

COMPUESTOS MAYORITARIOS DEL ACEITE ESENCIAL EN ÓRGANOS DE UNA POBLACIÓN DE *Tagetes coronopifolia* Willd.

MAJOR COMPOUNDS OF ESSENTIAL OIL IN PLANT ORGANS OF A *Tagetes coronopifolia* Willd. POPULATION

Francisco Díaz-Cedillo¹, Miguel A. Serrato-Cruz^{2*}, Judith de la Cruz-Marcial², Mariana G. Sánchez-Alonso² y Víctor López-Morales²

¹Departamento de Química Orgánica, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Casco de Santo Tomás. 11340, D. F. ²Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. km 38.5 Carretera México-Texcoco. 56230, Chapingo, México.

*Autor para correspondencia (serratocruz@gmail.com)

RESUMEN

Tagetes coronopifolia Willd. se distribuye en la región del Eje Neovolcánico Transversal de México y también en algunas áreas del Estado de Coahuila, cuyo aceite esencial puede servir para el control de plagas y enfermedades. De muestras individuales de raíz, tallo-hoja y capítulo o cabezuela, de una población de plantas de *T. coronopifolia* de Texcoco, México, se obtuvieron aceites esenciales por hidrodestilación que se analizaron por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. Los componentes mayoritarios (con más de 25 % de abundancia relativa) fueron: en raíz, 2, 7, 7-trimetilbicyclo[3.1.1] heptan-2-ol (100 %) y (1S, 2R, 5S) -4, 6,6-trimetilbicyclo[3.1.1] hept-3-en-2-ol (verbenol) (38 %); en tallo-hoja, (1S) -6,6-dimetil-2-metilen-bicyclo[3.1.1] heptan-3-ona (100 %), (1R)-cis-4,6,6-trimetilbicyclo-[3.1.1] hept-3-en-2-ona (verbenona) (71 %), 2-oxo-decanoato de metilo (54 %) y 2,7,7-trimetilbicyclo[3.1.1] hept-2-en-6-ona (crisantenona) (41 %); en cabezuela, (1S)-6,6-dimetil-2-metilen-bicyclo[3.1.1] heptan-3-ona (100 %) y verbenona (73 %).

Palabras clave: *Tagetes coronopifolia*, planta aromática, aceite esencial, monoterpenos.

SUMMARY

Tagetes coronopifolia Willd. is found on the Trans-Mexican Volcanic Belt and in some areas of Coahuila State. Its essential oil can be used for disease and pest control. From individual samples of root, stem-leaf and flower head of a plant population of *T. coronopifolia* located in Texcoco, México state, essential oils were obtained by hydro-distillation and analyzed by GC-MS. Major components (with 25 % or more of relative abundance) were: in root, 2,7,7-trimethylbicyclo[3.1.1] heptan-2-ol (100 %) and (1S, 2R, 5S)-4,6,6-trimethylbicyclo[3.1.1] hept-3-en-2-ol (verbenol) (38 %); in stem-leaf, (1S)-6,6-dimethyl-2-methylene-bicyclo [3.1.1] heptan-3-one (100 %), (1R)-cis-4,6,6-trimethylbicyclo-[3.1.1] hept-3-en-2-one (verbenone) (71 %), methyl 2-oxo-decanoate (54 %) and 2,7,7-trimethylbicyclo[3.1.1] hept-2-en-6-one (chrysantenone) (41 %); in flower head, (1S)-6,6-dimethyl-2-methylene-bicyclo[3.1.1] heptan-3-one (100 %) and verbenone (73 %).

Index words: *Tagetes coronopifolia*, aromatics, essential oil, monoterpenes.

