

Composición fitoquímica de materiales de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) colectados en la zona oriental de Cuba

Phytochemical composition of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) materials collected in eastern Cuba

Idania Scull Rodríguez¹* <http://orcid.org/0000-0002-9516-7182>

Lourdes Savón Valdés¹ <http://orcid.org/0000-0001-9880-0310>

Tomas Elías Ruíz Vázquez¹ <http://orcid.org/0000-0002-1690-1140>

¹Instituto de Ciencia Animal. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

*Autor para la correspondencia: idaniascull@gmail.com

RESUMEN

Introducción: *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray (botón de oro) es un arbusto forrajero, representativo de la familia Asteracea. Esta planta es muy utilizada por sus propiedades medicinales, que provienen de sus compuestos secundarios, pero su potencial fitoquímico puede variar con el estado fisiológico, las condiciones ambientales y las diferencias genéticas.

Objetivo: determinar cualitativamente la composición fitoquímica a diferentes edades de crecimiento de materiales de *Tithonia diversifolia* recolectados en la zona oriental de Cuba.

Método: se evaluaron siete materiales de tithonia recolectados en la zona de Granma en el oriente de Cuba. El proceso de extracción fue por maceración con etanol 90 % v/v durante 48 h. Se investigó la presencia de 12 grupos funcionales utilizando ensayos químicos de tamizaje fitoquímico.

Resultado: en ambos períodos climáticos se hallaron: taninos, flavonoides, alcaloides, triterpenos y aminos en todos los materiales estudiados, mientras que las cumarinas, antociadininas, azúcares reductores y resinas no se identificaron con los ensayos realizados. Las saponinas y quinonas sólo se

encontraron en la época lluviosa. Los mucílagos, se presentaron, en niveles leves en los materiales 2; 3; 12 y 17, en el período seco y en todos los materiales en el período lluvioso.

Conclusiones: la composición fitoquímica de los materiales de *T. diversifolia* varió con la edad de crecimiento y la época del año. Los grupos funcionales mayoritarios corresponden a polifenoles, terpenos, alcaloides y aminas, sustancias que pueden contribuir con su actividad biológica en beneficio de la salud, el bienestar y la productividad de los animales.

Palabras clave: metabolitos secundarios; tamizaje fitoquímico; materiales de *Tithonia diversifolia*

ABSTRACT

Introduction: *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray (buttercup) is a forage shrub, representative of the Asteracea family. This plant is widely used for its medicinal properties, which come from its secondary compounds, but its phytochemical potential can vary with physiological state, environmental conditions and genetic differences.

Objective: to qualitatively determine the phytochemical composition at different growth ages of *Tithonia diversifolia* materials collected in eastern Cuba.

Method: seven tithonia materials collected in the Granma area in eastern Cuba were evaluated. The extraction process was by maceration with 90% v/v ethanol for 48 h. The presence of 12 functional groups was investigated using chemical phytochemical screening assays.

Result: in both climatic periods, tannins, flavonoids, alkaloids, triterpenes and amines were found in all the studied materials, while coumarins, anthocyaninins, reducing sugars and resins were not identified with the tests carried out. Saponins and quinones were only found in the rainy season. The mucilages were present at slight levels in the materials 2; 3; 12 and 17, in the dry period and in all materials in the rainy period.

Conclusions: The phytochemical composition of the *T. diversifolia* materials varied with the age of growth and the time of year. The major functional groups correspond to polyphenols, terpenes, alkaloids and saponins, substances that

can contribute with their biological activity to benefit the health, well-being and productivity of animals.

