



Received: september 06, 2024 / Accepted: november 20, 2024

Artículo científico

Evaluación de *Tithonia diversifolia* como potencial ingrediente en la alimentación animal

Evaluation of Tithonia diversifolia as a potential ingredient in animal feed

Anahi Jobeth Borrás-Enríquez^{1,*} , Jorge Luis González-Escobar¹ , Fabiola Veana¹ , Rafael Nieto-Aquino¹ 

DOI: 10.51431/par.v6i2.966

Resumen

Objetivo: Desarrollar una solución sustentable para controlar la presencia de la planta invasora *Tithonia* mediante la evaluación composicional y fitoquímica para su posible uso como alimento animal. **Metodología:** La planta *Tithonia diversifolia* fue recolectada y sus tres componentes (hoja, flor y tallo) fueron deshidratados y se evaluaron su composición nutrimental y la presencia de polifenoles y la actividad antioxidante. **Resultados:** Las hojas y la flor mostraron la mayor cantidad de proteínas, 8.58% y 10.35% respectivamente. Mientras que en el tallo se detectó el mayor contenido de carbohidratos totales (82.23%) y lignina (48.56%). Respecto a la presencia de compuestos bioactivos, las hojas presentaron mayor contenido de fenoles totales (99.42 mg/EAG 100 g) en comparación a los tallos y las flores; mientras que los tallos (77.47%) y las flores (74.54%) mostraron una mayor capacidad antioxidantes que las hojas (60.79%). **Conclusiones:** Los carbohidratos, proteínas, lípidos, lignina, minerales, compuestos fenólicos y actividad antioxidante presentes en la planta invasora *Tithonia diversifolia*, mostraron la viabilidad de la planta para su aprovechamiento como alimento animal, donde las flores y hojas aportan proteína, mientras que el tallo presenta una cantidad importante de fibra, mismas que resultan atractivas para uso como alimento animal.

Palabras-clave: *Tithonia diversifolia*, fenoles, actividad antioxidante, borrego.

Abstract

Objective: To develop a sustainable solution for controlling the invasive plant *Tithonia diversifolia* by evaluating its compositional and phytochemical properties for potential use as feed for fattening sheep. **Methodology:** *Tithonia diversifolia* was collected and its three components (leaf, flower, and stem) were dehydrated. Their nutritional composition, polyphenol content, and antioxidant activity were assessed. **Results:** The leaves and flowers exhibited the highest protein content, at 8.58% and 10.35% respectively. The stem had the highest total carbohydrate content (82.23%) and lignin (48.56%). In terms of bioactive compounds, the leaves had a greater total phenolic content (99.42 mg EAG/100 g) compared to the stems and flowers. Conversely, the stems (77.47%) and flowers (74.54%) demonstrated greater antioxidant capacity than the leaves (60.79%). **Conclusions:** The carbohydrates, proteins, lipids, lignin, minerals, phenolic compounds, and antioxidant activity present in the invasive plant *Tithonia diversifolia* indicate its viability as feed. The flowers and leaves provide protein, while the stem has an important amount of fiber, which are attractive for use as animal food

Keyword: *Tithonia diversifolia*, phenols, antioxidant activity.

¹ Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico de Ciudad Valles. Carretera al Ingenio Plan de Ayala Km.2, Col. Vista Hermosa, Ciudad Valles, San Luis Potosí, México, C.P. 79010. anajoborras@gmail.com

Introducción

Uno de los problemas que dificultan el incremento de la eficiencia de los sistemas agrícolas es la interferencia causada por las malezas sobre los cultivos, ya que estas plantas invasoras o también denominadas plagas compiten con los cultivos de interés comercial por los nutrientes. En las últimas décadas, la estrategia más utilizada para la erradicación de las especies invasoras de plantas ha consistido en el uso de herbicidas; sin embargo, estos agroquímicos han causado severos impactos ambientales como la contaminación de los depósitos de aguas naturales, el incremento de emisiones de gases de efecto invernadero, la disminución de la fertilidad de los suelos, la pérdida de la diversidad de especies de insectos e incluso han generado especies de plantas invasoras más resistentes (Di Benedetto et al., 2017). Por lo tanto, es fundamental diseñar estrategias de control sustentables que sean más

amigables con el medio ambiente y que permitan el aprovechamiento de estos recursos.

