



CIENCIAS AGRARIAS Y DE LA PESCA

Artículo original de investigación

Harina de forraje de *Tithonia diversifolia* vc ICA Cuba Oc-10: Una alternativa potencial para la nutrición avícola

Bárbara Rodríguez Sánchez ¹ <http://0000-0003-0740-9346>
Lourdes L. Savón Valdés ^{1,2*} <http://0000-0003-0740-0310>
Ysnagmy Vazquez Pedroso ¹ <http://0000-0003-1769-3416>
Idania Scull Rodríguez ¹ <http://0000-0002-9516-7182>
Tomás E. Ruiz Vázquez ¹ <http://0000-0002-1690-1140>
Magaly Herrera Villafranca ¹ <http://0000-0002-2641-1815>
Nadia Báez Quiñones ¹ <http://orcid.org/0000-0001-6499>
Justo González Olmedo ^{3,2} <http://0000-0002-9619-895X>
Yoel González González ^{3,2} <http://0009-0008-1545-1003>

¹ Instituto de Ciencia Animal. Mayabeque, Cuba

² Academia de Ciencias de Cuba. La Habana, Cuba

³ Centro de Investigación en Plantas Proteicas y Productos Naturales. La Habana, Cuba

* Autor para la correspondencia: lourdeslsavonvaldes@gmail.com

Editor

Lisset González Navarro
Academia de Ciencias de Cuba.
La Habana, Cuba

Traductor

Darwin A. Arduengo García
Academia de Ciencias de Cuba.
La Habana, Cuba

RESUMEN

Introducción. La harina de forraje de *Tithonia diversifolia* vc ICA Cuba-Oc-10 constituye una alternativa para la sustitución de alimentos convencionales en dietas para aves. **Objetivo:** Evaluar la inclusión de este alimento en dietas para pollos de engorde, gallinas ponedoras y sus reemplazos. **Métodos:** Se determinó composición química y la presencia de metabolitos secundarios. Se evaluaron indicadores fisiológicos, productivos, de la bioquímica sanguínea y beneficio económico al incluir 0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 % en pollos de engorde EB34 y de 0 %, 10 %, 15 % y 20 % en gallinas White Leghorn L33 y sus reemplazos, se utilizó diseño completamente aleatorizado con 8 repeticiones. La calidad del huevo y los cambios morfométricos en órganos del tracto gastrointestinal se analizaron mediante estadística descriptiva. **Resultados:** La inclusión de esta variedad en dietas para pollos de engorde (10 %), gallinas ponedoras (15 %) y sus reemplazos (20 %) no afectó los indicadores morfométricos de los órganos digestivos, productivos y de la bioquímica sanguínea, con beneficios económicos. En reemplazo de ponedoras el 20 % de este material produjo un incremento del ancho de las vellosidades del íleon respecto al control ([410 vs 169] μ m). En pollos de ceba, su inclusión no afectó el rendimiento de la canal, en gallinas ponedoras se observó intensificación del color de la yema. **Conclusiones:** Se demuestra la posibilidad de incluir harina de forraje de *Tithonia diversifolia* vc ICA Cuba Oc-10 en dietas para pollos de engorde, gallinas ponedoras y sus reemplazos sin afectar los indicadores fisiológicos, productivos y económicos.

Palabras clave: alimentos alternativos; indicadores morfométricos; comportamiento productivo; indicadores sanguíneos; aves



Tithonia diversifolia forage meal cv ICA Cuba Oc-10. A potential alternative for poultry nutrition

ABSTRACT

Introduction: *Tithonia diversifolia* forage meal cv ICA Cuba Oc-10 constitutes an alternative to replace conventional foods (maize/soybean meals) in poultry diets. **Objective:** To evaluate the inclusion of this alternative source in diets for broilers, laying hens and its replacements. **Methods:** Chemical composition and the presence of secondary metabolites were determined. Physiological, blood chemistry, productive and economic indicators were evaluated. The inclusion levels were 0, 5, 10, 15 and 20% in EB₃₄ broilers and 0, 15, 20 and 20% in L33 White Leghorn laying hens and its replacements. A completely random design with eight repetitions was utilized. Egg quality and quantitative morphometric indicators were analyzed by descriptive statistics. **Results:** Inclusion of this variety in broilers diets (10%), laying hens (15%) and its replacements (20%) does not affect morphometric indicators of digestive organs of gastrointestinal tract, blood biochemistry and productive indicators. In layer replacements, inclusion of 20% caused an increase of width of the ileum intestinal villi (410 vs 169 μ m). In broilers, its inclusion did not affect carcass yield, while in laying hens, egg quality remains unchanged, but an intensification yolk color was observed with the increment of this alternative food. **Conclusions:** It is demonstrated the possibility to include *Tithonia diversifolia* cv ICA Oc.10 forage meal in broilers, laying hens and its replacements diets without affecting physiological, productive, blood chemistry and economic indicators.

Keywords: alternative; morphometric indicators; productive performance; blood chemical indicators; poultry

INTRODUCCIÓN

En la actualidad cada vez más aumenta la utilización de plantas proteicas en la dieta de especies monogástricas para sustituir fuentes tradicionales, como la soya y el maíz. Para la especie avícola constituye una alternativa alimentaria muy atractiva porque disminuye el costo de las raciones por concepto de sustitución de importaciones y propicia un sistema de alimentación más diverso y sostenible. ⁽¹⁾ Entre estas plantas sobresale *Tithonia diversifolia* que se caracteriza por su alta disponibilidad y excelente valor nutritivo. ⁽²⁾

En los últimos años se han desarrollado investigaciones para evaluar la utilización de esta planta en sustitución parcial de maíz/soya, que ha funcionado con éxito en dietas para pollos de ceba y gallinas ponedoras. ^(3,4,5,6,7,8) Estos estudios emplearon la *tithonia* en forma de harina de hojas o follaje y no como harina de forraje y refieren aspectos como el comportamiento productivo, rendimiento en canal, coloración de la yema. Otros toman en consideración el análisis del perfil de la química sanguínea como indicador del estado fisiológico y el comportamiento nutricional en pollos de engorde para referir las ventajas de su uso como alternativa alimentaria. ⁽⁹⁾

Los estudios de Ruíz *et al.* han mostrado los avances logrados en Cuba en la evaluación de diferentes forrajes de *T. diversifolia* colectados en todo el país. ^(10,11,12) De estos, el material vegetal 10 registrado posteriormente por el Departamento de Semillas del Ministerio de la Agricultura como *Tithonia diversifolia* vc ICA Cuba Oc-10, presentó las características agronómicas y nutricionales adecuadas para su empleo en la alimentación de cerdos. ⁽¹³⁾ Es por esto que el objetivo general de este estudio fue realizar una evaluación integral de las potencialidades nutricionales de la harina de forraje de esta variedad cultivar, como fuente alternativa de alimentos convencionales (maíz/soya) en dietas para pollos de engorde, gallinas ponedoras y sus reemplazos. Para esto se cumplieron 4 objetivos específicos: evaluar la composición química y metabolitos secundarios de la harina de forraje de *Tithonia diversifolia* vc. ICA Cuba-Oc-10, estudiar en pollos de ceba y pollitas de reemplazo de ponedoras el efecto del consumo de esta variedad en indicadores morfométricos macroscópicos de órganos digestivos y accesorios del tracto gastrointestinal y bioquímica sanguínea, evaluar en pollitas de reemplazo de ponedoras indicadores morfométricos microscópicos y cuantificar los cambios estructura-

les de los órganos en estudio y evaluar en pollos de ceba, pollitas de reemplazo y gallinas ponedoras indicadores del comportamiento productivo, rendimiento en canal, calidad del huevo y costo de la alimentación.