Keywords: secondary metabolites; phytochemical screening; *Tithonia diversifolia* materials

Recibido: 21/02/2024

Aceptado: 27/08/2024

Introducción

Tithonia diversifolia (Hemsl) A. Gray (botón de oro) es un arbusto forrajero, representativo de la familia Asteracea. Se encuentra distribuida por todo el mundo, principalmente en áreas tropicales y sub-tropicales de varios países de Asia, África y América del Sur.⁽¹⁾

América es uno de los continentes donde más se ha estudiado y utilizado la *Tithonia* en sistemas de alimentación animal, no sólo por su alta producción de biomasa comestible, sino también por su calidad nutritiva.⁽²⁾ La planta es el centro de muchas investigaciones en medicina, para solucionar problemas gastrointestinales.⁽³⁻⁴⁾ Otros autores demostraron su potente actividad antimicrobiana y encontraron elevada capacidad antioxidante en extractos de *tithonia*.⁽⁵⁾ Se conoce que la planta presenta otras propiedades biológicas, como insecticida, herbicida, alelopáticas, antimetanogénicas, que se deben a la presencia de compuestos bioactivos.⁽⁶⁻⁸⁾

Según *Holguín*⁽⁹⁾ la *tithonia* puede expresar disímiles respuestas adaptativas a diferentes condiciones ecológicas, lo que se corresponde con la gran diversidad genética que se encontró en la planta.⁽¹⁰⁾ Aspecto que puede repercutir en su composición química. *Verdecia*⁽¹¹⁾ refirieron que los componentes químicos varían a lo largo del año, y que puede estar relacionado con el material genético que se emplea, la época del año, estado fisiológico, momento del corte, y las condiciones climáticas en que se desarrollen las plantas.

De ahí, que el objetivo de este trabajo fue determinar cualitativamente la composición fitoquímica a diferentes edades de crecimiento de materiales de *Tithonia diversifolia* recolectados en el oriente de Cuba.

Métodos

Area de investigación. El estudio se desarrolló en el área experimental de la finca Zaldívar del Instituto de Ciencia Animal de Cuba, ubicado en los 22,81 de latitud norte y 82,01 longitud oeste en San José de las Lajas en la provincia Mayabeque.⁽¹²⁾

Colección del material vegetativo. Las plantas de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray (tithonia), se recolectados en la zona de Granma en el oriente de Cuba mediante un diseño completamente aleatorizado, con diez repeticiones. Estos materiales fueron seleccionados de la evaluación de 24 materiales; por sus características promisorias, de acuerdo a su respuesta agronómica, composición química y capacidad para activar los procesos fermentativos y se identificaron con los números: 2, 3, 12, 14, 17, 23 y 24. Los especímenes testigo se encuentran en el banco de germoplasma de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Miguel Sistach Naya" del propio instituto.

Procedimiento experimental. El experimento se realizó en un suelo ferralítico rojo, de rápida desecación, arcilloso y profundo sobre calizas.⁽¹³⁾ La siembra se efectuó en la estación de lluvia, a una distancia entre surcos de 3.0 m y 50 cm entre estacas. Para la plantación se utilizaron estacas, tomadas de la parte media del tallo, con edad de 80 días, diámetro de 2 cm y de 50 cm de largo, en surcos de 15 cm de profundidad.

El corte de la plantación para iniciar el experimento se efectuó a 15 cm de altura, transcurrido 120 días de la siembra. Las plantas (hojas y tallos tiernos) se muestrearon a los 30, 60 y 90 días en ambas épocas del año. Los materiales se secaron en estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 horas, luego se molinaron a un tamaño de partícula de 1 mm. La harina de forraje de cada material se guardó en frascos de cristal de color ámbar herméticamente cerrados hasta el momento realizar los análisis químicos.

Preparación de los extractos. Las harinas de cada uno de los materiales se pesaron (5g) y se sometieron a un proceso de extracción por maceración con 100 mL de etanol 90 % v/v durante 48 h. Luego, se filtraron por gravedad y el filtrado se conservó en frascos de cristal de color ámbar hasta realizar los ensayos químicos del tamizaje. Los análisis de identificación de los grupos funcionales se realizaron por triplicado.