En México, existe una especie invasora denominada *Tithonia* (*Tithonia diversifolia*), también es conocida como botón de oro o girasol mexicano. Esta planta crece durante todo el año en los cultivos de maíz, avena, trigo y sorgo, interfiriendo en la eficiencia de la producción de los cultivos ya que tiene una alta capacidad de reproducción vegetativa. Se ha reportado que en las épocas de lluvias esta especie invade densas áreas agrícolas, por lo que los agricultores deben controlar su crecimiento mediante el uso de agroquímicos, podas y quemas constantes (Agboola et al. 2006.). Sin embargo, *Tithonia* presenta adaptaciones fisiológicas para hacer frente a estos entornos hostiles, ya que prolifera nuevamente e invade otras zonas. Por lo que es muy notorio observar dentro de los cultivos, en los patios baldíos, a las orillas de carreteras, ríos y cerca de las casas de las zonas rurales (Wanjau et al. 1998) (Figura 1)

Figura 1

Planta arbustiva Tithonia diversifolia



Diversos estudios han indicado que la planta botón de oro (*Tithonia diversifolia*) es una planta arbustiva viable para la alimentación de conejos y ovejas, debido a su alto contenido proteico, y la baja presencia de compuestos antinutricionales, que lo hacen ideal para sustituir hasta en un 30% en la dieta de los animales. La crianza de animales de granja es una actividad económica de interés en gran parte del país; sin

embargo, la alimentación de estos es un tema de interés debido a que el alimento repercute en la calidad de la carne, por lo que el uso de alimento con un importante aporte de proteína es necesario; lo que genera que los costos de dichos alimentos sean costosos y en ocasiones reducen hasta en un 50% la ganancia en la venta del animal. En este contexto, el presente trabajo tiene el objetivo de presentar una solución sustentable

para controlar la presencia de la planta invasora *Tithonia* que interfiere en la eficiencia de los cultivos mediante la evaluación composicional y fitoquímica para su posible uso en animales de granja en México.

Metodología

Recolección y procesamiento de la planta forrajera Tithonia diversifolia

Las plantas con una altura de 1.80-2.10 m fueron recolectadas en las zonas de cultivos a los alrededores de San Felipe del Progreso, Estado de México (19°43'21.007"N 99°56'52.606"W), el periodo de estudio fue de enero a diciembre del año 2023. El objeto de estudio es la planta *Tithonia diversifolia* y sus componentes (flor, hojas y tallo), los cuales fueron separados, deshidratados, molidos y tamizados en una malla 40.

Análisis químico proximal

Se realizó la determinación de proteína cruda (NMX-NOM-F-68-S-1980), extracto etéreo (NMX-F-615-NORMEX-2018), cenizas (NMX-F-607-NORMEX-2020) y carbohidratos totales por diferencia. El contenido de azúcares totales, lignina soluble en ácido (LSA) y lignina insoluble en ácido (LIA) fueron determinadas de acuerdo con la metodología reportado por Torre-Robles et al. (2018).

Extracción de compuestos bioactivos mediante maceración

Para la extracción, se utilizó 1 g de polvo de cada muestra disuelta en 50 mL de etanol (99% grado HPLC, Karal, México) de acuerdo con Safdar et al. (2017), con ligeras modificaciones. Los matraces que contenían las muestras se colocaron en un agitador de mesa y se agitaron (200 rpm) durante 24 h a 25 °C. Después de la extracción, el contenido de cada matraz se centrifugó (Allegra 25R Centrifuge, Beckman Coulter Inc., Brea, CA, EUA) a 5000 x g durante 20 minutos a 20°C. Luego, la fase líquida se decantó y se concentró en un rotavapor (300 rpm, 60°C) y se conservó en viales de color ámbar a 20°C hasta su procesamiento.

Cuantificación de polifenoles totales

El contenido de polifenoles totales se determinó según el método de Folin-Ciocalteu en

formato microplaca (Borrás-Enríquez et al., 2021). El extracto (40 µL) se mezcló con 3,16 µL de agua desionizada, 200 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu y 600 µL de solución de carbonato de sodio (20%). La mezcla se incubó en la oscuridad a temperatura ambiente durante 120 min. La absorbancia se midió a 765 nm usando el espectrofotómetro de microplacas Thermo Scientific® Multiskan. Una solución estándar de ácido gálico (G7384, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EUA) se utilizó para realizar la curva de calibración (125–1000 mg/L). Los resultados se expresaron en miligramos de equivalentes de ácido gálico (GAE), mg GAE/100 g de residuo en polvo. Todas las muestras se analizaron por triplicado.