MÉTODOS

Se empleó la especie arbustiva *Tithonia diversifolia* vc ICA Cuba Oc-10 que se estableció sobre suelo ferralítico típico rojo en la Unidad Experimental de Pastos y Forrajes Miguel Sistach Naya del ICA. ⁽¹⁴⁾ El proceso de cosecha del forraje y elaboración de la harina se realizó según Savón *et al.* ⁽¹³⁾ Para la evaluación en la alimentación se utilizó la harina de forraje procedente de un único corte entre (60 y 70) días para cada categoría evaluada. Los experimentos se ejecutaron en el periodo comprendido entre abril del 2018 a mayo del 2020 en la Unidad Avícola y la Unidad Central de Laboratorio del Instituto de Ciencia Animal, así como en la Unidad de Laboratorios de Toxicología Experimental (CETEX) del CENPALAB.

Los tratamientos experimentales consistieron en evaluar la inclusión de niveles crecientes ([0, 5, 10, 15 y 20] %) de la harina de forraje *tithonia* (HFT) en dietas para pollos de ceba y (0, 10, 15 y 20) % para pollitas de reemplazo y gallinas ponedoras. Estas se elaboraron para que cubrieran los requerimientos nutricionales en cada fase y fueron isoproteicas e isoenergéticas. ^(15,16) El tamaño de muestra varió en función del experimento y la especie avícola que se empleó.

Caracterización química y metabolitos secundarios de la harina de forraje de *Tithonia diversifolia* vc ICA Cuba Oc-10

Se tomaron 5 muestras representativas de HFT de un kg de manera aleatoria en diferentes puntos de los sacos, se homogenizaron y redujeron a un tamaño de partícula de un mm. La caracterización química de los nutrientes y la determinación de los metabolitos secundarios se realizaron según el procedimiento de Scull *et al.* ⁽²⁾

Se investigó la presencia de grupos funcionales: alcaloides, saponinas, triterpenos/esteroides, taninos, flavonoides, proantocianidinas, coumarinas, quinonas, azúcares reductores, grupos amino, resinas y cardenólidos. Los taninos condensados totales (TCT) se cuantificaron según los procedimientos del ensayo de Porter *et al.*, modificado por Makkar. ^(17,18)

Análisis estadístico

Se realizó estadística descriptiva (media, desviación estándar y coeficiente de variación). Los datos que se obtuvieron se procesaron con el paquete estadístico INFOSTAT. ⁽¹⁹⁾

Los valores medios se compararon mediante la dódima de Duncan siempre que fue necesario. ⁽²⁰⁾ Cuando no se cumplió una o ambas premisas (normalidad u homogeneidad de varianza), se realizó un análisis no paramétrico a través de la prueba de Kruskal-Wallis, utilizando la dódima de Dunn's para determinar las diferencias entre medias. ⁽²¹⁾ Se trabajó para un nivel de significación de $p \leq 0,05$.

Indicadores

Morfométricos macroscópicos: El procedimiento experimental para la determinación de los indicadores morfométricos macroscópicos de órganos digestivos y accesorios del tracto gastrointestinal de pollos de engorde y pollitas de reemplazo de ponedoras, así como la evaluación morfométrica microscópica cualitativa se realizó según lo descrito por Savón *et al.* ⁽²²⁾ La evaluación microscópica (evaluación histológica cuantitativa) que permite la cuantificación de los cambios estructurales de los tejidos se condujo de acuerdo con Savón *et al.* ⁽²³⁾ Hay que señalar que el estudio morfométrico de los cortes histológicos se realizó con ayuda del software de procesamiento de imágenes Motic images plus 3.0 (Motic-China Group Co.).

Bioquímica sanguínea: El análisis de los indicadores de la bioquímica sanguínea en pollos de ceba y pollitas de reemplazo se realizó según los procedimientos descritos por Savón *et al.* y Vázquez *et al.* ^(22,24) Todas las determinaciones se realizaron en el suero sanguíneo mediante un analizador automático Cobas integra 400PLUS (Roche Diagnostic System).

Productivos: En los pollos de ceba se determinaron a los 42 días de edad las variables consumo total, peso vivo final, ganancia de peso, conversión alimentaria, viabilidad y rendimiento en la canal. El procedimiento y las condiciones experimentales se describieron en Rodríguez *et al.* ⁽²⁵⁾ En las pollitas de reemplazo los indicadores productivos se determinaron de acuerdo con Vázquez *et al.* ⁽²⁶⁾ En el caso de las gallinas ponedoras se siguió el procedimiento indicado por Rodríguez *et al.* ⁽²⁷⁾

Económicos: Para el análisis de los indicadores económicos de la harina de forraje de *tithonia* se tuvo en cuenta los costos directos involucrados en la elaboración de esta planta y los costos de la alimentación por animal por día para las 3 categorías. ⁽²⁸⁾ En pollos de engorde se estimaron además los costos por animal kg de ganancia-1 y por tonelada de peso vivo producido, mientras en pollitas de reemplazo se consideró el costo de alimentación por kg de peso vivo producido. En las gallinas ponedoras se estimaron los costos de alimentación por huevos producidos y por millar de huevos producidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización química y metabolitos secundarios de la harina de forraje de *Tithonia diversifolia* vc ICA Cuba Oc-10

La composición química de la HFT mostró un aporte de 24,6 % de proteína bruta; 20,3 % de cenizas; 2,38 % de Ca; 36,07 % de fibra detergente neutro; 32,48 % de fibra detergente ácido y 25,87 % de celulosa lo que la caracteriza como una fuente proteica alternativa alta en fibra. Estos resultados son superiores a los obtenidos por Gallego *et al.* en Colombia, y se encuentran en el rango informado ([223 y 256,2] g kg⁻¹ MS) por García *et al.* y Verdecia *et al.* para plantas que se cosecharon en Venezuela y Cuba, respectivamente. ^(29,30,31) De los grupos funcionales investigados mediante las pruebas cualitativas del tamizaje fitoquímico se encontraron niveles bajos de alcaloides, compuestos fenólicos y triterpenos, metabolitos que pueden desencadenar marcada actividad biológica en los animales.

La cuantificación de los compuestos fenólicos (g kg⁻¹ MS) indicó bajas concentraciones de polifenoles totales (PT), taninos totales (TT) y taninos condensados (TC) con valores de 19,45; 9,83 y 3,85 respectivamente, lo que corrobora los resultados del tamizaje fitoquímico y es comparable con los valores informados por García *et al.* para árboles y arbustos forrajeros que se utilizan en la alimentación animal. ^(2,30) Una vez comprobada la composición química y calidad fitoquímica de la harina de este material como alimento animal se procedió a evaluar los efectos de su consumo en indicadores fisiológicos de la química sanguínea, productivos y económicos de pollos de engorde, gallinas ponedoras y su reemplazo.