Análisis fitoquímico. El tamizaje fitoquímico se realizó según la técnica propuesta por *Miranda*.⁽¹⁴⁾ Se investigó la presencia de 12 grupos funcionales: alcaloides, saponinas, triterpenos/esteroides, taninos, flavonoides, proantocianidinas, coumarinas, quinonas, azúcares reductores, grupos amino, resinas y glucósidos cardiotónicos. Para la descripción de los ensayos químicos se utilizó el sistema de cruces para determinar la presencia o ausencia de los metabolitos (+++ Abundante, ++ moderado, + leve, -ausencia). En el control de la calidad de los reactivos se utilizaron disoluciones de referencia de los compuestos determinados para cada procedimiento, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1- Procedimientos empleados y disoluciones utilizadas como control de reactivos

Metabolito	Procedimiento	Solución control
Alcaloides	Mayer	Efedrina 2 %
Saponinas	Prueba de la espuma	-
Taninos	FeCl ₃ 4 %	Ácido tánico 1 %
Flavonoides	Shinoda	Quercetina 2 %
Antocianidinas/Catequina	Antocianidina	D (+) Catequina
Grupo α amino	Ninhidrina	L-Lisina 1 %
Triterpenos/ Esteroides	Lieberman- Burchard	Colesterol 2 %
Cumarinas	Baljet	-
Glicósidos Cardiotónicos	Kedde	Digitalis 2 % (m/v)
Azúcares reductores	Fehelling / Benedict	D(+) Glucosa
Quinonas	Bomtrager	-
Resinas	Precipitación	-

Resultados

Los resultados de los ensayos cualitativos de tamizaje fitoquímico en los extractos etanólicos de los materiales de tithonia en las dos épocas del año se muestran en las Tablas 2; 3; 4 y 5.

Tabla 2- Caracterización fitoquímica de materiales de *T. diversifolia* en el período seco

Materiales Tithonia	Edad Crec.	Alcal.	Fenoles				Mucíl.	A. Red
		Mayer	FeCl ₃	Ant.	Shin.	Baljet	Mucíl.	Kedde
2	30	+	+	-	+	-	-	-
	60	++	+	-	+	-	+	-
	90	+	+	-	+	-	-	-
3	30	+	+	-	+	-	-	-
	60	++	++	-	+	-	-	-
	90	+	++	-	+	-	+	-
12	30	+	+	-	+	-	+	-
	60	++	+	-	+	-	+	-
	90	+	+	-	+	-	+	-
14	30	+	+	-	+	-	-	-
	60	+	+	-	+	-	-	-
	90	+	++	-	+	-	-	-
17	30	+	++	-	+	-	+	-
	60	++	+	-	+	-	+	-
	90	+	+	-	+	-	-	-
23	30	+	++	-	+	-	-	-
	60	+	++	-	+	-	-	-
	90	+	+	-	+	-	-	-
24	30	++	+	-	+	-	-	-
	60	+	+	-	+	-	-	-
	90	+	+	-	+	-	-	-

Los grupos funcionales que se identificaron en los materiales responden a la presencia de diversas estructuras secundarias. En ambos períodos climáticos se hallaron: taninos, flavonoides, alcaloides, triterpenos y aminas en todos los materiales estudiados, mientras que las coumarinas, antociadininas, azúcares reductores y resinas no se identificaron con los ensayos realizados. Las saponinas y quinonas sólo se encontraron en la época lluviosa (Tabla 5). Los mucílagos (Tabla 2), se presentaron, en niveles leves en los materiales 2; 3; 12 y

17, en el período seco, sin embargo, en estas mismas concentraciones se encontraron en todos los materiales en el período lluvioso.

Tabla 3- Caracterización fitoquímica de materiales de *T. diversifolia* en el período seco

Materiales Tithonia	Edad Crec.	Sap.	Terpenos	Quinonas	Aminas	Resinas
		Espuma	L.Burchard	Bontrager	Ninhidrina	Resinas
2	30	-	+	-	+	-
	60	-	++	-	+	-
	90	-	++	-	+	-
3	30	-	++	-	-	-
	60	-	+++	-	-	-
	90	-	++	-	+	-
12	30	-	++	-	-	-
	60	-	++	-	-	-
	90	-	++	-	+++	-
14	30	-	+	-	-	-
	60	-	+	-	+	-
	90	-	++	-	+++	-
17	30	-	+++	-	+	-
	60	-	++	-	+	-
	90	-	+++	-	+++	-
23	30	-	+++	-	+	-
	60	-	++	-	+	-
	90	-	++	-	+++	-
24	30	-	++	-	+	-
	60	-	++	-	+	-
	90	-	+++	-	+++	-

Los alcaloides se presentaron de forma leve en todos los materiales en el período seco (Tabla 2), en general, sus niveles aumentaron a los 60 días. Sin embargo, el período lluvioso (Tabla 4) se caracterizó por presentar concentraciones leves hasta los 60 días y después no se encontraron estos compuestos.