Ensayo de eliminación de radicales DPPH

La actividad antioxidante total se determinó utilizando el método 2,2-difenil-1-picril-hidrazilo (DPPH) (Borrás-Enríquez et al., 2021) para examinar la capacidad de eliminación de radicales libres. Se preparó una solución madre para mezclar 2,5 mg de radical DPPH con 80 mL de metanol puro y 20 mL de agua destilada en condiciones de oscuridad. Luego, se mezclaron e incubaron 292 µL de la solución radical y 8 µL de la muestra durante 90 min y se leyó la absorbancia a 515 nm. Se utilizó Trolox como estándar y los resultados se expresaron como equivalentes de Trolox por gramo de extracto seco (TE/100 g). La actividad antioxidante se expresó como inhibición de DPPH (%) calculado con la Ecuación (1).

$$\text{inhibición (\%)} = \frac{1 - Am}{Ab} * 100$$

donde *Am* es la absorbancia del control y *Ab* es la absorbancia de la muestra.

Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza de un Diseño Completo al Azar (DCA) con tres tratamientos y para la comparación múltiple de medias se utilizó una prueba de comparación múltiple LSD de Fisher para determinar diferencias significativas entre los tratamientos en el nivel de probabilidad ($P \leq 0.05$). El análisis estadístico se realizó usando el software profesional Statgraphics Centurión XVI (Statpoint Technologies Inc.).

Resultados

La composición nutricional de las diferentes partes de la planta de *Tithonia diversifolia* se pueden observar en la Tabla 1. Las

hojas y la flor mostraron la mayor cantidad de proteínas, 8,58% y 10.35% respectivamente. Mientras que en el tallo se detectó el mayor contenido de carbohidratos totales (82.23%) y lignina (48.56%)

Tabla 1

Composición nutricional de los componentes de la planta Tithonia diversifolia por 100 g de material en base seca

Parámetro	Flor	Hoja	Tallo
Humedad	9.83 ± 0.06 ^b	10.03 ± 0.06 ^a	9.00 ± 0.00 ^c
Cenizas	9.13 ± 0.05 ^b	22.64 ± 0.15 ^a	7.03 ± 0.12 ^c
Proteínas	8.58 ± 0.67 ^b	10.35 ± 0.28 ^a	1.03 ± 0.24 ^c
Grasa	6.12 ± 0.09 ^a	1.72 ± 0.09 ^b	0.71 ± 0.04 ^c
Carbohidratos totales	66.15 ± 0.71 ^b	55.26 ± 0.23 ^c	82.23 ± 0.27 ^a
Carbohidratos solubles totales	25.86 ± 1.09 ^c	26.14 ± 0.05 ^b	26.71 ± 0.32 ^a
Lignina total	39.77 ± 1.97 ^b	30.11 ± 1.58 ^c	48.56 ± 0.92 ^a
Lignina insoluble	38.01 ± 0.77 ^b	26.20 ± 1.27 ^c	43.41 ± 0.82 ^a
Lignina soluble	1.76 ± 0.07 ^c	3.43 ± 0.18 ^b	5.05 ± 0.11 ^a

Los resultados representan la media ± desviación estándar (n=3). En la fila letras diferentes indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los componentes.

En la Tabla 2 se muestra que las hojas tienen mayor contenido de fenoles totales (99.42 mg/EAG 100 g) en comparación de los tallos y las flores. Por otro lado, se observó que los tallos (77.47%) y las flores (74.54%) mostraron una

mayor capacidad antioxidante que las hojas (60.79%). Sin embargo, todas las estructuras vegetativas presentaron una actividad antioxidante notable.

Tabla 2

Determinación de actividades nutraceuticas: Fenoles totales y actividad antioxidante (DPPH)

Componente	Fenoles totales (mg EAG/100 g)	Inhibición de DPPH (%)
Hoja	99.42±1.11 ^a	60.79±0.64 ^c
Flor	8.08±0.22 ^c	74.54±0.36 ^b
Tallo	22.56±0.44 ^b	77.48±0.36 ^a

Los resultados representan la media \pm desviación estándar (n=3). En la fila letras diferentes indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los componentes.