Evaluación en pollos de ceba

Indicadores morfométricos macroscópicos de los órganos digestivos y accesorios del tracto gastrointestinal

Los pesos relativos del tracto gastrointestinal lleno, molleja llena, intestino delgado vacío y colon-recto lleno fueron similares para todos los tratamientos experimentales (tabla 1). Lo anterior implica que el consumo de HFT no influyó en los pesos relativos de estos órganos. En contraposición se observó que el 20 % de este alimento fibroso produjo un incremento del peso de la molleja vacía, que se asocia con una mayor actividad del órgano como resultado de las cantidades crecientes de fibra insoluble provistas por la inclusión de tithonia en las dietas. ⁽³²⁾

La longitud relativa del intestino delgado de las aves fue similar para todos los tratamientos experimentales, con excepción del tratamiento 10 % de HFT que disminuyó con res-

pecto a los niveles de 15 % y 20 % de sustitución. La longitud relativa del ciego izquierdo de las aves que consumieron 0 %, 5 % y 10 % de inclusión de este material vegetal no difirió entre sí (ver tabla 1), pero sí se incrementó con los niveles de 15 % y 20 %. El consumo de 20 % de HFT ocasionó un incremento del peso relativo del buche tanto lleno como vacío. El elevado consumo de fibra insoluble aportado por este material incrementó el volumen del órgano y alteró su morfología.

Indicadores de la bioquímica sanguínea

Los indicadores séricos del metabolismo proteico como proteínas totales, albúmina, y relación albúmina/globulina no difirieron entre tratamientos, a excepción del ácido úrico. Las proteínas totales tuvieron valores entre (25,06-28,61) g L⁻¹, muy cercanos a lo hallado por Café *et al.* (26,5 g L⁻¹). ⁽³³⁾ Los valores de albúmina se ubicaron dentro del rango conocido para este indicador (10,8-16 g L⁻¹) según Gálvez *et al.*, lo que sugiere que la HFT a los niveles estudiados, no afectaron la síntesis de proteína en el hígado. ⁽³⁴⁾ La relación A/G se halló cercana a 1, por lo que las aves se encontraban bien desde el punto de vista nutricional. En cuanto al ácido úrico se observaron cifras para el 15 % y 20 % por encima de 308,57 $\mu\text{mol L}^{-1}$ que indicaron alteración renal. Gutiérrez-Castro y Corredor-Matheus hallaron que dietas con mayor sustitución de HFT mostraron cifras mayores de ácido úrico. ⁽⁹⁾

Las enzimas alanina amino transferasa y aspartato amino transferasa tuvieron valores normales para todos los tratamientos, por lo que el consumo de niveles de hasta 20 % de harina de forraje de tithonia no ocasionó trastornos en la salud de los animales. Estas enzimas refieren el estado de la función hepática. De estos resultados se puede inferir que como no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, las aves no presentaron problemas hepáticos que se pudieran atribuir a las dietas suministradas.

Los indicadores del metabolismo energético: glucosa, colesterol y triglicéridos no difirieron entre tratamientos. Los 2 primeros se hallaron en el rango normal para la especie: glucosa ([11-21] mmol L⁻¹) y colesterol ([2,58-5,17] mmol L⁻¹). ^(34,35) En el caso de los triglicéridos las cifras fueron superiores a (0,45-1,35) $\mu\text{mol L}^{-1}$ señalado por Nunes *et al.* ⁽³⁶⁾

Indicadores productivos y económicos

Los resultados del comportamiento productivo están en correspondencia con los efectos fisiológicos anteriores y demostraron que la HFT se puede utilizar hasta el 10 % de inclusión en dietas para pollos de ceba, a partir de los 7 días de edad, con ganancia de peso (2116 g ave⁻¹), conversión alimenticia (1,79) similares a la dieta control de maíz-soya (2181 g ave⁻¹; 1,80 % y 66,58 %, respectivamente). ^(25,37) A pesar

Tabla1. Peso relativo (g/g-1 PV) y longitud relativa (cm órgano⁻¹ PV) de órganos digestivos de pollos de ceba que recibieron diferentes niveles de harina de forraje de *tithonia* (covariable significativa)

Indicadores	Niveles de harina de forraje de <i>tithonia</i> (%)					p-Valor Covariable	p-valor
	Control	5	10	15	20		
Peso vivo	2160 ^a	2204 ^a	2113 ^a	2091 ^a	1933 ^b		
Tracto gastrointestinal vacío	6,60 (± 0,21)	6,50 (± 0,22)	6,44 (± 0,20)	7,02 (± 0,20)	6,94 (± 0,24)	0,0055	0,2510
Molleja llena	3,24 (± 0,17)	3,50 (± 0,18)	2,87 (± 0,17)	3,42 (± 0,17)	3,25 (± 0,20)	0,0172	0,0969
Molleja vacía	1,95 ^a (± 0,08)	2,13 ^b (± 0,09)	2,11 ^b (± 0,08)	2,42 ^b (± 0,08)	2,40 ^b (± 0,10)	0,0251	0,0032
Intestino delgado vacío	3,04 (± 0,12)	2,87 (± 0,13)	2,73 (± 0,12)	3,04 (± 0,12)	2,74 (± 0,15)	0,0014	0,2247
Colon recto lleno	0,35 (± 0,04)	0,41 (± 0,05)	0,43 (± 0,04)	0,47 (± 0,04)	0,39 (± 0,05)	0,0107	0,4562
Longitud relativa intestino delgado	9,72 ^{ab} (± 0,28)	9,24 ^{ab} (0,30)	8,93 ^b (± 0,27)	10,39 ^a (± 0,27)	10,09 ^a (± 0,33)	0,0014	0,0070
Longitud ciego izquierdo	0,99 ^b (± 0,03)	1,05 ^{ab} (± 0,04)	1,04 ^{ab} (± 0,03)	1,13 ^a (± 0,03)	1,13 ^a (0,03)	0,0101	0,0453
Longitud ciego derecho	0,92 (± 0,03)	0,97 (± 0,03)	0,98 (± 0,03)	1,06 (± 0,04)	1,05 (± 0,04)	0,0413	0,0762

Nota: a,b medias con letras distintas en la fila difieren significativamente para $p < 0,05$ (16) Fuente: elaboración propia

que con los niveles más altos (15 % y 20 %) hay una afectación en el comportamiento productivo de las aves, es necesario señalar que se obtuvieron ganancias de peso ([2015 y 1819] g ave⁻¹, respectivamente) con una aceptada conversión alimenticia ([1,80 y 1,98], respectivamente) al emplear este alimento fibroso. Por lo que la HFT pudiera ser una opción para los productores a pequeña y mediana escala en sustitución de los alimentos convencionales. ⁽³⁸⁾

De igual forma este material vegetal permitió un rendimiento en canal y el pH en la pechuga y muslos similares a la dieta de maíz-soya. Solamente en el rendimiento en vísceras se encontró un incremento al utilizar la HFT; aspecto que se relacionó con el mayor peso del estómago muscular (molleja) encontrado por Savón *et al.* ⁽²²⁾ Los valores de pH en la pechuga y muslo se hallan en los rangos normales de pH (5,4-6,18) para esta especie.

