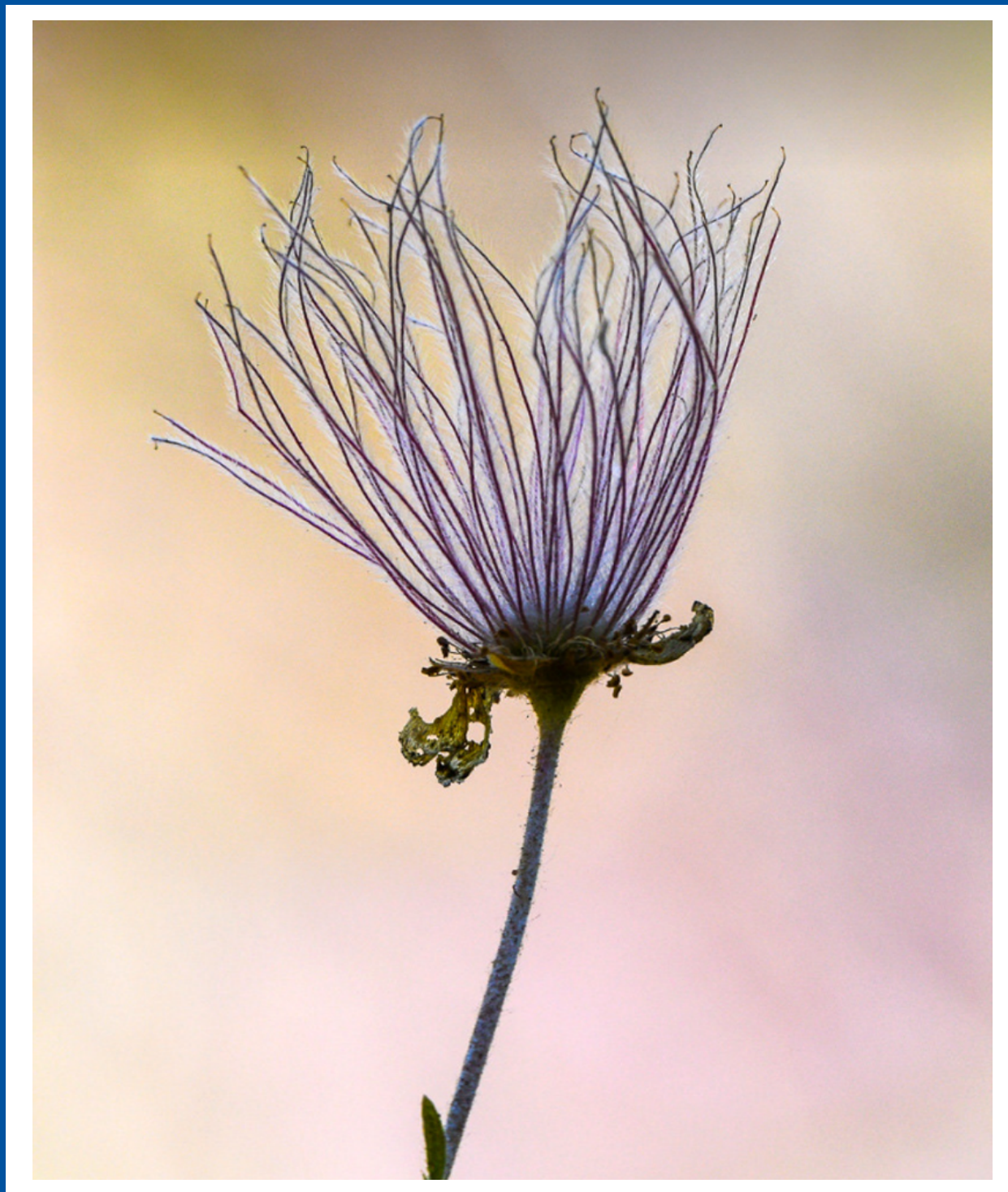


POLIBOTÁNICA

ISSN 1405-2768



Núm. 51

 **CONACYT**
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Enero 2021

SEP



Enero 2021

Núm. 51

POLIBOTÁNICA



CONACYT

PÁG.