Discusión

Bolaji Umar et al. (2015), reportaron un contenido de proteína de 14.43% en hojas y 0.80% en tallos; mientras que el contenido de carbohidratos fue de 52.27% hojas y 30.13% en tallos. Estas diferencias en la composición podrían estar relacionadas con las condiciones ambientales de crecimiento o la etapa de desarrollo de la planta al momento de la cosecha. En este sentido, algunos estudios han señalado que la utilidad de las hojas y los tallos para alimento destinado para animales debe cosecharse antes de la floración, ya que la planta de *Tithonia* modifica la composición de sus nutrientes en sus estructuras vegetativas (Ríos et al., 1998)

En este estudio se observó que la flor tiene un contenido de proteínas de 8.58% y un contenido de lípidos de 6.12%. Estos componentes son interesantes para ser utilizados como ingrediente, ya que podrían aportar nutrientes importantes en la dieta de los animales forrajeros. De acuerdo con la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, el valor nutritivo de los ingredientes está relacionado con el contenido de proteína y energía metabolizable proporcionada por lípidos y carbohidratos (Calsamiglia et al., 2009). En los sistemas de alimentación para animales utilizan cereales forrajeros como el maíz, trigo, avena, centeno, cebada y leguminosas para balancear los componentes nutricionales (Bacha et al., 2005). Sin embargo, esta estrategia ha impactado elevando los gastos de la alimentación. En este contexto, las estructuras de la planta de *Tithonia* presentan un alto contenido energético, debido al elevado contenido en azúcares y una cantidad de proteínas que podrían contribuir como un ingrediente en las necesidades nutricionales de los borregos.

Los metabolitos secundarios de las plantas son un recurso natural que no ha sido explotado en los sistemas convencionales de producción animal; ya que se ha considerado como una fuente de factores antinutricionales y no como una fuente de compuestos bioactivos

que mejoran el rendimiento (Greathead, 2007). En el caso de los aceites esenciales se ha demostrado que tienen un efecto bacteriostático, ya que permiten la regulación de ciertas poblaciones microbianas para el buen funcionamiento ruminal. Por otro lado, los polifenoles actúan como agentes antioxidantes, capturando los radicales libres generados por el estrés oxidativo en la fermentación de rumiantes (Greathead, 2007). En esta investigación se cuantificó la presencia de los polifenoles totales y la actividad antioxidante de las partes vegetativas de la planta a partir de extractos etanólicos.

En investigaciones previas, se ha reportado una menor cantidad de fenoles totales en las hojas (50.4 mg/EAG 100 g) y una mayor cantidad de fenoles en los tallos tiernos (33.2 mg/EAG 100 g) (González-Sierra et al., 2019). Mientras que Bolaji Umar et al. (2015), reportaron una cantidad de fenoles totales en hoja de 64.58 mg/EAG 100 g y en tallo de 9.77 mg/EAG 100 g. Estas diferencias con estudios pueden estar asociadas a las condiciones ambientales del crecimiento de las plantas, ya que bajo ciertas condiciones de estrés generan compuestos bioactivos para canalizar y estabilizar su sistema (González-Sierra, et al.; 2019). Por lo que estos resultados observados en este estudio pueden estar vinculados a las condiciones climáticas de la región norte del Estado de México.

En otros estudios se han reportado una actividad antioxidante de 67.60% en la planta completa de *Tithonia tubaeformis*, un miembro de la misma familia de *Tithonia diversifolia* (García-Vázquez et al., 2023). Además, se han identificado en varios estudios actividad antimicrobiana contra microorganismos patógenos como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Candida guilliermondii*, *Salmonella typhimurium*, *Salmonella enteritidis* y *Listeria monocytogenes* (Pino et al., 2018; García-Vázquez et al., 2023). Así mismo, se ha reportado que el consumo de la planta *Tithonia* contribuye en gran medida en la disminución de la carga parasitaria en bovinos jóvenes (Lezcano-Más et al., 2016). Todas estas características interesantes de las estructuras de *Tithonia* hacen altamente

viable su uso como ingrediente para el diseño de alimentos de animales, ya que promoverían el funcionamiento de los microorganismos que participan en la degradación de las fibras, producción de proteína y la estabilidad en la homeóstasis del sistema microbiano.