Los costos de alimentación por kg de ganancia y por tonelada de peso vivo producido fueron menores con el aumento del nivel de harina de *tithonia* en la dieta. Los costos de alimentación por animal (USD) fueron de 0,79; 0,73; 0,70; 0,67

y 0,68 y por tonelada de peso vivo producido (USD) de 789,46; 733,59; 701,97; 672,75 y 683,20 para 0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 % de inclusión de HFT en sustitución de maíz/soya, respectivamente. Lo anterior implica una reducción en los costos de alimentación (% de USD) de 9,02; 13,73; 21,27 y 27,82 de costo de toneladas de peso vivo producidas para los referidos niveles respecto al control. ⁽²⁸⁾ Estos resultados demuestran que la HFT es una opción viable tanto productiva como económica para los pollos de engorde.

Evaluación en pollitas de reemplazo de ponedoras

Indicadores morfométricos macroscópicos de órganos digestivos y accesorios del tracto gastrointestinal

Se observó un incremento del peso relativo del tracto gastrointestinal vacío, con los niveles de 15 % y 20 % de HFT, aunque este último no difirió del control ni del 15 %. También se observó un incremento del peso relativo de la molleja, destacándose los niveles de 15 % y 20 %. Este resultado es clásico en la literatura científica, ya que el incremento del nivel de fibra provoca un aumento del peso de la molleja,

como se explicó en los pollos de engorde. ⁽²²⁾ Esto refleja mayor trabajo y tiempo de permanencia del alimento en este órgano. ⁽³⁹⁾ Los restantes indicadores de peso relativo de los órganos vacíos y la longitud del colon-recto no mostraron diferencias entre tratamientos.

Un resultado interesante se obtuvo en la longitud relativa del intestino delgado (cm g^{-1} PV): 8,89; 10,20; 9,50 y 10,49 para 0 %, 10 %, 15 % y 20 % de inclusión de HFT en la dieta respectivamente. Los tratamientos no difirieron estadísticamente ($p < 0,0515$), pero se observó un aumento con el nivel de fibra. La longitud del intestino delgado se relaciona con la superficie de la mucosa intestinal y un incremento de ésta, implicaría una mayor absorción de nutrientes, que conllevaría a un buen desarrollo corporal de la futura ponedora. ⁽²²⁾ Esto necesariamente incide en la respuesta productiva de las pollitas.

El peso relativo de los órganos accesorios del tracto gastrointestinal (páncreas e hígado) fueron similares para todos los tratamientos experimentales. Esto significa que al igual que los pollos de engorde, los niveles de harina de forraje de *tithonia* no estimularon las secreciones específicas de estos órganos.

Indicadores morfométricos microscópicos

En el caso de las pollitas de reemplazo debido a la importancia de esta categoría se realizó un estudio histopatológico con el fin de indagar si el consumo de *tithonia* era capaz de provocar una lesión a nivel de los tejidos de los órganos digestivos y accesorios de esta categoría. ⁽²³⁾ Se analizaron el proventrículo, molleja, ciegos e hígado. Se observó que los cambios hallados a nivel de tejido en el proventrículo, molleja e hígado no eran atribuibles al consumo de *tithonia*, ya que se encontraron tanto en animales tratados como sin tratar.

Evaluación histológica cuantitativa (cambios estructurales en los tejidos y órganos)

Se realizó un estudio morfométrico de estructuras del sistema digestivo (proventrículo, molleja, íleon y ciegos) con el fin de cuantificar los cambios asociados a la administración de las dietas con la inclusión de diferentes niveles de harina de forraje de *tithonia*. El estudio morfométrico de los valores de cada variable evaluada, por grupos experimentales, mostró que sólo hubo diferencias significativas en el ancho de las vellosidades intestinales, entre el grupo control y el administrado con el 20 % de la HFT para valor de significación de $p = 0,0153$ (tabla 2). Este resultado posiblemente esté asociado a la administración de la mayor concentración (20 %) de harina de forraje de *tithonia* y confirma el incremento hallado en la longitud del intestino delgado en el estudio de los indicadores morfométricos macroscópicos.

En la figura 1 se muestran las diferencias entre las vellosidades del grupo control y las del tratamiento con 20 % de inclusión de harina de forraje de *tithonia*.

El resto de las variables estudiadas no difirieron entre tratamientos. Es importante destacar que, aunque no hubo diferencias estadísticas significativas entre grupos para la altura de las vellosidades y la profundidad de las criptas del íleon, los resultados indicaron un incremento de los valores a medida que aumenta la concentración del alimento en la dieta.

Indicadores de la bioquímica sanguínea

En el caso de las pollitas de reemplazo los indicadores de la bioquímica sanguínea: proteínas totales, ácido úrico, colesterol y triglicéridos no difirieron con el incremento de los niveles de HFT. ⁽⁴⁰⁾ Las proteínas totales se hallaron en los rangos normales de (30-50) g L^{-1} . ⁽⁴¹⁾ Se observó que la cifra más elevada de ácido úrico se encontró con el nivel de 20 % de harina de forraje de *tithonia* y representó un incremento en (83,00; 90,50 y 150,32) umol L^{-1} respecto al 0 %, 10 % y 15 % de HFT. Nótese que el 15 % representa la mitad de la concentración sérica de la inclusión del 20 % de HFT (338 umol L^{-1}). Este último resultado se debe analizar, ya que según se refirió, en pollos de engorde, el ácido úrico, producto final del catabolismo proteico en las aves, se incrementa con los niveles de proteína. ⁽⁹⁾

Los indicadores del metabolismo lipídico, colesterol y triglicéridos tampoco difirieron entre tratamientos. El colesterol se encontró en el rango normal estipulado para las aves, que es de ([2,58-5,12] mmol L^{-1}). ⁽³⁵⁾ Llama la atención que los niveles de colesterol son similares a los obtenidos en los pollos de engorde. Según Sturkie las fracciones lipídicas están afectadas por el estado fisiológico y nutritivo del ave. Desde el punto de vista fisiológico, este tipo de aves manifiesta un incremento en el metabolismo lipídico comparado con pollos de engorde. ^(41,42) Desafortunadamente no se determinaron los lípidos totales que hubieran podido esclarecer las diferencias en la acumulación lipídica entre machos y hembras.

El estudio permitió cuantificar, por primera vez, los cambios morfométricos y estructurales de los tejidos de los órganos digestivos. Lo anterior condujo a recomendar hasta 20 % de inclusión del forraje en la dieta a partir de los 7 días, dado por el incremento del ancho de las vellosidades intestinales respecto al control, no encontrar alteraciones histológicas desfavorables en los tejidos y lograr mantener los indicadores de la bioquímica sanguínea en los rangos normales.