Tabla 4- Caracterización fitoquímica de materiales de *T. diversifolia* en el período lluvioso.

Material	Edad	Alcal.	Fenoles	Mucíl.	A. Red
----------	------	--------	---------	--------	--------

Tithonia	Crec.	Mayer	FeCl ₃	Ant.	Shin.	Baljet	Mucíl.	Kedde
2	30	-	++	-	+	-	-	-
	60	+	++	-	+	-	+	-
	90	-	+	-	+	-	+	-
3	30	-	++	-	+	-	+	-
	60	+	+++	-	+	-	+	-
	90	-	+	-	+	-	+	-
12	30	+	+++	-	+	-	+	-
	60	+	++	-	+	-	+	-
	90	-	+	-	+	-	+	-
14	30	+	+++	-	+	-	+	-
	60	+	++	-	+	-	+	-
	90	-	+	-	+	-	+	-
17	30	+	+++	-	+	-	+	-
	60	+	+	-	+	-	+	-
	90	-	+	-	+	-	+	-
23	30	+	+++	-	+	-	+	-
	60	+	+	-	+	-	+	-
	90	-	+	-	+	-	+	-
24	30	+	+++	-	+	-	+	-
	60	+	+	-	+	-	+	-
	90	-	+	-	+	-	+	-

En el período lluvioso (Tabla 5) las concentraciones de saponinas disminuyeron con la edad de corte en todos los materiales.

Tabla 5- Caracterización fitoquímica de materiales de *T. diversifolia* en el período lluvioso.

Material. Tithonia	Edad Crec.	Sapon.	Terpenos	Quinonas	Aminas	Resinas
		Espuma	L.Burchard	Bontrager	Ninhidrina	Resinas
2	30	-	++	-	-	-
	60	++	+	-	++	-
	90	+	++	+	+	-
3	30	-	++	-	-	-
	60	+++	+	++	++	-
	90	+	++	+	+	-
12	30	+++	++	++	+++	-
	60	++	+	++	++	-

	90	+	++	-	++	-
14	30	+++	++	++	+++	-
	60	++	+	++	++	-
	90	+	++	-	++	-
17	30	+++	++	++	+++	-
	60	++	+	+	++	-
	90	-	++	-	+	-
23	30	+++	++	++	+++	-
	60	++	+	+	++	-
	90	+	++	-	+	-
24	30	++	++	++	-	-
	60	++	+	+	-	-
	90	+	++	-	+	-

Los compuestos fenólicos describieron un comportamiento irregular. En la época de seca (Tabla 2) el contenido de fenoles fue leve en los materiales 2; 12 y 24, sin diferir entre las edades, mientras, en los materiales 17 y 23 estos metabolitos se encontraron en cantidades moderadas y disminuyeron a los 90 días. En la época lluviosa (Tabla 4), las cuantías de estos metabolitos resultaron abundantes en todos los materiales para disminuir entre moderado y leve. Sin embargo, en el material 3 los niveles aumentaron de moderados a abundante para después disminuir a los 90 días. El perfil de flavonoides fue similar para todos los materiales, se hallaron en concentraciones leves sin diferencias con las edades de cortes en ambas épocas.

En el ensayo colorimétrico con el reactivo Lieberman-Burchard para identificar los grupos funcionales de los terpenos se observaron cambios en la coloración a diferentes tonalidades verdosas, lo que revela la presencia de cantidades considerables de estos compuestos y apunta a que las estructuras esteroidales pueden ser mayoritarias. Los triterpenos se hallaron en ambas estaciones, pero, sus concentraciones dependieron de la época del año.