INTRODUCCIÓN

Recientemente en México se han iniciado trabajos para el conocimiento sistemático del recurso fitogenético *Tagetes* (Serrato-Cruz *et al.*, 2008; Díaz-Cedillo y Serrato-Cruz, 2011; Díaz-Cedillo *et al.*, 2012), taxa de amplia distribución geográfica en este país y potencialmente útil por sus aceites esenciales para controlar plagas y enfermedades (Serrato-Cruz *et al.*, 2007). *Tagetes coronopifolia* Willd. (Asteraceae: tribu Tageteae) se distribuye principalmente en áreas montañosas del Eje Neovolcánico Transversal de la República Mexicana y también en el Estado de Coahuila (Turner, 1993), en zonas de clima templado-frío y en altitudes de 2300 a 2600 m (Turner, 1996; Villarreal, 2003). Es una planta herbácea anual, erecta, hasta de 50 cm de alto, que libera un intenso aroma al estrujarse (Villarreal, 2003); sus hojas son opuestas hasta de 4 cm de largo, de foliolos muy delgados; los capítulos florales o cabezuelas están sobre pedúnculos de hasta 3 cm de largo; su fruto es un aquenio. En medicina tradicional se usa en casos de tos y dolor de pecho (Vibrans, 2009), pero carece prácticamente de información etnobotánica. En las cabezuelas florales se han identificado seis flavonoides (Abdala *et al.*, 1999), y su aceite esencial principalmente contiene 11 % de citral (3,7-dimethyl-2, 6-octadienal) (Pérez-Amador *et al.*, 1994), aunque se desconocen los componentes del aceite esencial de esta especie.

En algunas especies de *Tagetes*, la composición del aceite varía entre órganos de la planta (Krishna *et al.*, 2002; Sefidkon *et al.*, 2004), pero se desconoce si este comportamiento ocurre en todo el taxa. Datos sin publicar por los autores del presente escrito indican que el porte de *T. coronopifolia* puede alcanzar 1 a 1.2 m si el suelo se rotura y con plantas separadas a 15 cm, condiciones que son favorables para producir biomasa y aceite esencial.

Para decidir si se cosecha la planta completa o sólo la parte aérea, se deberá considerar la composición del aceite esencial en la raíz y otros órganos de la planta. El objetivo de este trabajo fue identificar la composición del aceite esencial de diferentes órganos de una población *T. coronopifolia* proveniente del Eje Neovolcánico Transversal, con la finalidad de contribuir así al conocimiento de la fitoquímica del género.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y obtención del aceite esencial

Para la identificación de *T. coronopifolia* (Figura 1) se consultó el Herbario-Hortorio "Jorge Espinosa Salas" (voucher 2568) del Departamento de Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo. Las plantas se establecieron en invernadero a partir de semillas de una población de Santa María Tecuanulco, Municipio de Texcoco, Estado de México, localidad ubicada en el Eje Neovolcánico. En la primera semana de julio del 2009, las plantas se trasplantaron al campo experimental (19° 29.547' LN, 98° 52.470' LO; 2267 msnm), a surcos de 75 cm de separación, con 15 cm de separación entre plantas (8.8 plantas m⁻²). Se aplicó un riego al momento del trasplante, y posteriormente el suministro de humedad fue con la lluvia estacional. No se aplicó fertilizante y se deshirió manualmente. Cuando las plantas se encontraban en floración completa, al final del mes de octubre, se realizó la cosecha del material vegetal para la extracción de aceite de cada uno de sus órganos.



Figura 1. *Tagetes coronopifolia* Willd. (Fotografía: Miguel Ángel Serrato Cruz).

Por separado, se colectó 1 kg de materia fresca de raíz, tallo-hoja y cabezuelas, y las muestras se sometieron a

un proceso de hidrodestilación durante 45 min mediante un destilador de cristal tipo italiano con capacidad de 5 L (Díaz-Cedillo y Serrato-Cruz, 2011; Díaz-Cedillo *et al.*, 2012). Los aceites obtenidos inmediatamente se analizaron como se indica a continuación.