CONTENIDO

- 1 La familia Rosaceae en México.
The Rosaceae family in Mexico.
Rzedowski, J.
- 17 Orquídeas de los municipios de Santo Domingo Yanhuitlán y San Pedro y San Pablo Teposcolula, Oaxaca.
Orchids from the municipalities of Santo Domingo Yanhuitlán and San Pedro y San Pablo Teposcolula, Oaxaca.
Ibarra-Contreras, C.A. | R. Solano | L. Paz-Cruz | C. Pérez-Domínguez | L. Lagunez-Rivera
- 43 Caracterización de la variación morfológica de *Cyanotetras* (Cyanobacteria) en el Lago de Catemaco Veracruz, México.
Characterization of morphological variation of Cyanotetras (Cyanobacteria) in Catemaco Lake, Veracruz, Mexico.
Muciño-Márquez, R.E. | R.O. Echenique | I. Gárate-Lizárraga | M.G. Figueroa-Torres | A. Esquivel-Herrera
- 55 Estructura vertical de un bosque de galería en un gradiente altitudinal en el noroeste de México.
Vertical structure of a gallery forest on an altitude gradient in northwestern of Mexico.
Holguín-Estrada, V.A. | Alanís-Rodríguez E. | Aguirre-Calderón O.A. | J.I. Yerena-Yamallel | M.Á. Pequeño-Ledezma
- 73 Diversidad arbórea nativa: base para el diseño de sistemas agroforestales en una comunidad maya en la Península de Yucatán, México.
Native tree diversity: basis for the design of agroforestry systems in a mayan community in the Yucatan Peninsula, Mexico.
Dzib-Castillo, B. B. | H. Van der Wal | V. Cervantes-Gutiérrez | W. Cetzal-Ix | C. I. Chanatásig-Vaca | F. Casanova-Lugo
- 91 Estructura y diversidad arbórea de un bosque de galería urbano en el Río Camachito, noreste de México.
Tree structure and diversity of an urban gallery forest in the Camachito River, northeast Mexico.
Canizales-Velázquez, P.A. | E. Alanís-Rodríguez | S. A. García-García | V. A. Holguín-Estrada | A. Collantes-Chávez-Costa
- 107 Estructura y diversidad del matorral xerófilo en el noreste de México.
Structure and diversity of the xerophilous scrub in northeast Mexico.
Reyna-González, A. M. | P.S. Soto-Borrego | E. Alanís-Rodríguez | V. M. Molina-Guerra | A. Collantes-Chávez-Costa
- 123 Fenología floral de nueve variedades de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch).
Floral phenology of nine poinsettia varieties (Euphorbia pulcherrima Willd. ex Klotzsch).
Rodríguez-Rojas, T. de J. | M. Andrade-Rodríguez | A. Castillo-Gutiérrez | O.G. Villegas-Torres
- 141 Micropropagación del lirio amazónico (*Eucharis grandiflora* Planch. & Linden) mediante organogénesis directa.
Micropropagation of amazon lily (Eucharis grandiflora Planch. & Linden) through direct organogenesis.
Guerrero-Valencia, F.A. | J.L. Rodríguez-de la O | M. de J. Juárez-Hernández | J. Ayala-Arreola | G. Ramírez-González
- 155 Caracterización micrográfica de tres frutos tropicales, *Musa paradisii* L., *Persea americana* Mill. y *Physalis peruviana* L. Importancia en el control de calidad botánico de alimentos derivados.
Micrographic characterization of three tropical fruits, Musa paradisii L., Persea americana Mill. and Physalis peruviana L. Significance in the definition of botanical quality of derived foods.
Gimenez, L. A. S. | M. A. Rivas | N. D. Vignale | A. A. Gurni
- 171 Semillas de rabanitos (*Raphanus sativus* L.): observaciones de su morfología bajo microscopía electrónica, germinación y utilidad para estudios de fitotoxicidad.
Seeds of radishes (Raphanus sativus L.): observations of its morphology under electron microscopy, germination and usefulness for phytotoxicity studies.
Taladrid, I. J. | M.B. Espinosa
- 185 Diversidad genética de la chaya (*Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) I. M. Johnst. ssp. *aconitifolius*) en Yucatán, México, su posible centro de domesticación.
Genetic diversity of chaya (Cnidoscolus aconitifolius (Mill.) I. M. Johnst. ssp. aconitifolius) in Yucatan, Mexico, its putative domestication center.
Chin-Chan, T. | M.M. Ortiz-García | P.J. Ruiz-Gil | J. Martínez-Castillo
- 203 Caracterización química de los volátiles de *Tagetes nelsonii*.
Chemical characterization of the volatiles of Tagetes nelsonii.
Cruz Flores, O. | M. Espinoza Ruiz | A. Santiesteban Hernández | L. Cruz-López
- 213 Extractos vegetales para el control de *Colletotrichum gloeosporioides* in vitro, en periodo de floración y poscosecha del fruto de *Carica papaya*.
Plant extracts for control of Colletotrichum gloeosporioides in vitro and flowering period and postharvest stage on Carica papaya.
García-Mateos, M.R. | M. Acosta-Ramos | E. Rodríguez-Pérez | J. Vásquez-Sánchez | L. Hernández-Ramos
- 229 Importancia relativa de frutos y verduras comercializadas en el Mercado de Izúcar de Matamoros, Puebla, México.
Relative importance of fruits and vegetables commercialized in the Izúcar de Matamoros Market, Puebla, Mexico.
Martínez Moreno, D. | J. Reyes Matamoros | A.L. López Pérez | F. Basurto Peña

Portada

Fallugia paradoxa (D. Don) Endl. ex Torr.
Rosaceae. “Penacho de Apache”

Arbustos de hasta 2 m de altura. Hojas de 6-8 mm de largo, en fascículos, usualmente caducas. Flores blancas y vistosas, generalmente unisexuales de 3 cm de diámetro. Aquenios obovoides-fusiformes, cada uno con un estilo que se modifica en una pluma rosada o violácea, retorcida y vellosa, de hasta 3 cm de largo, la “pluma” ayuda a dispersar las semillas por el viento. Prospera en matorral xerófilo. Se usa en la cestería para construir cunas, escobas y flechas, se considera valiosa para el control de la erosión en las zonas desérticas. Distribución: Noroeste de México y Sur de Estados Unidos.



Shrubs up to 2 m tall. Leaves 6-8 mm long, in fascicles, usually deciduous. Flowers white and showy, generally unisexual, 3 cm in diameter. Achenes obovoid-fusiform, each with a style that is modified into a pink or purplish, twisted and hairy feather, up to 3 cm long, the “feather” helps to disperse the seeds by the wind. Prosper in xerophilous scrub. It is used in basketry to build cradles, brooms and arrows, it is considered valuable for erosion control in desert areas. Distribution Northwest of Mexico and South of the USA.

por/by **Rafael Fernández Nava**



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Director General: *Dr. Arturo Reyes Sandoval*

Secretaria General: *M.en D.D.C. María Guadalupe Vargas Jacobo*

Secretario Académico: *Dr. Jorge Toro González*

Secretario de Extensión e Integración Social: *Dr. Luis Alfonso Villa Vargas*

Secretario de Investigación y Posgrado: *Dr. Juan Silvestre Aranda Barradas*

Secretario de Servicios Educativos: *Dra. Ana Lilia Coria Páez*

Secretario de Administración: *C.P. Jorge Quintana Reyna*

Director de Educación Superior: *Ing. Juan Manuel Velázquez Peto*

ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Director:

Dr. Gonzalo Trujillo Chávez

Subdirectora Académica:

M. en C. Martha Patricia Cervantes Cervantes

Subdirector Administrativo: *Ing. Raúl Chávez Alviricio*

Jefe de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación:

Dr. Gerardo Aparicio Ozores

POLIBOTÁNICA, Año 26, No. 51, enero-junio 2021, es una publicación semestral editada por el Instituto Politécnico Nacional, a través de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Unidad Profesional Lázaro Cárdenas, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomas C.P. 11340 Delegación Miguel Hidalgo México, D.F. Teléfono 57296000 ext. 62331. <http://www.herbario.encb.ipn.mx/>, Editor responsable: Rafael Fernández Nava. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título No. 04-2015-011309001300-203. ISSN impreso: 1405-2768, ISSN digital: 2395-9525, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de informática de la ENCB del IPN, Rafael Fernández Nava, Unidad Profesional Lázaro Cárdenas, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomas C.P. 11340 Delegación Miguel Hidalgo México, D.F.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Politécnico Nacional.