Indicadores productivos y económicos de pollitas de reemplazo de ponedoras

El buen rendimiento de la futura ponedora se relaciona directamente con un buen desempeño en las primeras semanas

Tabla 2. Efecto de la inclusión de harina de forraje de *tithonia* en la morfometría de las estructuras de órgano del sistema digestivo $n = 8$ (media y desviación estándar)

Variables morfométricas analizadas	Niveles de harina de forraje de <i>tithonia</i> (%)			
	Control	10	15	20
Diámetro de las yemas proventriculares	1745 DE = 269,7	1828 DE = 262,8	1835 DE = 259,2	1789 DE = 372,3
Altura de la mucosa del proventrículo (μm)	828,4 DE = 125,4	969,8 DE = 125,4	849,0 DE = 115,8	958,8 DE = 155,1
Altura de la mucosa de la molleja (μm)	977,5 DE = 210,5	951,4 DE = 501,0	1034 DE = 382,5	853,0 DE = 55,25
Altura de las vellosidades intestinales (μm)	1402 DE = 543,9	1649 DE = 319,4	1566 DE = 591,3	2014 DE = 288,5
Ancho de las vellosidades intestinales (μm)	161,9 ^c DE = 131,1	363,9 ^b DE = 92,22	345,0 ^b DE = 179,5	411,9 ^a DE = 45,84
Profundidad criptas intestinales (μm)	138,6 DE = 62,44	170,9 DE = 39,50	173,3 DE = 66,80	194,3 DE = 37,11
Altura de la mucosa del ciego (μm)	1150 DE = 421,6	1633 DE = 438,0	1349 DE = 373,1	1427 DE = 296,1

Nota: * Valor de $p = 0,0153$. Fuente: elaboración propia

de edad. En la tabla 3 se observa que los niveles de HFT evaluados no afectaron el comportamiento productivo de las pollitas. Esto indica que las dietas en estudio presentaron contenido adecuado de energía y proteína, que permitieron que las aves logaran satisfacer sus necesidades nutritivas. Solo la uniformidad del lote mostró un valor que fue mayor en las aves con

20 % de HFT que difirió de los restantes tratamientos. Es de señalar que con la inclusión de *tithonia* en la dieta la uniformidad fue superior al 80 % lo que se clasifica como buena y tiene una alta correlación con el inicio y persistencia de la puesta.

La viabilidad de las aves fue alta y superior a 99 % en todos los tratamientos por lo que la inclusión en la dieta de has-

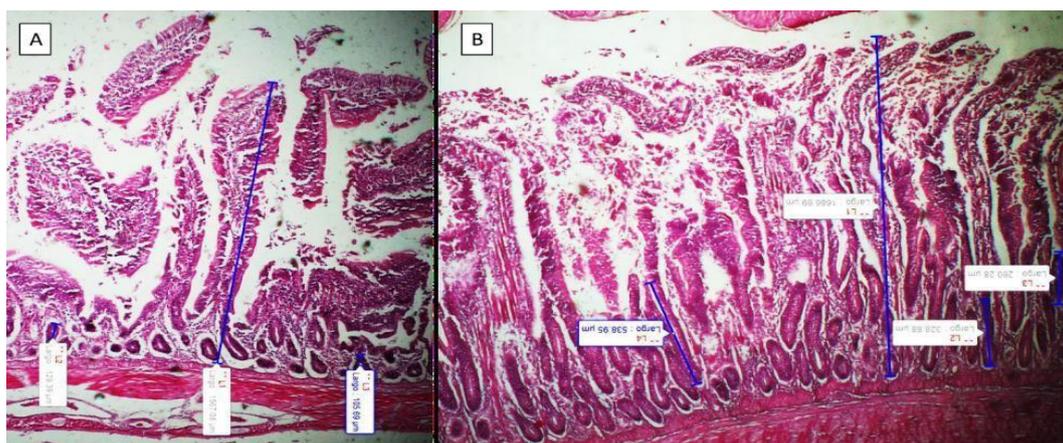


Fig. 1. Imagen de las vellosidades intestinales del grupo control (A) y el 20 % de inclusión de harina de forraje de *tithonia* (B). Fuente: elaboración propia

Tabla 3. Efecto de la inclusión de harina de forraje de *Tithonia diversifolia* en indicadores productivos del reemplazo de ponedoras desde 7 hasta 126 días de edad

Indicadores	Niveles de harina de forraje <i>Tithonia diversifolia</i> %				EE ±	p-valor
	0	10	15	20		
Consumo de alimento, g día⁻¹						
(7-28) días de edad	419	429	427	408	6,50	0,1011
(29-63) días de edad	1320	1346	1359	1317	14,02	0,1087
(64-126) días de edad	4251	4336	4241	4361	42,75	0,1461
Conversión alimenticia, g g⁻¹						
(7-28) días de edad	2,12	2,17	2,17	2,01	0,04	0,0539
(29-63) días de edad	2,62	2,65	2,69	2,60	0,04	0,4735
(64-126) días de edad	8,09	8,33	8,06	8,50	0,12	0,0676
Ganancia de peso vivo, g						
(7-28) días de edad	198	198	197	203	2,42	0,3896
(29-63) días de edad	503	509	507	507	4,05	0,7824
(64-126) días de edad	526	521	526	513	4,68	0,2009
Peso vivo, g						
28 días de edad	261	261	262	268	2,04	0,0632
63 días de edad	764	770	769	775	3,3	0,1772
126 días de edad	1290	1291	1295	1288	43,22	0,5320
% del peso vivo estándar a 126 días	99,24	99,31	99,62	99,11	0,25	0,5317
Uniformidad del lote a 126 días %	76,62 ^a	81,81 ^a	80,51 ^a	88,30 ^b	1,98	0,0034
Viabilidad a 126 días %	99,91	99,99	99,93	99,91	0,08	0,5457

Nota: a y b, medias con superíndices distintos en cada fila difieren significativamente a $p < 0,05$; Duncan (1. Fuente: elaboración propia)

ta 20 % de este alimento fibroso no afecta la salud de las pollitas. Los resultados del comportamiento productivo de este trabajo indican que las pollitas de reemplazo de ponedoras White Leghorn L33 responden positivamente a la inclusión de HFT hasta un 20 % de la ración desde los 7 días de edad, lo cual constituye un nuevo aporte para esta categoría de aves.

Báez *et al.* demostraron que el nivel de inclusión del 20 % también resulta en indicadores económicos más favorables en cuanto al costo de alimentación por animal (2,68 USD), por kg de ganancia (4,83 USD) y por kg de peso vivo (2,01 USD).⁽²⁸⁾ Los ahorros monetarios por concepto de sustitución de importaciones, para este nivel de inclusión de HFT, fueron del 20,94 %; 26,35 % y 23,86 % para los costos de alimentación por animal, por kg de ganancia y por kg de peso vivo, respectivamente. En esta categoría de aves se demuestra que la harina de *tithonia* también constituye una opción viable desde el punto de vista productivo y económico.

Evaluación en gallinas ponedoras

Indicadores productivos y económicos

Las gallinas ponedoras con 10 % y 15 % de HFT tuvieron una producción de huevos similar al grupo control; índices que están acorde a lo que establece la UECAN para esta categoría.⁽¹⁶⁾ Sin embargo, con el 20 % hubo una menor cantidad de huevos por ave, lo que determinó una reducción entre un 7 % y 9 % la intensidad de puesta en relación al resto de los tratamientos.