Cromatografía de gases/espectrometría de masas (GC/EM)

La identificación de los componentes del aceite esencial se hizo por cromatografía de gases con detector de masas (Adams, 2001), mediante un cromatógrafo de gases Polaris Q acoplado a un espectrómetro de masas Polaris Q Finnigan Trace GC Ultra® (Milán, Italia), con ionización por impacto electrónico (IE) de 70 eV. Se utilizó una columna RTX-5MX® (Restek Austin, USA), empacada con 5 % difenil-95 % dimetilpolisiloxano (30 m x 0.25 mm Ø x 0.25 µm). Las temperaturas del inyector y del detector se mantuvieron a 250 °C y 300 °C, respectivamente, y se alcanzaron a una velocidad de 20 °C min⁻¹. La temperatura del horno se inició en 70 °C, se mantuvo así 1 min, y se programó para alcanzar las temperaturas y la velocidad antes señaladas. La velocidad de flujo del gas acarreador, helio, se mantuvo a 1 mL min⁻¹. Se inyectaron muestras diluidas (1/100) en cloruro de metileno (v/v) de 1 µL, manualmente en modo "Split" (para diluir) (Díaz-Cedillo y Serrato-Cruz, 2011; Díaz-Cedillo *et al.*, 2012).

Los datos de abundancia relativa se obtuvieron a partir del porcentaje de área de los picos cromatográficos. Se consideró como compuestos mayoritarios aquellos con más de 25 % de abundancia relativa. El intervalo de masas detectado fue de 35-500 m/z. Los compuestos *n*-Alcanos, *n*-octano (C₈H₁₈) y *n*-octadecano (C₁₈H₃₈) se usaron como referencias en el cálculo de los índices de Kovats. Se procesaron así tres muestras, y la identificación de los componentes se realizó por comparación de los índices de retención relativa, más los espectros de masas comparados con la base de datos NIST del sistema GC-MS y con los datos espectrales publicados por la Carol Stream Corp., USA (Adams, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tiempos de retención de los compuestos se ubicaron desde 3 hasta 14.5 min en los cromatogramas (Figuras 2, 3 y 4), los cuales correspondieron a los que se han encontrado en el aceite esencial de *Tagetes* (Díaz-Cedillo y Serrato-Cruz, 2011; Díaz-Cedillo *et al.*, 2012). Los compuestos mayoritarios en el aceite extraído de la raíz fueron dos, cuatro en tallo-hoja y dos en cabezuela (Cuadro 1).

Los compuestos más abundantes, según sus patrones de fragmentación (Cuadro 1; Figuras 2, 3, 4 y 5) fueron: en raíz: 2,7,7-trimetil-biciclo[3.1.1] heptan- 2-ol y (1S, 2R, 5S)-4, 6,

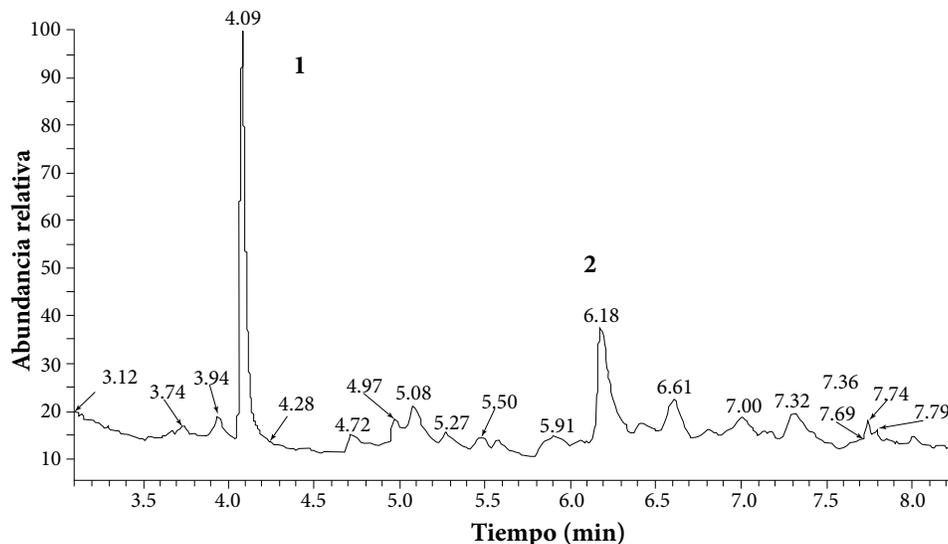


Figura 2. Cromatograma de los componentes del aceite esencial de la raíz de *T. coronopifolia* Willd. Pico 1: 2,7,7-trimetil-biciclo[3.1.1] heptan 2-ol, Tiempo de retención, Rt, 4.09 min. Pico 2: (1S, 2R, 5S)-4,6,6-trimetilbiciclo[3.1.1] hept-3-en-2-ol (verbenol), (Rt, 6.18 min).