REVISTA BOTÁNICA INTERNACIONAL DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

EDITOR EN JEFE

Rafael Fernández Nava

EDITORA ASOCIADA

María de la Luz Arreguín Sánchez

COMITÉ EDITORIAL INTERNACIONAL

Christiane Anderson
University of Michigan
Ann Arbor, Michigan, US

Edith V. Gómez Sosa
Instituto de Botánica Darwinion
Buenos Aires, Argentina

Heike Vibrans
Colegio de Postgraduados
Estado de México, México

Jorge Llorente Bousquets
Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad de México, México

Graciela Calderón de Rzedowski
Instituto de Ecología del Bajío
Pátzcuaro, Mich., México

Delia Fernández González
Universidad de León
León, España

Theodore S. Cochrane
University of Wisconsin
Madison, Wisconsin, US

Jerzy Rzedowski Rotter
Instituto de Ecología del Bajío
Pátzcuaro, Mich., México

Hugo Cota Sánchez
University of Saskatchewan
Saskatoon, Saskatchewan, Canada

Luis Gerardo Zepeda Vallejo
Instituto Politécnico Nacional
Ciudad de México, México

Fernando Chiang Cabrera
Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad de México, México

Claude Sastre
Muséum National d'Histoire Naturelle
Paris, Francia

Thomas F. Daniel
California Academy of Sciences
San Francisco, California, US

Mauricio Velayos Rodríguez
Real Jardín Botánico
Madrid, España

Francisco de Asis Dos Santos
Universidad Estadual de Feira de Santana
Feira de Santana, Brasil

Noemi Waksman de Torres
Universidad Autónoma de Nuevo León
Monterrey, NL, México

Carlos Fabián Vargas Mendoza
Instituto Politécnico Nacional
Ciudad de México, México

Julieta Carranza Velázquez
Universidad de Costa Rica
San Pedro, Costa Rica

José Luis Godínez Ortega
Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad de México, México

Tom Wendt
University of Texas
Austin, Texas, US

José Manuel Rico Ordaz
Universidad de Oviedo
Oviedo, España

DISEÑO Y FORMACIÓN ELECTRÓNICA

Luz Elena Tejeda Hernández

OPEN JOURNAL SYSTEM Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

Pedro Aráoz Palomino

Toda correspondencia relacionada con la revista deberá ser dirigida a:

Dr. Rafael Fernández Nava
Editor en Jefe de

POLIBOTÁNICA

Departamento de Botánica
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional
Apdo. Postal 17-564, CP 11410, Ciudad de México

Correo electrónico:
polibotanica@gmail.com
rfernan@ipn.mx

Dirección Web
http://www.polibotanica.mx

POLIBOTÁNICA es una revista indexada en:

CONACYT, índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

SciELO - Scientific Electronic Library Online.

Google Académico - Google Scholar.

DOAJ, Directorio de Revistas de Acceso Público.

Dialnet portal de difusión de la producción científica hispana.

REDIB Red Iberoamericana de innovación y conocimiento científico.

LATINDEX, Sistema regional de información en línea para revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal.

PERIODICA, (Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias).



CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LOS VOLÁTILES DE *Tagetes nelsonii*

CHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE VOLATILES OF *Tagetes nelsonii*

Cruz Flores, O.; M. Espinoza Ruiz, A. Santiesteban Hernández y L. Cruz-López.

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LOS VOLÁTILES DE *Tagetes nelsonii*.

CHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE VOLATILES OF *Tagetes nelsonii*.

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LOS VOLÁTILES DE *Tagetes nelsonii*.CHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE VOLATILES OF *Tagetes nelsonii*.

Cruz Flores, O.;
M. Espinoza Ruiz,
A. Santiesteban Hernández
y L. Cruz-López

CARACTERIZACION
QUIMICA DE LOS
VOLATILES DE
Tagetes nelsonii.

CHEMICAL
CHARACTERIZATION OF
THE VOLATILES OF
Tagetes nelsonii.

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 51: 203-211. Enero 2021

DOI:

10.18387/polibotanica.51.13

O. Cruz Flores

M. Espinoza Ruiz

Facultad de Ciencias Químicas.

Universidad Autónoma de Chiapas. Tapachula, Chiapas, México.

A. Santiesteban Hernández

L. Cruz-López / lcruz@ecosur.mx

El Colegio de la Frontera Sur,

Carretera Antigua Aeropuerto Km 2.5, Tapachula, Chiapas, México.

RESUMEN: Especies del género *Tagetes* (Asteraceae) han mostrado tener propiedades medicinales y biológicas muy importantes. Muchas especies de *Tagetes* son nativas de México, sin embargo, existen pocos estudios sobre la caracterización de sus volátiles. El objetivo del presente trabajo es caracterizar químicamente los volátiles de *Tagetes nelsonii* comúnmente conocida como “Chik chawa”, la cual es una planta utilizada en algunas regiones del estado de Chiapas, México para fines medicinales. Los volátiles de *T. nelsonii* fueron extraídos e identificados utilizando las técnicas de Microextracción en Fase Sólida (SPME) y Cromatografía de gases acoplada a Espectrometría de masas (GC-MS) respectivamente. Los compuestos biosintetizados por *T. nelsonii* son una mezcla de compuestos terpénicos. Los compuestos mayoritarios son (*E*)-tagetona (43-9%) y dihidrotagetona (20.7%), seguidos por trans- β -ocimeno, eucaliptol, limoneno y β -cubebeno. *T. nelsonii* contiene compuestos fragantes como, α y β -pineno, trans- β -ocimeno, limoneno, linalool, (*E*) y (*Z*)-tagetona, dihidrotagetona y cis y trans-tagetona con potencial para ser usados como cosméticos y farmacéuticos y para resolver problemas de plagas de insectos de las plantas como repelentes.