El efecto en la calidad interna y externa del huevo de gallina al alimentarse con HFT de se presenta en la tabla 4. Los indicadores resistencia a la ruptura y peso de la cáscara no se afectaron con el alimento evaluado, lo que indica que los niveles de calcio y fósforo estuvieron disponibles para las aves y permitió obtener huevos de calidad. Al respecto Scull *et al.* informaron altos por cientos de cenizas, los que se pudieran deber a las

Tabla 4. Efecto de la harina de forraje de *tithonia* en la calidad interna y externa del huevo

Indicadores	Harina de forraje de <i>tithonia</i> , %				EE ±	p-valor
	0	10	15	20		
Resistencia a la ruptura, N*	38,6	40,2	40,4	40,7	1,24	0,6441
Peso de la cáscara, g	7,43	7,47	7,45	7,33	0,10	0,7612
Unidades Haugh	79,8	77,5	76,5	78,8	0,82	0,0512
Color de la yema	17,45 a (4,30) DE = 0,48	21,25 b (5,50) DE = 0,71	25,25 b (5,90) DE = 0,88	28,05 b (6,40) DE = 1,35		0,0002

Nota: a y b, letras desiguales en la misma fila difieren significativamente para $p < 0,05$ * Newton () valores entre paréntesis sin transformar. Fuente: elaboración propia

altas concentraciones de calcio (Ca) y fósforo (P) que presenta *Tithonia diversifolia*, comparado con otras especies arbóreas que se usan comúnmente en la alimentación. ^(2,43)

En tanto el color de la yema mostró un incremento con los niveles de HFT respecto al control. Esto se puede deber a la presencia de xantofilas y compuestos carotenoides presentes en el componente hoja de este alimento. ⁽⁴⁴⁾ Lo anterior pudiera aportarle un valor agregado al huevo por la mayor pigmentación de la yema ya que el color es una característica de selección por el consumidor y, además, estas sustancias pigmentantes aportan beneficios a la salud humana por sus funciones antioxidantes e inmunomoduladoras. ⁽⁴⁵⁾ En relación a la composición química la inclusión de HFT en la dieta de gallinas ponedoras, no produjo modificaciones en el contenido de humedad, proteína, lípidos y cenizas en la yema y la clara de huevo.

Los mejores indicadores económicos para gallinas ponedoras ([23-44] semanas) se obtienen cuando la HFT representa un 15 % de la ración. ⁽²⁸⁾ Con este nivel, sustituyendo parcialmente las harinas de maíz y soya, el costo de alimentación por animal por día y por kg de huevo fue de 0,04 USD y 0,73 USD, respectivamente. Los costos de alimentación por millar de huevos para el nivel de 15 % de harina de *tithonia* son de 45 USD, lo que constituye un ahorro monetario por concepto de sustitución de importaciones de un 19,34 %. Por lo que con este nivel de inclusión se alcanzan los mejores resultados productivos a un menor costo de alimentación.

En gallinas ponedoras White Leghorn L33 teniendo en cuenta que se alcanza un índice de puesta superior al 80 %, con incremento en la pigmentación de la yema, sin afectaciones en HFT vc ICA Oc-10 hasta 15 % en la dieta con beneficios económicos por reducción en los costos de alimentación para producir un huevo.

Conclusiones

Se demuestra la posibilidad de incluir harina de forraje de *Tithonia diversifolia* vc ICA Cuba Oc-10 en dietas pollos de engorde, gallinas ponedoras y su reemplazo sin afectar los indicadores fisiológicos, productivos y económicos. La aplicación de estos resultados permitirá el uso más eficiente de esta fuente proteica y la sustitución de alimentos importados, con ahorro en los costos de alimentación, por kilogramo de ganancia de peso y por millar de huevos producidos, para una nutrición avícola sostenible.

Agradecimientos

Se agradece el financiamiento aportado por los programas de proyectos lo que permitió la ejecución de los experimentos, la publicación y divulgación en eventos nacionales e internacionales de los principales resultados. Igualmente, a todos los que contribuyeron con la obtención de los resultados que se presentan en esta propuesta. y en especial a la MSc. Marivy Gutiérrez Machado y Roberto González del CENPALAB por su inmensa ayuda en la realización de los análisis histológicos, a los técnicos Yasmila Hernández, Yoslaydy Albelo, Alejandro Albelo y Félix Dorvigny por su colaboración en los muestreos y atención de los animales, así como a la Ing Dania Ortega de la Paz y todos los técnicos de la Unidad Central de Laboratorios (UCELAB) del Instituto de Ciencia Animal. por la ejecución de los análisis químicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FAO. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2022. Adaptación de las políticas alimentarias y agrícolas para hacer las dietas saludables más asequibles. [Internet]. 1 de noviembre de 2022. [citado 06 jun 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/cc0639es/cc0639es.pdf>.