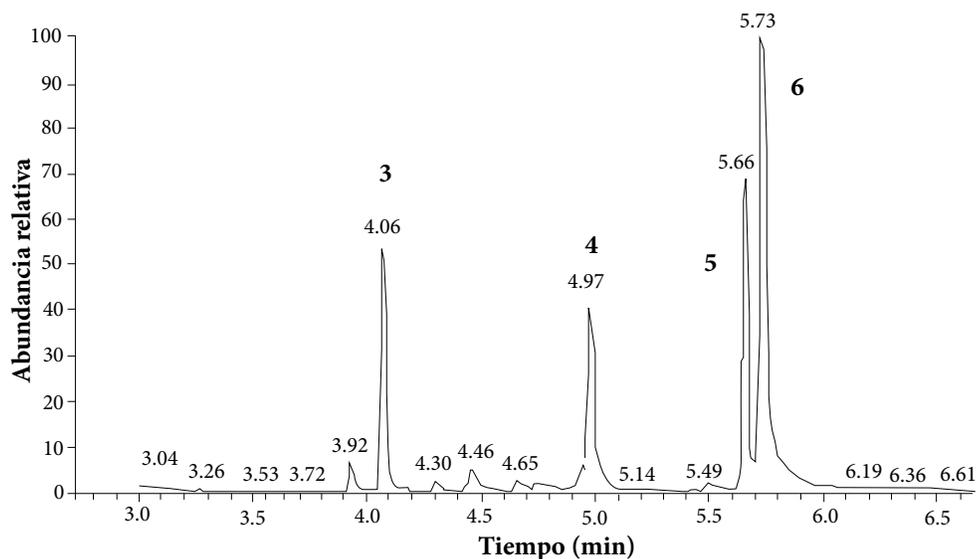


Figura 3. Cromatogramas de los componentes del aceite esencial de tallo-hoja de *T. coronopifolia* Willd. Pico 3: 2-oxo-decanoato de metilo, (Rt = 4.06 min). Pico 4: 2,7,7-trimetilbiciclo[3.1.1] hept-2-en-6-ona, (Rt, 4.97 min) (crisantenona). Pico 5: (1R)-cis-4,6,6-trimetilbiciclo[3.1.1] hept-3-en-2-ona (verbenona), (Rt, 5.66 min). Pico 6: (1S)-6,6-dimetil-2-metilen- biciclo[3.1.1] heptan-3-ona, (Rt, 5.73 min).

6-trimetilbiciclo[3.1.1] hept-3-en-2-ol también conocido como (*S*)-*cis*-verbenol o verbenol; en tallo-hoja: 2-oxo-decanoato de metilo, 2,7,7-trimetilbiciclo[3.1.1]hept-2-en-6-ona o crisantenona, (1R)-*cis*-4,6,6-trimetilbiciclo-[3.1.1] hept-3-en-2-ona o verbenona y (1S)-6,6-dimetil-2-metilen-biciclo[3.1.1]heptan-3-ona; en cabezuela: verbenona y (1S)-6,6-dimetil-2-metilen- biciclo[3.1.1]heptan-3-ona.