Discusión

El estudio fitoquímico demostró la presencia de diversos metabolitos secundarios en los materiales de *T. diversifolia* evaluados, lo que permitió

identificar las principales familias de compuestos secundarios presentes en cada época. La variabilidad encontrada puede deberse a que la síntesis y acumulación de compuestos secundarios durante las épocas del año sea diferentes para los materiales genéticos ⁽¹⁵⁾. Las plantas frente a diversas condiciones de estrés ambientales desarrollan un mecanismo de defensa alternativo que implica la síntesis de amplia gama de productos secundarios. Esto sirve como herramienta de resistencia y ayuda a la planta a vivir en condiciones adversas.⁽¹⁶⁾

Según Roopa⁽¹⁷⁾ la *tithonia* al igual que otras plantas de la familia Asteraceae se caracteriza químicamente por su elevada capacidad de biosintetizar metabolitos secundarios con gran diversidad de estructuras químicas y de acuerdo a las condiciones ambientales prevalecerán unos u otros grupos funcionales. Estos autores, refieren entre los grupos mayoritarios, fenoles; flavonoides, alcaloides y saponinas. Ladeska⁽¹⁸⁾ al realizar el tamizaje fitoquímico de *T. diversifolia* cultivada en Indonesia encontraron taninos, flavonoides, alcaloides, triterpenos y saponinas. Ambos resultados son similares a los obtenidos en este estudio.

En lo que respecta a los alcaloides, las diferencias entre materiales pueden estar relacionadas con las variaciones en la producción de estos metabolitos, lo que ocurre inclusive, en una misma especie.⁽¹⁹⁾ Agidigbi⁽²⁰⁾ atribuyeron la actividad antibacteriana de extractos alcohólicos de hojas de *T. diversifolia* a los alcaloides entre otros compuestos presentes. Sin embargo, la relación entre la actividad biológica y la toxicidad de estos compuestos aún, no queda del todo clara y muchos de sus mecanismos de acción están por determinar.

Uduak⁽²¹⁾ al investigar la presencia de metabolitos secundarios en plantas de esta especie cultivadas en Nigeria, informaron la ausencia de alcaloides. Resultados opuestos a los obtenidos en este estudio. Santacoloma⁽²²⁾ al estudiar la composición fitoquímica de esta planta cultivada en diferentes zonas geográficas de Colombia, señalaron que esta puede cambiar de acuerdo con las condiciones nutricionales del suelo y otras características ambientales tales como: la radiación solar y la disponibilidad de agua.

Dentro de los metabolitos encontrados en este experimento, resulta interesante la presencia de compuestos fenólicos, ya que se ha demostrado en estudios

anteriores que estas sustancias son responsables de gran parte de las actividades biológicas que se le atribuyen a la *tithonia*.^(23, 18, 24)

Estos compuestos son el grupo de sustancias químicas más extenso en los vegetales, de ahí la importancia de identificar la naturaleza de sus estructuras polifenólica, pues éstas influyen de manera decisiva en sus propiedades biológicas. Informes de *Omokhua*⁽²⁴⁾ responsabilizan a los fenoles, flavonoides y taninos hidrolizables de la actividad antimicrobiana y antifúngica que mostró la *tithonia*. Según *González*⁽²³⁾ el extracto alcohólico de hojas *tithonia* se recomienda para controlar la acción de los radicales libres por el marcado poder antioxidante de los flavonoides presentes.

El hallazgo de saponinas, en la época lluviosa debe ser un factor a tener en cuenta al incluir los materiales vegetales en las dietas de los animales por la variedad de actividad biológica que pueden aportar. Las saponinas muestran moléculas de diferentes estructuras, de ahí su diversa actividad biológica. Sin embargo, su efecto hipocolesterolémico es una de sus características más importantes. Algunos de estos compuestos tienen la capacidad de unirse al colesterol impidiendo su absorción, para animales y humanos.⁽²⁵⁾

Elekofehinti⁽²⁶⁾ demostraron que el extracto de saponinas de las hojas de *T. diversifolia* disminuye el colesterol y los triglicéridos en ratas albinas cuando se utilizan dosis de 20-100 mg/Kg. Estos compuestos bioactivos podrían ser beneficiosos para reducir el riesgo de enfermedades cardíacas producidas por esta causa.