Conclusiones

Se detectaron varios compuestos nutricionalmente importantes en la planta *Tithonia diversifolia*, mostrando su composición nutricional y fitoquímica rica y versátil para su potencial uso como alimentos para animales forrajeros.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología, por el financiamiento otorgado al proyecto “Aprovechamiento integral de *Tithonia diversifolia* para el desarrollo de alimentos para animales de granja y bioenergéticos” (Proyecto FICDTEM-2023-59). Los autores agradecen al CONAHCYT por la beca posdoctoral otorgada a Anahi Jobeth Borrás Enríquez.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Referencias

- Agboola, D.A., Idowu, W.F., & Kadiri, M. (2006). Seed germination and seedling growth of the Mexican sunflower *Tithonia diversifolia* (Compositae) in Nigeria, Africa. *Revista de Biología Tropical*, 54(2), 395-402. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442006000200017&lng=en&tlng=en.
- Association of Official Agricultural Chemists [AOAC]. (1984). *Official methods of analysis* (14th ed.). AOAC. Washington, D.C., USA.
- Bacha, F., Llanes, N., & Bueno, E. (2005). Alimentación de terneros en ausencia de promotores de crecimiento de tipo antibiótico: control de timpanismo y acidosis. XXI Curso de Especialización FEDNA, 133-158. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/102-alimentacion_terneros.pdf

Borrás-Enríquez, A.J., Reyes-Ventura, E., Villanueva-Rodríguez, S.J., & Moreno-Vilet, L. (2021). Effect of ultrasound-assisted extraction parameters on total polyphenols and its antioxidant activity from mango residues (*Mangifera indica* L. var. Manililla). *Separations*, 8(7), 94.

<https://doi.org/10.3390/separations8070094>

Calsamiglia, S., Bach, A., De Blas, C., Fernández, C., & García-Rebollar, P. (2009). *Necesidades nutricionales para rumiantes de leche: normas FEDNA*. Madrid: Ediciones Peninsular SL.

Di Benedetto, N., Corbo, M.R., Campaniello, D., Cataldi, M.P., Bevilacqua, A., & Sinigaglia, M. (2017). The role of Plant Growth Promoting Bacteria in improving nitrogen use efficiency for sustainable crop production: a focus on wheat. *AIMS Microbiology*, 3, 413-434. doi: 10.3934/microbiol.2017.3.413

Galindo-Blanco, J. L., Rodríguez-García, I., González-Ibarra, N., García-López, R., Herrera-Villafana, M. (2018). Sistema Pastoral con *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray: efecto en la población microbiana ruminal de vacas. *Pastos y Forrajes*, 41(4). <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269158220006>

Greathead, H. (2003). Plants and plant extracts for improving animal productivity. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(2), 279-290. DOI: [10.1079/pns2002197](https://doi.org/10.1079/pns2002197)

Lezcano-Más, Y., Soca-Pérez, M., Roque-López, E., Ojeda-García, F., Machado-Castro, R., & Fontes-Marrero, D. (2016). Forraje de *Tithonia diversifolia* para el control de strongílidos gastrointestinales en bovinos jóvenes. *Pastos y Forrajes*, 39(2), 133-138. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v39n2/pyf08216.pdf>

López Pino, B., Arroyave Sosa, C., Londoño Pérez, D., López Naranjo, D., Cardona Aristizábal, M., & Hincapié Llanos, C. (2018). Actividad antimicrobiana in vitro de los extractos de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (botón de oro) y *Ageratum conyzoides* L. (marrubio). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 23(3). <https://revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/575/325>

Norma Mexicana NMX-F-607-NORMEX-2020. Alimentos - Determinación de cenizas en alimentos.

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5641716&fecha=01/02/2022#gsc.tab=0

Norma Mexicana NMX-F-615-NORMEX-2018. Alimentos - Determinación de extracto etéreo (Método Soxhlet) en alimentos.

<https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/nmx-f-615-normex-2018/>

Norma Mexicana NMX-NOM-F-68-S-1980. Alimentos - Determinación de proteínas.

https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4858024&fecha=04/08/1980#gsc.tab=0

Safdar, M.N., Kausar, T., & Nadeem, M. (2017). Comparison of Ultrasound and Maceration Techniques for the Extraction of Polyphenols from the Mango Peel. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(4), 1–13. doi: [10.1111/JFPP.13028](https://doi.org/10.1111/JFPP.13028)

Torres Robles, R., López, M.N.C., & Anell, J.A. (2018). Obtención de bioetanol a partir de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). *Iberoamericana de Ciencias*.

<http://www.reibci.org/publicados/2018/jun/2700107.pdf>

Wanjau, S., Mukalama, J., & Thijssen, R. (1998). *Transferencia de biomasa: Cosecha gratis de fertilizante*. LEISA revista de Agroecología, 25.

<https://leisa-al.org/web/revista/volumen-13-numero-03/transferencia-de-biomasa-cosecha-gratis-de-fertilizante/>