2. Scull I, Savón L, Ruíz T, Rodríguez Y. Componentes químicos y efecto de la harina de forraje de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) en la calidad de la carne de cerdos en crecimiento-ceba. [Internet]. 2022 [citado 02 abr 2023]. LRRD, 34, Article #33, ISSN: 0121-3784. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd34/4/3433dan.html>
3. Buragohain R, Rajkhowa TK. Growth, nutrient utilization and economics of broiler fed *Tithonia diversifolia* flower meal (TDFM) as substitute of conventional feed-stuffs in Mizoram, India. Indian Journal of Animal Research. 2019;53:349-54
4. Gutiérrez-Castro LL, Hurtado-Nery VL. Uso de la harina de follaje de *Tithonia diversifolia* en la alimentación de pollos de engorde. [Internet]. 2019 Orinoquia, [citado 05 may 2019];23(2):56-62. ISSN-e2011-2629. ISSN-p0121-3709. Disponible en: <https://doi.org/10.22579/20112629.569>
5. Jiyanto AD, Anwar P. Effect of using the *Tithonia diversifolia* leaf meal in the diet formulation on performance of broiler chickens. Jurnal Peternakan. 2020;4(2):77-84
6. Roa ML, Corredor JR, Hernández MC. Physiological behavior of broilers using diets with *Tithonia diversifolia* and probiotics. [Internet]. 2020. Archivos de Zootecnia, [citado 06 abr 2023];69(268):406-17. Disponible en: <https://doi.org/10.21071/az.v69i268.5388>
7. Fuentes-Martínez BE, Carranco-Jaúregui M, Barrita-Ramírez V, Ávila-González E, Sanginés-García L. Efecto de *Tithonia diversifolia* sobre variables productivas en gallinas ponedoras. [Internet]. 2019. Abanico Veterinario, enero-diciembre 2019.Vol 9. [citado 06 jun 2023]. ISSN-e2007-428X, ISSN-p 2448-6132 Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7381395>
8. Carranco-Jaúregui ME, Barrita-Ramírez V, Fuente-Martínez B, Ávila-González E. Sanginés-García L. *Tithonia diversifolia* meal in diets for first cycle laying hens and its effect on egg yolk color. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. [Internet]. 2020 [citado 06 abr 2023];11(2):355-68. ISSN-e:2448-6698. Disponible en: <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i2.5090>
9. Gutiérrez-Castro LL, Corredor-Matheus JR. Química sanguínea en pollos de engorde alimentados con harina de Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*) en fase de finalización. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia. [Internet]. 2019 [citado 12 jun 2023];14:42-52. Disponible en: <https://doi.org/10.21615/cesmvz.14.3.4>
10. Ruíz TE, Febles G, Torres V, González J, Achang G, Sarduy L, Díaz H. Assessment of collected materials of *Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray in the center- western region of Cuba. Cuban Journal of Agricultural Science. 2010;44(3):285-9, ISSN: 2079-3480.
11. Ruíz TE, Alonso J, Febles GJ, Galindo J, Savón L, Chongo B, Torres V, Martínez Y, La OO, Gutiérrez D, Crespo GJ, Cino DM, Scull I, González J. *Tithonia diversifolia*: I. Estudio integral de diferentes materiales para conocer su potencial de producción de biomasa y calidad nutritiva. Avances en Investigación Agropecuaria. 2016;20(3):63-82. ISSN: 0188789-0.
12. Ruiz TE, Febles GJ, Alonso J, Crespo G, Valenciaga N. Agronomy of *Tithonia diversifolia* in Latin America and the Caribbean. 2017. Chapter X. In: Mulberry, moringa and *tithonia* in animal feeding and other uses. Results in Latin America and the Caribbean. Eds: L. Savón, O. Gutiérrez and G. Febles. Food and Agricultural Organization- Instituto de Ciencia Animal. ISSN. 978-969-7171-72-0
13. Savón L, Mora LM, Dihigo LE, Rodríguez V, Rodríguez Y, Scull I, Hernández Y, Ruiz TE. Efecto de la harina de follaje de *Tithonia diversifolia* en la morfometría del tracto gastrointestinal de cerdos en crecimiento-ceba. Zootecnia Tropical, 2008;26(3):387-90 INIA, Maracay, Venezuela. ISSN: 0798-7269
14. Hernández-Jiménez A, Pérez-Jiménez JM, Bosch-Infante D, Castro Speck N. La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. CulTrop [Internet] 31 mar 2019 [citado 06 jun 2023];40(1) Disponible en: <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1504>
15. Rostagno HS, Albino LF, Hannas HI, Donzele JL, Sakomura NK, Perazzo FG, Saraiva A, Teixeira MV, Rodríguez PB, Oliveira RF, Barreto SL, Brito CO. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4taedição. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa. 2017. 488p.
16. UECAN. Unión de Empresas del Combinado Avícola Nacional. Manual Tecnológico para la cría de aves. Ponedoras y sus reemplazos. 6th ed. Habana, MINAG. 2019. 33 p.
17. Porter ML, Hrstich LN, Chan BG. The conversión of proanthocyanidins and prodelphinidins in cyanidin and delphinidin. [Internet]. Phytochemistry. 1986;25:223-30. [citado 2 abr 2023] Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)94533-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0031-9422(00)94533-3)
18. Makkar HPS. Quantification of tannins in tree and shrub foliage. 2003. A laboratory manual. Kluwer Academy Publishers, Netherlands, 102 pp, ISBN: 4020-1632-8
19. Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M, Robledo CW. InfoStat. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. [Internet]. 2012 [citado 02 abril 2023]. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>
20. Duncan B. Multiple range and multiple F test. Biometrics. 1955;11:1-7.
21. Dunn OJ. Multiple comparisons using Rank Sims. Techometrics, 1961;6:241-252.
22. Savón L, Rodríguez B, Vázquez Y, Scull I, Ruiz TE, Herrera M. Immune response and blood biochemistry in broilers fed *tithonia* forage meal at the finishing stage. Cuban Journal of Agricultural Science. 2022;56(2):1-8. ISSN: 2079-3480
23. Savón LL, Rodríguez B, Scull I, Vázquez Y, Herrera M, Almeida M, Gutiérrez M, González R y Ruiz TE. Harina de forraje de *Tithonia diversifolia*. Efecto en indicadores fisiológicos y de la bioquímica sanguínea en 2 categorías avícolas. 2022. En: Memorias Convención Producción Animal y Agrodesarrollo 2022. Madeleidy Martínez Pérez, Jesús M. Iglesias Gómez & Nayda Armengol López (eds.) ISBN: 978-959-7171-86-7.
24. Vázquez Pedroso Y, Rodríguez Sánchez B, Savón Valdés LL, Ruiz Vázquez TE. Productive behavior and blood chemistry in replacement pullets of White Leghorn layers fed *Tithonia diversifolia* forage meal. Trop. Grassl.-Forrajes trop. [Internet]. 2023 may 31 [citado 18 sep 2023];11(2):160-8. Disponible en: <https://www.tropicalgrasslands.info/index.php/tgft/article/view/1232>
25. Rodríguez B, Savón L, Vázquez Y, Ruiz TE, Herrera M. Comportamiento productivo de pollos de engorde alimentados con harina de forraje de *Tithonia diversifolia*. [Internet] 2020. LRRD, 32, Article #22, ISSN: 2521-9952. [citado 06 abr 2023] Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd32/2/brod32022.html>
26. Vázquez Y, Rodríguez B, Savón L, Ruiz TE. 2021. Efecto de la harina de forraje de *Tithonia diversifolia* en indicadores productivos de reemplazo de ponedoras White Leghorn L³³. LRRD, 33, article # 110, ISSN: 2521-9952.