La variabilidad de los terpenos con la época del año que se encontró en este trabajo está en concordancia con los resultados informados por *Nerg*⁽²⁷⁾ quienes obtuvieron concentraciones diferentes de estos compuestos en dependencia del período del año en plantas de *Pinus sylvestris*. Estos autores señalaron mayores concentraciones de monoterpenos en primavera que en otoño.

Truy,⁽²⁸⁾ identificaron tres lactonas sesquiterpénicas en hojas de plantas cultivadas en Vietnam, mientras que *Orsomando*⁽²⁹⁾ hallaron diferentes estructuras terpénicas en aceites esenciales de plantas establecidas en México. Estos resultados constataron la presencia de terpenos en la planta.

Las lactonas sesquiterpénicas, que son una clase reconocida de terpenoides, se marcan como los metabolitos secundarios característicos de las especies de la familia.⁽³⁰⁾ Estos compuestos son incoloros y presentan sabor amargo, lo que en algunos casos puede afectar la palatabilidad de la planta para el consumo por parte de los animales.

Mediante estudios cualitativos se corroboró el efecto de la edad y las condiciones climáticas en la síntesis de compuestos secundarios en los materiales de *tithonia* en ambas épocas del año. Esto permitirá seleccionar los materiales vegetales de acuerdo al interés y los fines de uso.

La composición fitoquímica de los materiales de *T. diversifolia* varió con la edad de crecimiento y la época del año. Los grupos funcionales mayoritarios corresponden a polifenoles, terpenos, alcaloides y aminas, sustancias que pueden contribuir con su actividad biológica en beneficio de la salud, el bienestar y la productividad de los animales.

El estudio fitoquímico contribuyó al conocimiento de la *T. diversifolia* cultivada en Cuba, lo que propiciará mayor aprovechamiento del valor agregado de esta especie. Asimismo, los resultados obtenidos sugieren la necesidad de realizar investigaciones más profundas que permitan el uso de dosis adecuadas de la planta para mostrar los efectos benéficos que pueden tener los metabolitos secundarios.

Referencias bibliográficas

1. Sampaio BL, Edrada-Ebel R, & Batista Da Costa F. Effect of the environment on the secondary metabolic profile of *Tithonia diversifolia*: a model for environmental metabolomics of plants. Sci Rep 2016;6:29265. <https://DOI:10.1038/srep29265>
2. Rodríguez R, Galindo J, Ruiz T, Scull I, & Gómez S. Valor nutritivo de siete ecotipos de *Tithonia diversifolia* colectados en la zona oriental de Cuba. Livest. Res. Rural Dev 2019[acceso 11/10/2023];31(8):40-48. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd22/6/olug22118.htm>

3. Momanyi TO, Matasyoh JC, Karori SM, &. Ingonga JM. Phytochemical composition and in vitro antileishmanial activity of *Bidens pilosa*, *Tithonia diversifolia* and *Sonchus oleraceus* extracts. J Med Plants Res 2022[acceso 15/10/2023];16(6):205-213. Disponible en: <http://www.academicjournals.org/JMPR>
4. Andrade-Yucailla S, Jorge-Rodríguez E, Bravo L, Ortiz-Nacaza P, Vargas-Burgos JC, Jácome-Santamaría A, et al. Efecto de la aplicación del extracto de *Tithonia diversifolia* para parásitos gastrointestinales de gallinas criollas (*Gallus gallus domesticus*) en la amazonia ecuatoriana. Actas iberoam conserv anim 2019;13:10-15
5. García-Vázquez LM, Ocampo-López J, Ayala-Martínez M, Hernández-Aco RS, Zaragoza-Bastida A, Zepeda-Bastida A. Efecto antioxidante y antibacteriano de diferentes extractos de *Tithonia tubaeformis*. Revista Bio Ciencia 2023[acceso 13/01/2024];10:e1348. Disponible en: <https://doi.org/10.15741/revbio.10.e1348>
6. Ku-Vera JC, Jiménez-Ocampo R, Valencia-Salazar SS, Montoya-Flores MD, Molina-Botero IC, Arango J, et al. Role of secondary plant metabolites on enteric methane mitigation in ruminant. Front vet sci, 2020;7(584):1-14. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvet.2020.00584>
7. Nguyen DMC, Luong TH, Nguyen XH, Jung WJ. Nematicidal and antioxidant activities of the methanolic extract from *Tithonia diversifolia* grown in Vietnam. Nematology 2023[acceso 17/10/2023];25(6):617-628. Disponible en: <https://brill.com/view/journals/nemy/25/6/nemy.25.issue-6xml>
8. Kato H. Involvement of Allelopathy in the Invasive Potential of *Tithonia diversifolia*. Plants 2020;9(766):2-9. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9060766>
9. Holguín VA, Ortiz S, Velasco A, Mora J. Evaluación multicriterio de 44 introducciones de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en Candelaria, Valle del Cauca. Rev Med Vet y Zoot 2015[acceso 17/10/2023]; 62(2):57-72. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=407642416006>
10. Val Díaz R, Miranda Ramírez JM, Flores Estrada MX, Gómez Leyva JF, Solorio Sánchez B, Solorio Sánchez FJ, et al. Diversidad genética de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray de Michoacán: análisis con marcadores de ADN-SSR. Ciencia y