Palabras claves: *Tagetes*, *Tagetes nelsonii*, terpenos, SPME, GC-MS.

ABSTRACT: Species of the genus *Tagetes* (Asteraceae) have shown important medicinal and biological properties. Many *Tagetes* species are native from Mexico, however, there are few studies on their volatiles. The objective of the present study is to characterize the volatiles of *Tagetes nelsonii* Greenm commonly known as “Chik chawa”, which is a plant used in some regions of Chiapas State, Mexico for medicinal purposes. Our work was focused to extract and to identify the *T. nelsonii* volatiles using Solid Phase Microextraction (SPME) and Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) respectively. The compounds biosynthesized by *T. nelsonii* are a mixture of terpenes. The major volatile components are (*E*)- β -tagetone (43-9%) and dihydrotagetone (20.7%), followed by trans- β -ocimene, eucalyptol, limonene and β -cubebene. *T. nelsonii* contains fragrant compounds as α and β -pinene, trans- β -ocimene, limonene, linalool, (*E*) and (*Z*)-tagetones, dihydrotagetone and cis and trans-tagetone with potential to be used for cosmetic, pharmaceutical purposes and to help to control insect pest of plant problems.

Key words: *Tagetes*, *Tagetes nelsonii*, terpenes, SPME, GC-MS.

INTRODUCCIÓN

México es considerado como el centro de origen y diversidad del género *Tagetes* con cerca de 50 especies (García-Sánchez *et al.*, 2012; Strother, 1977). Varias especies del género *Tagetes* (Asteraceae) han mostrado tener propiedades bactericidas (Arenas, López, Alvarez, Llano, & Loke, 2004; Espinoza-Ruíz, Palomeque-Rodas, Salazar-Sandoval, Domínguez-Arrevillaga, & Canseco-Ávila, 2009; Souza, Avancini, & Wiest, 2000), fungicidas (Romagnoli *et al.*, 2005; Zygadlo, Guzman, & Grosso, 1994), nematocidas (Ball-Coelho, Bruin, Roy, & Riga, 2003; Reynolds, Potter, & Ball-Coelho, 2000), acaricidas (Eguaras *et al.*, 2005) incluso insecticidas para varias plagas de insectos incluyendo al piojo de la cabeza (Cestari, Sarti, Waib, & Branco Jr., 2004), gorgojos de granos almacenados (D. K. Weaver *et al.*, 1994; David K. Weaver *et al.*, 1997), áfidos (Serrato-Cruz, Díaz-Cedillo, & Barajas-Pérez, 2008; Tomova, Waterhouse, & Doberski, 2005; Tripathi, Upadhyay, Bhuiyan, & Bhattacharya, 2009), moscas blancas (Camarillo R, Ortega A, Serrato C, & Rodríguez H, 2009), dípteros (Nivsarkar, Cherian, & Padh, 2001; Perich, Wells, Bertsch, & Tredway, 1994), entre otros.

Las propiedades antes mencionadas se debe a que las especies de *Tagetes* poseen una gran variedad de compuestos como el *trans*-anetol, alilanol, β -cariofileno y tagetona, que son tóxicos y repelentes para insectos (Saxena & Srivastava 1973; Camarillo R. *et al.*, 2009; Cestari *et al.*, 2004; Tomova *et al.*, 2005; Tripathi *et al.*, 2009; D. K. Weaver *et al.*, 1994).

Muchas especies de *Tagetes* son nativas de México, sin embargo, existen pocos estudios sobre los volátiles de especies mexicanas de este género. Entre estas se encuentra *Tagetes erecta* la cual contiene 1,8-cineol, α -pineno, limoneno, α -terpineol, piperitona, piperitenona, oxido de piperitenona y sabineno como el principal componente (Krishna, Mallavarapu, & Ramesh, 2004; Ogunwande & Olawore, 2006). Otra especie mexicana es *Tagetes parryi* en la cual se identificaron: canfeno (96%), 3,6,6-trimetil-2-norpinanol (91 %), anisol (60 %), 4-isopropil-1-metil-2-ciclohexenol (50%), cineol (48%), eugenol (14%) y α -terpineol (12%) (Díaz-Cedillo & Serrato-Cruz, 2011). Para *Tagetes lacera* se identificaron 6 compuestos principales: (*E*)-tagetona (26.2%), crisantenona (24.8%), verbenona (22.1%), α -tujeno (20.5%), β -pineno (3.1%) y α -pineno (1.9%) (Díaz-Cedillo, Serrato-Cruz, Arce-Montoya, & León-De La Luz, 2012) y *Tagetes coronopifolia*, la cual contiene cuatro compuestos mayoritarios en tallo y hoja: verbenona, crisantenona, 2-oxo-decanoato de metilo y 6,6-dimetil-2-metil-biciclo [3.1.1] heptan-3-ona, dos de ellos también presentes en la cabezuela (Díaz-Cedillo, Serrato-Cruz, de la Cruz-Marcial, Sánchez-Alonso, & López-Morales, 2013).

Tagetes nelsonii es un especie Mexicana que se encuentra en el municipio de San Cristóbal de Las Casas, localizado en el estado de Chiapas, México. Los habitantes de esa región tradicionalmente utilizan las hojas frescas de esta planta conocida comúnmente como “Chik chawa”, las maceran o licuan y el líquido filtrado lo toman durante un periodo de 8 días para el tratamiento empírico de las diarreas, dolor de cabeza y fiebre, por lo cual los pobladores la han adoptado como una planta medicinal (Espinoza-Ruíz *et al.*, 2009). La migraña también es tratada por los shamanes Tzentaes de los altos de Chiapas con un extracto de *T. nelsonii* (Carod-Artal & Vázquez-Cabrera, 2007).

Con el fin de extender el conocimiento de los volátiles de las especies mexicanas de *Tagetes*, el objetivo del presente trabajo es investigar los volátiles de *Tagetes nelsonii*, Chiapas, México.