Estos resultados amplían la información fitoquímica que Pérez-Amador *et al.* (1994) generaron sobre *T. coronopifolia*, quienes solamente analizaron las cabezuelas de plantas originarias de un hábitat muy diferente al de la población utilizada en el presente estudio, y en la cual encontraron citral (3,7-dimethyl-2,6-octadienal) como compuesto mayoritario. Verbenona y crisantenona ya se habían registrado

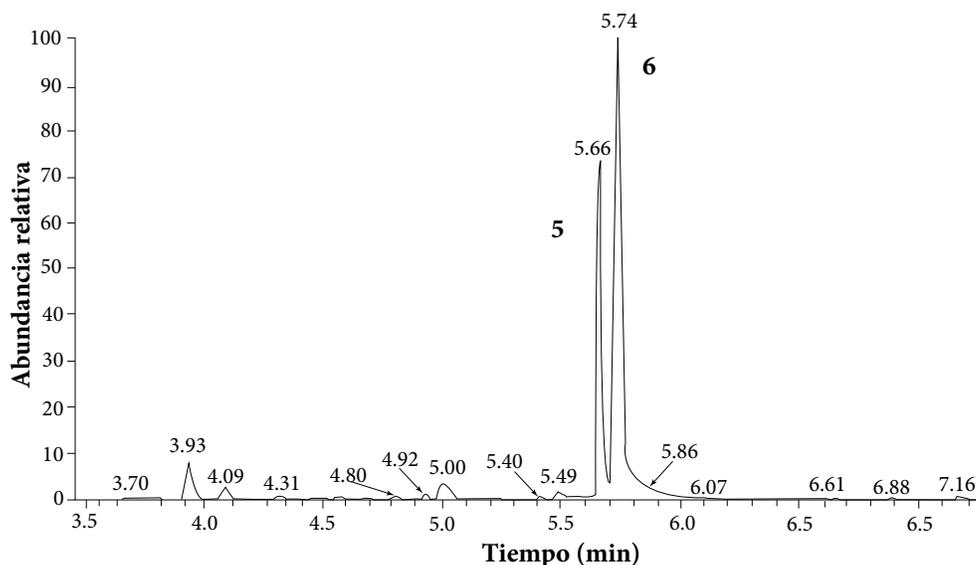


Figura 4. Cromatogramas de los componentes del aceite esencial de cabeza de *T. coronopifolia* Willd. Pico 5: verbenona, (Tr, 5.55 min). Pico 6: (1S)-6,6-dimetil-2-metilen-biciclo[3.1.1] heptan-3-ona, (Tr, 5.74 min).

como compuestos mayores en órganos aéreos de *T. lacera* (Díaz-Cedillo *et al.*, 2012) y verbenona en *T. minuta* (Ramaroson-Raonizafinimanana, 2009) y en *T. elliptica* (Segovia *et al.*, 2010), pero los otros cuatro metabolitos de *T. coronopifolia* no se habían identificado como mayoritarios en otras especies del género (Xu *et al.*, 2012).

Con excepción del éster 2-oxo-decanoato de metilo, la mayoría de metabolitos secundarios mayoritarios corresponden a monoterpenos (Cropwatch, 2006) que están en toda la planta de *T. coronopifolia* (Cuadro 1), aunque con variación entre los órganos de la planta (Cuadro 1). Estos resultados coinciden con otros previamente reportados para *Tagetes* (Chalchat *et al.*, 1995; Bansal *et al.*, 1999; Krishna *et al.*, 2002; Sefidkon *et al.*, 2004), y para especies de otros géneros (González *et al.*, 2011).

Hasta antes del presente trabajo no se había analizado la composición del aceite esencial de la raíz en el género *Tagetes*. La presencia de 2,7,7-trimetil-biciclo[3.1.1]heptan-2-ol y verbenol en este órgano, diferentes de los sintetizados en órganos de la parte aérea de la planta (Cuadro 1), se atribuye a la adaptación de la raíz al medio edáfico. Al respecto, se han reportado metabolitos secundarios de *Tagetes* que tienen actividad biológica contra organismos del suelo, como nematodos (Adekunle *et al.*, 2007) y hongos (Radaman *et al.*, 2007; ZhiHong *et al.*, 2010).