tecnología universitaria 2017 [acceso 15/10/2023];4(3):10-14. Disponible en: <http://reaxion.utteon.edu.mx/>

11. Verdecia DM, Herrera RS, Ramírez JL, Bodas R, Leonard I, Giráldez FJ, et al. Yield components, chemical characterization and polyphenolic profile of *Tithonia diversifolia* in Valle del Cauto, Cuba. Cuban J Agric Sci 2018;52(4):457-471. ISSN: 2079-3480.

12. Academia de Ciencias de Cuba Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. La Habana, Cuba; 1989 [acceso 11/10/2023]. Disponible en: <http://revistasgeotech.com/index.php/rcg/article/view/318>

13. Hernández A, Pérez JM, Bosch D, Castro N. Clasificación de los suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. Cultivos Tropicales 2019 [acceso 17/10/2023]; 4(1):a15-e15. Disponible en: <http://scielo.sld.cu>1819-4087-ctr-40-01-e15>

14. Miranda M, Cuellar A. Manual de prácticas de laboratorio. Farmacognosia y productos naturales. La Habana: Facultad de Farmacia y alimentos de la Universidad de la Habana 2000.

15. De Simoni Cordeiro PC. Efeito da variação sazonal na produção de compostos ativos em *Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray, utilizando ensaio com microrganismo. [Tesis en opción al título de Maestro en Ciencia]. [Sao Paulo], Universidad de Sao Paulo, Brasil 2004. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.11.2004.tde-09112004-165625>

16. Khare S, Singh NB, Singh A, Hussain I, Niharika K, Yadav V, et al. Plant secondary metabolites synthesis and their regulations under biotic and abiotic constraints. J Plant Biol 2020[acceso 12/10/2023];63(11):1-14. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/340513696>

17. Roopa MS, Shubharani R, Rhetso T, Sivaram V. Comparative analysis of phytochemical constituents, free radical scavenging activity and gc-ms analysis of leaf and flower extract of *Tithonia diversifolia* (hemsl.) a. Gray. Int J Pharm Sci Res 2020;11(10):5081-5090 DOI: [http://dx.doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.11\(10\).5081-90](http://dx.doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.11(10).5081-90)

18. Ladeska V, Dewanti E, Sari DI. Pharmacognostical studies and determination of total flavonoides of Paitan (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray.