MÉTODOS

Colecta de material vegetal

Las muestras de *Tagetes nelsonii* se recolectaron en la colonia Fátima de la Ciudad de San Cristóbal de las Casas, durante septiembre y octubre de 2013. Se realizó su caracterización

botánica con el número de registro 38718 en el Instituto de Historia Natural y Ecología del Estado de Chiapas, México.

Microextracción en Fase Sólida

En un matraz erlenmeyer de 200 ml se colocaron 200 gr hojas frescas de la planta y se cubrió con papel aluminio. Se insertó en el frasco una fibra de Microextracción de Fase Sólida (SPME) con (polidimetilsiloxano y divinilbenceno, Supelco, Toluca, México). La fibra estuvo expuesta por 20 seg y luego fue introducida al inyector del sistema de Cromatografía de Gases y Espectrometría de Masas (GC-MS). (Salazar Sandoval *et al.*, 2007). Se analizaron 6 muestras.

Identificación de volátiles por GC-MS

La caracterización química de los volátiles se realizó con un cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS Varian Star model CP-3800 GC, Palo Alto, CA, USA). Se utilizó una columna capilar FactorFour VF-5MS, de 30 mm de longitud con 250 micrones de diámetro interno (Varian, Palo Alto, CA, USA). La temperatura del horno de la columna fue programada con una temperatura inicial de 50 °C por 2 min y posteriormente 280 °C durante 10 min. El incremento de la temperatura fue de 15 °C/min, con helio como gas acarreador a un flujo constante de 1mL/min. La temperatura del inyector fue de 250 °C. El análisis por impacto electrónico con un haz de electrones de 70-eV para la ionización. La identificación de los compuestos se efectuó mediante la comparación del tiempo de retención y el espectro de masas con la biblioteca espectral NIST 2002. Una solución estándar de hidrocarburos (C12-C60) se inyectó para determinar los índices de retención (IR) de los compuestos identificados. La abundancia relativa (%) de los componentes fue calculada considerando el área de los picos de todos los compuestos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los volátiles encontrados en *T. nelsonii* se muestran en la figura 1 y tabla 1. Los compuestos identificados en los volátiles de *T. nelsonii* son una mezcla de compuestos terpénicos. Se caracterizaron 56 compuestos. Los compuestos principales incluye una mezcla de monoterpenos: dihidrotagetona (12.66%), (*E*)- β -tagetona (15.31%), (*Z*)- β -tagetona (10.34%) y *cis*-tagetenone (24.95%) seguidos por limoneno (1.05 %), *trans*- β -ocimeno (1.22%), α -terpineol (2.53%) y una mezcla de sesquiterpenos: 9-epi-(*E*)-cariofileno, *cis*-muurolo-4(14),5-dieno, γ -gurjuneno, γ -himacheleno y γ -morfeno. El resto de los compuestos observados están presentes en cantidades en el rango de 0.01% a 0.96% (por ejemplo: α -pineno, mirceno, mesitileno, α -terpineno, eucaliptol, linalool y β -copaeno).

El compuesto mayoritario *cis*-tagetenona el cual se ha identificado en varias especies de *Tagetes*: *T. caracasana*, *T. patula* y *T. subulata* (Armas *et al.*, 2012), *T. minuta* (Hethelyi *et al.* 1988), *T. lemmonii* (Turker & Maciarelo 1996). El otro compuesto mayoritario (*E*)-tagetona se ha registrado en varias especies de *Tagetes*. En algunas especies este compuesto al igual que *T. nelsonii* se encuentra en grandes cantidades como en *T. terniflora* en el cual se ha reportado en un 27% (Stefanazzi, Gutierrez, Stadle, Bonini, & Ferrero, 2006) o en *T. lacera* (26.2%) (Díaz-Cedillo *et al.*, 2012). También se ha encontrado en cantidades más pequeñas en *T. minuta* (Shirazi *et al.* 2014), en *T. patula* y *T. zipaquinensis* (Cropwatch 2006). Los aceites de *Tagetes* con una gran cantidad de (*E*)-tagetona han mostrado un efecto biológico contra plagas y enfermedades (Saavedra *et al.* 2002; Stefanazzi *et al.*, 2006). El otro compuesto mayoritario dihidrotagetona en *T. nelsonii* también se ha identificado en varias especies de *Tagetes*. Por ejemplo, en *T. minuta*, y *T. patula* (Krishna, Mallavarapu, Kumar, & Ramesh, 2002; Moghaddam, Omidbiagi, & Sefidkon, 2007). Los compuestos tagetona junto con dihidrotagetona y las tagetenonas le proporcionan a la mayoría de las plantas *Tagetes* el aroma agradable cuando se rompen los tallos, hojas o flores (Cropwatch 2006). Los otros monoterpenos como la α -pineno, sabineno, linalool y *z*- β -ocimeno son compuestos comunes en varias especies de *Tagetes* (Díaz-Cedillo *et al.*, 2012; Martínez *et al.*, 2009; Gakuubi *et al.*, 2016).

