevo. Grupo Nutec.
- Naranjo, J.F., Cuartas, C.A. 2011. Caracterización Nutricional y de la Cinética de Degradación Ruminal de Algunos de los Recursos Forrajeros con Potencial para la Suplementación de Rumiantes en el Trópico Alto de Colombia. Revista CES Medicina Veterinaria Zootecnia. 1(6): 9-19.
- Navarro, U.M.G. 2000. Estudio de factores de calidad de huevos en ponedoras Isa Brown y Shaver Cross sometidas a diferentes dosis de Esparteína y alcaloides totales del lupino. (Tesis de Licenciatura). Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias. Valdivia, Chile. Pp. 6-7.
- Ocampo, R., Ríos, L.A., Betancur, L.A., Ocampo, D.,M. 2008. Curso Práctico de Química Orgánica: Enfocado a Biología y Alimentos. Ed. Universidad de Caldas, Bogotá, Col.: 77, 79.
- Olabode, O.S., Sola, O., Akanbi, W.B., Adesina, G.O., Babajide, P.A. 2007. Evaluation of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray for Soil Improvement. World Journal of Agricultural Sciences. 3(4): 503-507.
- Oliveira, G.E., Figueiredo, T.C., Souza, M.R. 2009. Bioactive amines and quality of egg from dekalb hen under different storage conditions. Poultry Science. 88(11): 2428-2434.

- Osorio, J.H., Flores, J.D., 2011. Diferencias bioquímicas y fisiológicas en el metabolismo de lipoproteínas de aves comerciales. *Biosalud*. 1(10): 88-98.
- Pérez, A., Montejó, I., Iglesias, J.M., López, A., Martín, G.J., García, D.E., Milián, I., Hernández A. 2009. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". 1(32): 2-15.
- Posada, C.A., López A., Ceballos H. 2006. Influencia de harinas de yuca y de batata sobre pigmentación, contenido de carotenoides en la yema y desempeño productivo de aves en postura. *Acta Agronómica*. 3(55): 1-15.
- Rafiu, T.A., Babatunde, G.M., Odunsi, A., Olayeni, T.B., Ameen, S.A., Akinwumi, A.O. 2008. Egg Quality Response of Layer on Dietary Inclusion of Commercial Yolk Colourant and Wild Sunflower Inflorescence (*Tithonia diversifolia* Gray). *Nigerian Poultry Science Journal*. 5(3):105-106.
- Ríos, K.Cl. 2002. Guía para el Cultivo y Aprovechamiento del Botón de Oro, *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. Convenio Andrés Bello. Bogotá, Colombia. 12-19.
- Roa, M.L., Castillo, C.A., Téllez, E. 2010. Influencia del tiempo de maduración en la calidad nutricional de ensilajes con forrajes arbóreos. *Revista Sistémica Producción Agroecológica*. 1(1): 63-73.
- Rodríguez, I. 2007. Importancia de la harina de hojas de *Leucaena leucocephala* (hhl) y *Lemna* spp en la calidad de huevos de consumo. *Agricultura Andina*. 1(13): 79-86.
- Rojas, E., Ávila, E., Villareal, M. 1977. Influencia del peso corporal a las 22 semanas de edad en pollas Leghorn sobre la producción y peso del huevo. *Técnica Pecuaria*. 33(1): 30-36.
- Sastre, G.A., Sastre, G.R.M., Tortuero, C.F., Suárez, F.G., Vergara, G.G., López, N.C. 2002. Lecciones sobre el Huevo. *Instituto de Estudios del Huevo*, 48-50.
- SAS (Statistical Analysis System). 2010. SASTM Software Version 6.0. Statistical Analysis System Institute. USA.
- Savón L. 2002. Alimentos altos en fibra para especies monogástricas. Caracterización de la matriz fibrosa y sus efectos en la fisiología digestiva. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 36(2): 91-102.
- Soler, S.M.D., Garcés, N.C., Barragán, J.I. 2011. La alimentación de la ponedora y la calidad del huevo. *Sitio Argentino de Producción Animal*. 1.
- Souza, R. 2008. La Comercialización de los Huevos. *Selecciones Avícolas*. 11(51): 35-39.
- Tamayo, A.L.M., Cartagena, J.C., Londoño, L.J. 2011. Aprovechamiento de residuos agroindustriales para mejorar la calidad sensorial y nutricional de productos avícolas. *Producción más Limpia*. 1 (6): 108-127.
- Togun, V.A., Farinu, G.O., Ojebiyi, O.O., Akintade, J.A., Laogun, T.A.O. 2006. Performance of Brown Egg-type Pullets Fed Diets Containing Graded Levels of Wild Sun Flower (*Tithonia diversifolia*, Hems. A. Gray) Forage Meal as Replacement for Maize. *Worlds Journal of Agricultural Sciences* 2 (4): 444-447.

- UNA. 2014. Crecerá 2.5% la avicultura mexicana en 2015. [En línea] Disponible en: URL: <http://www.una.org.mx/index.php/panorama/crecera-2-5-la-avicultura-mexicana-en-2015>. [Último acceso: Septiembre de 2015].
- UNAM. 2007. El huevo. [En línea]. Disponible en: URL: http://avalon.cuautitlan2.unam.mx/pollos/m2_9.pdf. [Último acceso: Septiembre de 2015].
- Valladares, P.J., Cumpa, G.M.E. 2016. Efectos de la relación hembra: macho y edad de los reproductores en el comportamiento reproductivo de la codorniz japonesa - (*coturnix coturnix japonica*). Anales Científicos. 1(70): 77-81.
- Varrita, R.V., Fuente, M.B., Carranco, J.M.E., Sanginés, G.L. 2015. Inclusión de harina de Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) como fuente de pigmento para yema de huevo. Los Avicultores y su Entorno. 17(105). 139-146.
- Vázquez, J.L., Prado, O.F., García, L.J., Juárez, M.A. 2006. Edad de la reproductora obre la incubabilidad y tiempo de nacimiento del pollo de engorda. Avances en Investigación Agropecuaria. 10(1): 21-28.
- Waine, P.J., Nicolao, F.N.A., Abercio, D.S., Oba, A., Stipp, B.M.R., Brunelli, S.R. 2013. Torta de girassol na alimentacao de poedeiras semipesadas. Ciencias Agrárias. 34(6): 3959-3970.
- Williams KC. 1992. Factores que afectan la calidad del huevo. Selecciones Avícolas. 48(1): 587-594.
- Yalcin, S., Ozsoy, B., Erol, H. 2008. 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. Poultry Science Association. 17(2): 229-236.
- Zhang, W., Zhang, K.Y., Ding, X.M., Bai, S.P., Hernández, J.M., Yao, B., Zhu, Q. 2011. La cantaxantina, un carotenoide que puede mejorar el estado antioxidante de reproductoras y su progenie. Selecciones Avícolas. 10(53): 25-27.
- Zaviezo, D. 2014. Factores claves en la pigmentación de la yema de huevo. [En línea]. Disponible en: URL: <http://www.solla.com/sites/default/files/productos/secciones/adjuntos/factoresclave senlapigmentaciondelayemadehuevocomercialsollanotas.pdf> [Último acceso: Noviembre de 2015].