- Pharmacogn J 2019[acceso 12/10/2023];11(6):1256-1261. Disponible en: <http://www.phcogj.com/v11/i6>
19. Tongma S, Kobayashi K, Usui K. Allelopathic activity of Mexican sunflower *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray in soil under natural field conditions and different moistures conditions. Weed Biol Manag 2001;1(2):115-119. <https://DOI:10.1046/j.1445-6664.2001.00020.x>
20. Agidigbi TS, Odeyemi AT, Adefemi SO, Fasuan SO. Antibacterial activities of crude extracts of *Tithonia diversifolia* against common environmental pathogenic bacteria. The experiment International J Sci Technol 2017[acceso 12/10/2023];20:1421-1426. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/320612041>
21. Uduak E, Eman A. Proximate Composition And Phytochemical Constituents Of *Aspilia africana* (Pers) C. D. Adams & *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray Stems (Asteraceae). Ind J Pharm Biol Res 2013[acceso 15/10/2023];1(1):23-25. Disponible en: <https://ijpbr.in/index.php/IJPBR/article/view/811>
22. Santacoloma LE, Enríquez J. Evaluación del contenido de metabolitos secundarios en dos especies de plantas forrajeras encontradas en dos pisos térmicos de Colombia. Revista de Investigación Agraria y Ambiental 2010;1(1):31-35. <https://DOI:10.22490/21456453.890>
23. González L, Díaz M, Castro I, Fonte L, Lugo Y, Altunaga N. Pytochemical characterization and total antioxidant activity of different extracts from *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray. Pastos y Forrajes 2019; 42(3):243-248. ISSN 2078-8452
24. Omokhua AG, Abdalla MA, Staden JV, McGaw LJ. A comprehensive study of the potential phytomedicinal use and toxicity of invasive *Tithonia* species in South Africa. BMC Complement Altern Med 2018;18(272):2-15. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12906-018-2336-0>
25. Arabski M, Wegierek-Ciuk A, Czerwonka G, Lankoff A, Kaca1 W. Effects of Saponins against Clinical *E. coli* Strains and Eukaryotic Cell Line. J Biomed Biotechnol 2012;10:1155-1161. <https://DOI:10.1155/2012/286216>
26. Elekofehinti OO, Adu OM, Gotep JG, Raheem KY, Olanrewaju OD, Oyekan OA, et al. Effect of saponin from *Tithonia diversifolia* leaf on the lipid profile of

normal. Afr J Bio Sc 2022;4(4):56-61. DOI:
<https://doi.org/10.33472/AFJBS.4.4.2022.56-61>

27. Nerg A, Kainulainen P, Vuorine M, Hanso M, Holopainen JK, Kurkela T. Seasonal and geographical variation of terpenes, resin acids and total phenolics in nursery grown seedlings of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). New Phytol 1994;128:703-713. <https://DOI:10.1111/j.1469-8137.1994.tb04034.x>

28. Thuy TT, Thuy Linh NT, Cham BT, Hoang Anh NT, Quan TD, Tam NT et al. Sesquiterpenoids from *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray induce apoptosis and inhibit the cell cycle progression of acute myeloid leukemia cells. Z Naturforschung C J Biosci 2022;78(1-2):65-72. DOI:
<https://doi.org/10.1515/znc-2021-0154>

29. Orsomando G, Agostinelli S, Bramucci M, Cappellacci L, Damiano S, Lupidi G, et al. Mexican sunflower (*Tithonia diversifolia*, Asteraceae) volatile oil as a selective inhibitor of *Staphylococcus aureus* nicotinate mononucleotide adenyltransferase (NadD). Ind Crops Prod 2016;85:181-189. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.03.003>

30. Elias Gallon M, Afonso Silva-Junior E, Geraldo Amaral J, Peoporine Lopes N, Gobbo-Neto L. Natural Products Diversity in Plant-Insect Interaction between *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) and *Chlosyne lacinia* (Nymphalidae). Molecules 2019;24: 3118. <https://DOI:10.3390/molecules24173118>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses entre ellos.

Contribución de los autores

Diseño y montaje de la investigación, interpretación de los resultados, redacción y revisión del manuscrito: Idania Scull-Rodríguez.

Asesoramiento de la investigación y revisión del manuscrito: Lourdes Savón-Valdés.

Jefe del proyecto "Diversificación, mejoramiento y multiplicación de recursos fitogenético de especies productoras de forrajes de alta calidad para la alimentación animal", en el que se enmarcan los resultados del presente trabajo.

Suministró el material vegetal necesario para la realización de los experimentos:
Tomas Elías Ruíz Vázquez.