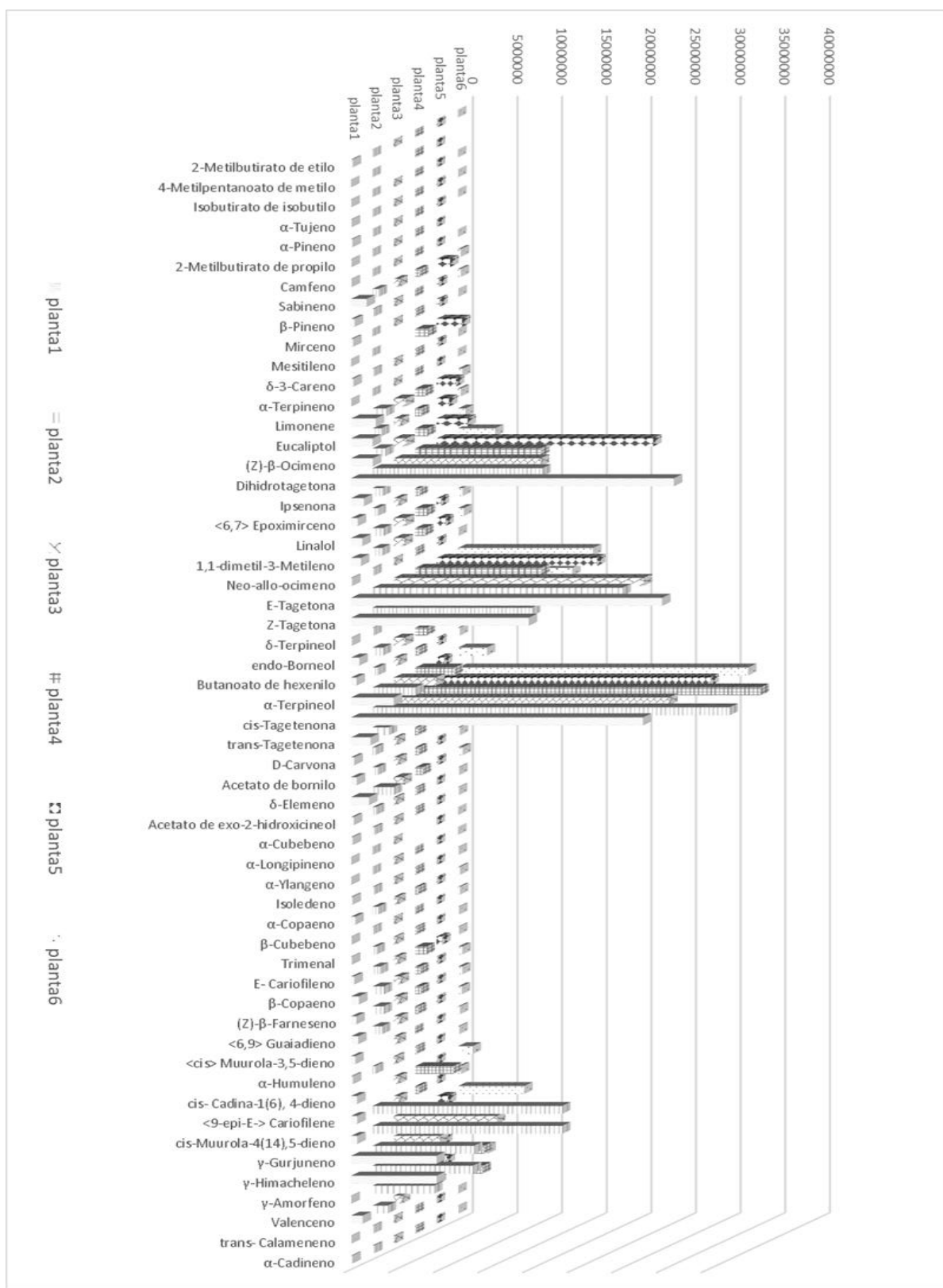
Fig 1. Compuestos volátiles de *T. nelsonii*.

Tabla 1. Abundancia (%) de los volátiles de producidos por *T. nelsonii*.

Pico	TR	IR	Compuesto	%	Promedio	EE
1	4.20	843	2-Metil-butirato de etilo	0.06	59283	29904
2	4.35	855	4-Metil-pentanoato de etilo	0.02	25351	5934
3	5.01	905	Isobutirato de isobutilo	0.01	18984	7272
4	5.21	920	α -Tujeno	0.03	47633	10388
5	5.32	929	α -Pinoeno	0.05	70125	24250
6	5.43	938	2-Metil-butirato de propilo	0.03	41827	9892
7	5.55	947	Camfeno	0.02	29058	11184
8	5.81	967	Sabineno	0.60	907629	240435
9	5.90	974	β -Pinoeno	0.14	209953	61050
10	5.97	980	Mirceno	0.10	156391	48539
11	6.11	991	Mesitileno	0.96	1440414	558274
12	6.22	999	δ -3-Careno	0.09	142073	32014
13	6.35	1010	Terpineno	0.01	21514	3766
14	6.49	1022	Limoneno	1.05	1577925	326311
15	6.55	1024	Eucaliptol (1,8-cineol)	0.73	1095614	303717
16	6.61	1032	trans- β -Ocimeno	1.22	1830694	393620
17	6.74	1038	Dihidrotagetona	12.66	19031231	4370748
18	7.10	1073	Ipsenona	0.69	1040747	148009
19	7.16	1078	6,7-Epoximirceno	0.34	516213	69858
20	7.26	1087	Linalool	0.68	1019945	169404
21	7.37	1096	1,1-dimetil-3-metileno	0.68	1021726	77422
22	7.58	1115	Neo-allo-ocimeno	0.08	116758	13352
23	7.81	1136	(<i>E</i>)-Tagetona	15.31	23014637	3445783
24	7.86	1141	(<i>Z</i>)-Tagetona	10.34	15541552	2093971
25	8.11	1164	δ -Terpineol	0.07	104740	13458
26	8.17	1170	endo-Borneol	0.66	995492	123082
27	8.29	1181	Butanoato de hexenilo	0.28	427303	77958
28	8.35	1186	α -Terpineol	2.53	3804588	644965
29	8.69	1215	cis-Tagetenona	24.95	37507700	4583301
30	8.74	1224	trans-Tagetenona	0.92	1388264	280499
31	9.14	1264	D-Carvona	0.19	285623	42636
32	9.22	1272	Acetato de bornilo	0.28	415495	87883
33	9.66	1316	δ -Elemeno	0.78	1167974	356171
34	9.70	1321	Acetato de exo-2-hidroxicineol	0.15	226437	54841
35	9.79	1330	α -Cubebeno	0.10	143587	30575
36	9.88	1340	α -Longipinoeno	0.02	23365	4157
37	10.03	1356	α -Ylangeno	0.04	54964	21851
38	10.09	1362	Isoledeno	0.08	120772	24978