27. 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. [Internet]. 2018 LRRD, 30, Article #56, ISSN: 2521-9952. [citado 06 abril 2023]. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd30/3/brod30056.html>
28. Báez Quiñones N, Rodríguez B, Ruíz TE, Vázquez Y, Díaz Rodríguez H. Economic results of the use of *Tithonia diversifolia* fodder meal in the diet of different poultry categories. Trop. grassl.-Forrajes trop. [Internet]. may 31, 2022;10(2):149-55 [citado 13 sept 2023]. Disponible en: [http://doi.org/10.17138/tgft\(10\)149-155](http://doi.org/10.17138/tgft(10)149-155)
29. Gallego-Castro LA, Mahecha-Ledesma L, Angulo-Arizala J. Nutritional quality of *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray under three planting systems in the high tropic. Agron. Mesoam. [Internet]. 2016 [citado 07 jul 2023];Dec.12:213-22. Disponible en: <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21671>
30. García DE, Medina MG, Clavero T, Humbría J, Baldizán A, Domínguez CE. Preferencias de árboles forrajeros por cabras en las zonas bajas de los Andes venezolanos. Revista Científica FCV-LUZ2 00818:549-55.
31. Verdecia DM, Herrera R, Ramírez J, Acosta IL, Bodas R, Lorente SA, Giráldez FJ, González JS, Arceo Y, Bazán Y, Álvarez Y, López S. Caracterización bromatológica de seis especies forrajeras en el Valle del Cauto, Cuba. Avances en Investigación Agropecuaria. 2014;18(3):75-90, ISSN: 0188789-0.
32. Jiménez-Moreno E, González-Alvarado JM, González-Sánchez D, Lázaro R, Mateos GG. Effects of type and particle size of dietary fiber on growth performance and digestive traits of broilers from 1 to 21 days of age. Poultry Science. [Internet] 2010 [citado 02 abr 2023];89:2197-212. Disponible en: <http://doi.org/10.3382/ps.2010-00771>
33. Café M, Pereira F, Ribeiro H, Bueno de Mattos M, Mundim A, Prazeres C. Biochemical blood parameters of broilers at different ages under thermoneutral environment. World's Poultry Science Journal [Internet]. 2012 [citado 02 abr 2023];suppl 1:143-6. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/2832152870>
34. Gálvez CF, Ramírez GF, Osorio JH. El laboratorio clínico en hematología de aves exóticas. Biosalud. 2009;8:178-88.
35. Holguín V, Álvarez P, Moreira J, Zambrano A. Evaluación del estrés físico y la hepatoprotección en pollos de engorde. 2009. Artículos de Tesis FIMCP.
36. Nunes RV, Broch J, Wachholz L, De Souza C, Damasceno J, Oxford J H, Bloxham DJL, Billard L, Pesti GM. Choosing sample sizes for various blood parameters of broiler chickens with normal and non-normal observations. Poultry Science. 2018;97(10):3746-54.
37. Rodríguez B, Savón LL, Vázquez Y, Ruiz TE *Tithonia diversifolia*, fuente proteica alternativa para la alimentación de aves. 2022. En: Memorias Convención Producción Animal y Agrodesarrollo 2022. Madeleidy Martínez Pérez, Jesús M. Iglesias Gómez & Nayda Armengol López (eds.) ISBN: 978-959-7171-86-7.
38. Savón L, Rodríguez B, Vázquez Y, Ruiz TE. Aspectos fisiológicos de la utilización de la harina de forraje de *T. diversifolia* en pollos de ceba y pollitas de reemplazo. 2019. Memorias del VIII Congreso Internacional de Ciencias Veterinarias. ISBN: 978-959-7190-35-6.
39. Miranda-López S, Rincón-Reyes H, Muñoz R, Higuera A, Arzaillez-Fischer AM, Urdaneta H. Parámetros productivos y química sanguínea en pollos de engorde alimentados con 3 niveles dietéticos de harina de granos de frijol (*Vigna unguiculata*) Walps durante la fase de crecimiento. Revista Científica. 2007;17(2):150-60.
40. Sturkie PD. Avian Physiology. Part IV: metabolism Theme. Sixth Edition. Edited by. Colin G. Scanes. [Internet]. 2015. ISBN: 978-0-12-407160.5. Internet. [citado 02 abr 2023]. Disponible en: <http://doi.org/10.1016/C2012-0-02488-X>
41. Osorio JH, Flórez JD. Comparación de lípidos sanguíneos entre pollos de engorde y gallinas ponedoras. Revista Medicina Veterinaria Zootecnia. [Internet]. 2018 [citado 02 abr 2023];65(1)enero-abril:17-35. Disponible en: <http://doi.org/10.15446/remv2.v65n1.72021>
42. Mahecha L, Rosales M. Valor Nutricional del Follaje de Botón de Oro (*Tithonia diversifolia* [Hemsl.] Gray), en la Producción Animal en el Trópico. [Internet]. 2005 LRRD 17, Article#100, ISSN: 2521-9952. [citado 06 abr 2023]. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd17/9/mahe17100.htm>
43. Medina BML, Carreño DRJ. Evacuación del material foliar de rayo de sol como posible fuente de xantofilas. Agronomía Tropical. 1998;49(4):373-90
44. Englmaierová M, Skřivan M, Bubancová IA comparison of lutein, spray-dried *Chlorella*, and synthetic carotenoids effects on yolk colour, oxidative stability, and reproductive performance of laying hens. Czech Journal Animal Science. 2013;58(9):412-9.
45. González-Sierra L, Díaz-Solares M, Castro-Cabrera I, Fonte-Carballo L, Lugo-Morales Y, Altunaga-Pérez N. Caracterización fitoquímica y actividad antioxidante total de diferentes extractos de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. Pastos y Forrajes. 2019;42(3):243-8. ISSN: 0864-0394.

Recibido: 7/04/2025

Aprobado: 14/04/2025

Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses entre ellos, ni con la investigación presentada.

Contribuciones de los autores

- Conceptualización: Bárbara Rodríguez Sánchez, Lourdes L. Savón Valdés
- Curación de datos: Lourdes L. Savón Valdés, Bárbara Rodríguez Sánchez
- Análisis formal: Lourdes L. Savón Valdés, Bárbara Rodríguez Sánchez
- Investigación: Bárbara Rodríguez Sánchez, Lourdes L. Savón Valdés, Ysnagmy Vazquez Pedroso, Idania Scull Rodríguez, Magaly Herrera Villafranca, Nadia Báez Quiñones, Justo González Olmedo
- Metodología: Lourdes L. Savón Valdés, Bárbara Rodríguez Sánchez, Ysnagmy Vazquez, Pedroso, Magaly Herrera Villafranca, Tomás E. Ruiz Vázquez
- Administración del proyecto: Bárbara Rodríguez Sánchez, Tomás E. Ruiz Vázquez Supervisión: Bárbara Rodríguez Sánchez, Lourdes L. Savón Valdés, Tomás E. Ruiz Vázquez
- Validación: Bárbara Rodríguez Sánchez, Ysnagmy Vazquez Pedroso, Tomás E. Ruiz Vázquez, Justo González Olmedo, Yoel González González
- Redacción-Borrador original: Lourdes L. Savón Valdés, Bárbara Rodríguez Sánchez, Tomás E. Ruiz
- Redacción-Revisión y edición: Lourdes L. Savón Valdés, Ysnagmy Vazquez Pedroso

Financiamientos

Esta investigación ha sido financiada por 3 proyectos de investigación: "Diversificación, mejoramiento y multiplicación de recursos fitogenético de especies productoras de forrajes de alta calidad para la alimentación animal" (Programa Nacional de Alimento Animal, PNCT); "Evaluación de la harina de forraje de *Tithonia diversifolia* (material vegetal 10) en la alimentación de aves y cerdos" (Proyecto FONCI) y "Granja demostrativa del potencial de las plantas proteicas para la alimentación eficiente del ganado" (Proyecto FONCI y Programa Sectorial de Alimento Animal, PSAA).

Cómo citar este artículo

Rodríguez Sánchez B, Savón Valdés LL, Vazquez Pedroso Y, Scull Rodríguez I, Ruiz Vázquez TE, Herrera Villafranca M, *et al.* Harina de

forraje de *Tithonia diversifolia* vc ICA Cuba Oc-10: Una alternativa potencial para la nutrición avícola . An Acad Cienc Cuba [Internet] 2025 [citado en día, mes y año];15(1):e2982. Disponible en: <http://www.revistaccuba.cu/index.php/revacc/article/view/2982>

El artículo se difunde en acceso abierto según los términos de una licencia Creative Commons de Atribución/Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0), que le atribuye la libertad de copiar, compartir, distribuir, exhibir o implementar sin permiso, salvo con las siguientes condiciones: reconocer a sus autores (atribución), indicar los cambios que haya realizado y no usar el material con fines comerciales (no comercial).

© Los autores, 2025.