39	10.18	1373	α -Copaeno	0.24	359337	82067
40	10.23	1377	β -Cubebeno	0.06	92984	31091
41	10.28	1382	(Z)-Trimenal	0.13	191497	63939
42	10.51	1409	(E)-Cariofileno	0.41	620183	164513
43	10.59	1416	β -Copaeno	0.46	687112	161620
44	10.64	1422	(Z)- β -Farneseno	0.41	618366	153754
45	10.71	1431	6,9-Guaiadieno	0.38	564724	143243
46	10.79	1439	cis-Muurola-3,5-dieno	0.20	303922	89328
47	10.84	1444	α -Humuleno	0.13	190602	37709
48	10.88	1449	cis-Cadina-1(6),4-dieno	0.96	1439976	688026
49	10.95	1457	9-epi-(E)-Cariofileno	2.59	3890548	3471756
50	11.04	1467	cis-Muurola-4(14),5-dieno	5.80	8718467	3100846
51	11.11	1475	γ -Gurjuneno	4.14	6226310	1660643
52	11.16	1481	γ -Himacheleno	3.90	5864328	1725233
53	11.22	1487	γ -Amorfeno	2.52	3790198	1373163
54	11.29	1495	Valenceno	0.63	940569	219497
55	11.35	1502	trans-Calameneno	0.04	62180	15768
56	11.47	1517	α -Cadineno	0.07	106650	24990

CONCLUSIONES

Los compuestos biosintetizados por *T. nelsonii* son una mezcla de compuestos terpénicos. Los compuestos mayoritarios son (*E*)-tagetona (43-9%) y dihidrotagetona (20.7%), seguidos por trans- β -ocimeno, eucaliptol, limoneno y β -cubebeno. *T. nelsonii* contiene compuestos fragantes como, α y β -pineno, trans- β -ocimeno, limoneno, linalool, (*E*) y (*Z*)-tagetona, dihidrotagetona y cis y trans-tagetenona.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue apoyado por el Proyecto Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT) INFR-2014-01(224846) por el financiamiento de un equipo GC-MS.

LITERATURA CITADA

- Arenas, A., López, D., Alvarez, E., Llano, G., & Loke, J. (2004). Efecto de prácticas ecológicas sobre la población de *Ralstonia solanacearum* Smith, causante de Moko de plátano. *Fitopatología Colombiana*, 28(2), 76–80.
- Armas, K., Rojas, J., Rojas, L., & Morales, A. (2012). Comparative study of the chemical composition of essential oils of five *Tagetes* species collected in Venezuela. *Natural product communications*, 7, 1225-6.
- Ball-Coelho, B., Bruin, A. J., Roy, R. C., & Riga, E. (2003). Forage pearl millet and marigold as rotation crops for biological control of root-lesion nematodes in potato. *Agronomy Journal*, 95(2), 282–292. <https://doi.org/10.2134/agronj2003.0282>
- Camarillo R, G., Ortega A, L. D., Serrato C, M. A., & Rodríguez H, C. (2009). Actividad biológica de *Tagetes filifolia* (Asteraceae) en *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera:

- Aleyrodidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 35(2), 177–184.
- Carod-Artal, F. J., & Vázquez-Cabrera, C. (2007). An anthropological study about headache and migraine in native cultures from Central and South America. *Headache*, 47(6), 834–841. <https://doi.org/10.1111/j.1526-4610.2007.00778.x>
- Cestari, I. M., Sarti, S. J., Waib, C. M., & Branco Jr., A. C. (2004). Evaluation of the potential insecticide activity of *Tagetes minuta* (Asteraceae) essential oil against the head lice *Pediculus humanus capitis* (Phthiraptera: Pediculidae). *Neotropical Entomology*, 33(6), 805–807.
- Cropwatch. 2006. *Tagetes* oil phototoxicity. Further clarifications. <http://www.cropwatch.org/tageteclarify.html>; última consulta: 15.VI.2011.
- Díaz-Cedillo, F., & Serrato-Cruz, M. A. (2011). Composición del aceite esencial de *Tagetes parryi* A. Gray. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34(2), 145–148.
- Díaz-Cedillo, F., Serrato-Cruz, M. A., Arce-Montoya, M., & León-De La Luz, J. L. (2012). Composition of essential oil of *Tagetes lacera*, endemic plant from Baja California Sur, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(2), 543–547.
- Díaz-Cedillo, F., Serrato-Cruz, M. A., de la Cruz-Marcial, J., Sánchez-Alonso, M. G., & López-Morales, V. (2013). Compuestos mayoritarios del aceite esencial en órganos de una población de *Tagetes coronopifolia* Willd. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(4), 405–411.
- Eguaras, M. J., Fuselli, S., Gende, L., Fritz, R., Ruffinengo, S. R., Clemente, G., Gonzalez, A., Bailac, P., & Ponzzi, M. I. (2005). An in vitro evaluation of *Tagetes minuta* essential oil for the control of the honeybee pathogens *Paenibacillus larvae* and *Ascosphaera apis*, and the parasitic mite *Varroa destructor*. *Journal of Essential Oil Research*, 17(3), 336–340. <https://doi.org/10.1080/10412905.2005.9698924>.
- Gakuubi, M., Wagacha, M., Dossaji, S., & Wanzala, W. (2016). Chemical composition and antibacterial activity of essential oils of *Tagetes minuta* (Asteraceae) against selected plant pathogenic bacteria. *International Journal of Microbiology*, 2016 (1), 1-10. [10.1155/2016/7352509](https://doi.org/10.1155/2016/7352509).
- García-Sánchez, F., López-Villafranco, Ma. E., Aguilar-Rodríguez, S., & Aguilar-Contreras, A. (2012). Etnobotánica y morfo-anatomía comparada de tres especies de *Tagetes* que se utilizan en Nicolás Romero, Estado de México. *Botanical Sciences*, 90(3), 221-232.
- Hethelyi, E., Danos, B., & Tetenyi, P. (1986). GC-MS analysis of the essential oils of four *Tagetes* species and the anti-microbial activity of *Tagetes minuta*. *Flavour and Fragrance Journal*, 1, 169-173.
- Krishna, A., Mallavarapu, G. R., Kumar, S., & Ramesh, S. (2002). Volatile oil constituents of the capitula, leaves and shoots of *Tagetes patula* L. *Journal of Essential Oil Research*, 14(6), 433–436. <https://doi.org/10.1080/10412905.2002.9699913>
- Krishna, A., Mallavarapu, G. R., & Ramesh, S. (2004). Composition of the essential oils of the leaves and flowers of *Tagetes erecta* L. *Journal of Essential Oil Research*, 16(6), 520–522. <https://doi.org/10.1080/10412905.2004.9698786>
- Martínez, R., Díaz, B., Vásquez, L., Compagnone, R. S., Tillett, S., Canelón, D. J., ... Suárez, A. I. (2009). Chemical composition of essential oils and toxicological evaluation of *Tagetes erecta* and *Tagetes patula* from Venezuela. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 12(4), 476–481. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2009.10643747>
- Moghaddam, M., Omidbiagi, R., & Sefidkon, F. (2007). Chemical composition of the essential oil of *Tagetes minuta* L. *Journal of Essential Oil Research*, 19(1), 3–4. <https://doi.org/10.1080/10412905.2007.9699213>
- Nivsarkar, M., Cherian, B., & Padh, H. (2001). Alpha-terthienyl: A plant-derived new generation insecticide. *Current Science*, 81(6), 667–672.
- Ogunwande, I. A., & Olawore, N. O. (2006). The Essential Oil from the Leaves and Flowers of “African Marigold,” *Tagetes erecta* L. *Journal of Essential Oil Research*, 18(4), 366–368. <https://doi.org/10.1080/10412905.2006.9699115>
- Perich, M. J., Wells, C., Bertsch, W., & Tredway, K. E. (1994). Toxicity of extracts from three *Tagetes* against adults and larvae of yellowfever mosquito and *Anopheles stephensi* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*, 31(6), 833–837. <https://doi.org/10.1093/jmedent/31.6.833>

Recibido:
2/agosto/2020

Aceptado:
8/febrero/2021

- Reynolds, L. B., Potter, J. W., & Ball-Coelho, B. R. (2000). Crop rotation with *Tagetes* sp. is an alternative to chemical fumigation for control of root-lesion nematodes. *Agronomy Journal*, 92(5), 957–966. <https://doi.org/10.2134/agronj2000.925957x>
- Romagnoli, C., Bruni, R., Andreotti, E., Rai, M. K., Vicentini, C. B., & Mares, D. (2005). Chemical characterization and antifungal activity of essential oil of capitula from wild Indian *Tagetes patula* L. *Protoplasma*, 225(1–2), 57–65. <https://doi.org/10.1007/s00709-005-0084-8>
- Saavedra, N., Villa, C., Viturro, C., Molina, A., & Molina, S.G. (2002). Ensayo piloto de extracción de volátiles de *Tagetes terniflora* H.B.K. http://www.efn.unc.edu.ar/otros/bibliocentro/index_archivos/31-Tagetes.pdf; última consulta: 12.IX.2010.
- Salazar-Sandoval, I., Santiesteban-Hernández, A., Velásquez-Valdés, G., & Cruz-López, L. (2007). Volatiles of mango var Ataulfo characterized by SPME and capillary GC/MS spectroscopy. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 51, 145-147.
- Saxena, B.P., & Srivastava, J.B. 1973. *Tagetes minuta* L. oil- A new source of juvenile hormone mimicking substance. *Indian Journal of Experimental Biology*, 11, 56-58.
- Serrato-Cruz, M. A., Díaz-Cedillo, F., & Barajas-Pérez, J. S. (2008). Composición en el aceite esencial en germoplasma de *Tagetes filifolia* Lag. de la región centro-sur de México. 42(3), 277–285.
- Shirazi, M. T., Gholami, H., Kavosi, G., Rowshan, V., & Tafsiy, A. (2014). Chemical composition, antioxidant, antimicrobial and cytotoxic activities of *Tagetes minuta* and *Ocimum basilicum* essential oils. *Food science & nutrition*, 2(2), 146–155. <https://doi.org/10.1002/fsn3.85>
- Souza, C. A. S. de, Avancini, C. A. M., & Wiest, J. M. (2000). Atividade antimicrobiana de *Tagetes minuta* L. - Compositae (Chinchilho) frente a bactérias Gram-positivas e Gram-negativas. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 37(6), 429–433.
- Stefanazzi, N., Gutierrez, M., Stadle, T., Bonini, N., & Ferrero, A. (2006). Actividad biológica del aceite esencial de *Tagetes terniflora* Kunth (Asteraceae) en *Tribolium castaneum* Herbst (Insecta, Coleoptera, Tenebrionidae). *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 32, 439–447.
- Tomova, B. S., Waterhouse, J. S., & Doberski, J. (2005). The effect of fractionated *Tagetes* oil volatiles on aphid reproduction. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 115(1), 153–159. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2005.00291.x>
- Tripathi, A. K., Upadhyay, S., Bhuiyan, M., & Bhattacharya, P. R. (2009). A review on prospects of essential oils as biopesticide in insect-pest management. *Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy*, 1(5), 52–63.
- Tucker, A.O., & Maciarello, M.J. (1996). Volatile leaf oil of *Tagetes lemmonii* Gray. *Journal of Essential Oil Research*, 8, 417-418.
- Weaver, D. K., Wells, C. D., Dunkel, F. V., Bertsch, W., Sing, S. E., & Sriharan, S. (1994). Insecticidal activity of floral, foliar, and root extracts of *Tagetes minuta* (Asterales: Asteraceae) against adult Mexican bean weevils (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Economic Entomology*, 87(6), 1718–1725. <https://doi.org/10.1093/jee/87.6.1718>
- Weaver, David K., Zettler, J. L., Wells, C. D., Baker, J. E., Bertsch, W., & Throne, J. E. (1997). Toxicity of fractionated and degraded Mexican Marigold floral extract to adult *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Economic Entomology*, 90(6), 1678–1683. <https://doi.org/10.1093/jee/90.6.1678>
- Zygodlo, J. A., Guzman, C. A., & Grosso, N. R. (1994). Antifungal properties of the leaf oils of *Tagetes minuta* L. and *T. filifolia* Lag. *Journal of Essential Oil Research*, 6(6), 617–621. <https://doi.org/10.1080/10412905.1994.9699353>