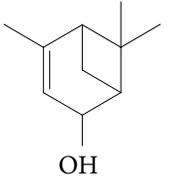
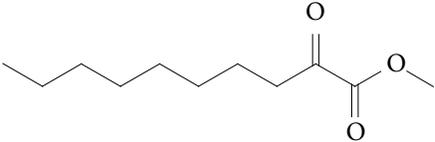
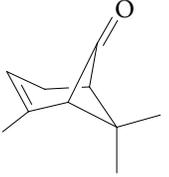
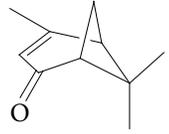
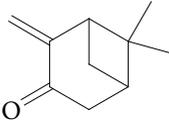
De especial interés sería explorar al compuesto 2, 7, 7-trimetil-biciclo[3.1.1] heptan-2-ol, más abundante que el verbenol (Cuadro 1), en cuanto a su actividad contra nematodos, hongos y bacterias del suelo. Puesto que los depreda-

dores en la raíz son diferentes a los de la parte aérea, en esta última los metabolitos secundarios, además de proteger contra microorganismos (Xu *et al.*, 2012), también sirven para repeler ataques de organismos mayores como insectos, ácaros, aves o mamíferos (Wink, 1988).

La notoria presencia de verbenona y (1S)-6, 6-dimetil-2-metilen-biciclo[3.1.1] heptan-3-ona en los órganos aéreos sugiere que estos compuestos tienen una importante función de protección. La verbenona se ha reportado como repelente contra un coleóptero que ataca a coníferas (Gillette *et al.*, 2009), pero del compuesto (1S)-6, 6-dimetil-2-metilen-biciclo[3.1.1] heptan-3-ona no hay antecedentes sobre su actividad biológica. La crisantenona, un compuesto reportado para *T. lacera* (24 %) (Díaz-Cedillo *et al.*, 2012), es más abundante en *T. coronopifolia* (41 %, Cuadro 1). Este metabolito en el aceite esencial de *Artemisia herba-alba* Asso es el segundo compuesto mayoritario (15 %) que junto con otros dos metabolitos, afectan la elongación de la radícula de semillas de *Lepidium sativum* L., *Phalaris canariensis* L., *Raphanus sativus* L., *Sinapis arvensis* L. y *Triticum durum* L. (Amri *et al.*, 2013), además de producir efectos antibacterianos y antifúngicos en forma conjunta con otros compuestos en el aceite de *A. herba-alba* (Zouari *et al.*, 2010).

No se encontró información del metabolito 2-oxo-decanoato de metilo y su rara presencia en *Tagetes* (Xu *et al.*, 2012), ni del (1S)-6, 6-dimetil-2-metilen-biciclo [3.1.1] heptan-3-ona, por lo que estos dos compuestos podrían ser útiles para la clasificación sistemática del género. La clara diferencia entre los compuestos encontrados en raíz y en

Cuadro 1. Componentes químicos del aceite esencial de diferentes órganos de *T. coronopifolia* identificados por cromatografía de gases acoplado a espectrómetro de masas.

Órgano de la planta/componente químico	Tiempo de retención (min)	Índice de Kovats	Abundancia relativa (%)
Raíz			
2,7,7-trimetil-biciclo[3.1.1]heptan 2-ol			
	4.09	1103	100
(1 <i>S</i> ,2 <i>R</i> ,5 <i>S</i>)-4,6,6-trimetilbicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-ol (verbenol)			
	6.18	1114	38
Tallo-hoja			
2-oxo-decanoato de metilo			
	4.06	Ni	54
2,7,7-trimetilbicyclo[3.1.1]hept-2-en-6-ona (crisantenona)			
	4.97	1123	41
(1 <i>R</i>)- <i>cis</i> -4,6,6-trimetilbicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-ona (verbenona)			
	5.66	1204	71
(1 <i>S</i>)-6,6-dimetil-2-metilen- biciclo [3. 1. 1] heptan-3-ona			
	5.73	1168	100
Cabezuela o capítulo			
5) Verbenona	5.66	1204	73
6) (1 <i>S</i>)-6,6-dimetil-2-metilen- biciclo[3.1.1]heptan-3-ona	5.74	1169	100

Ni = dato no informado.

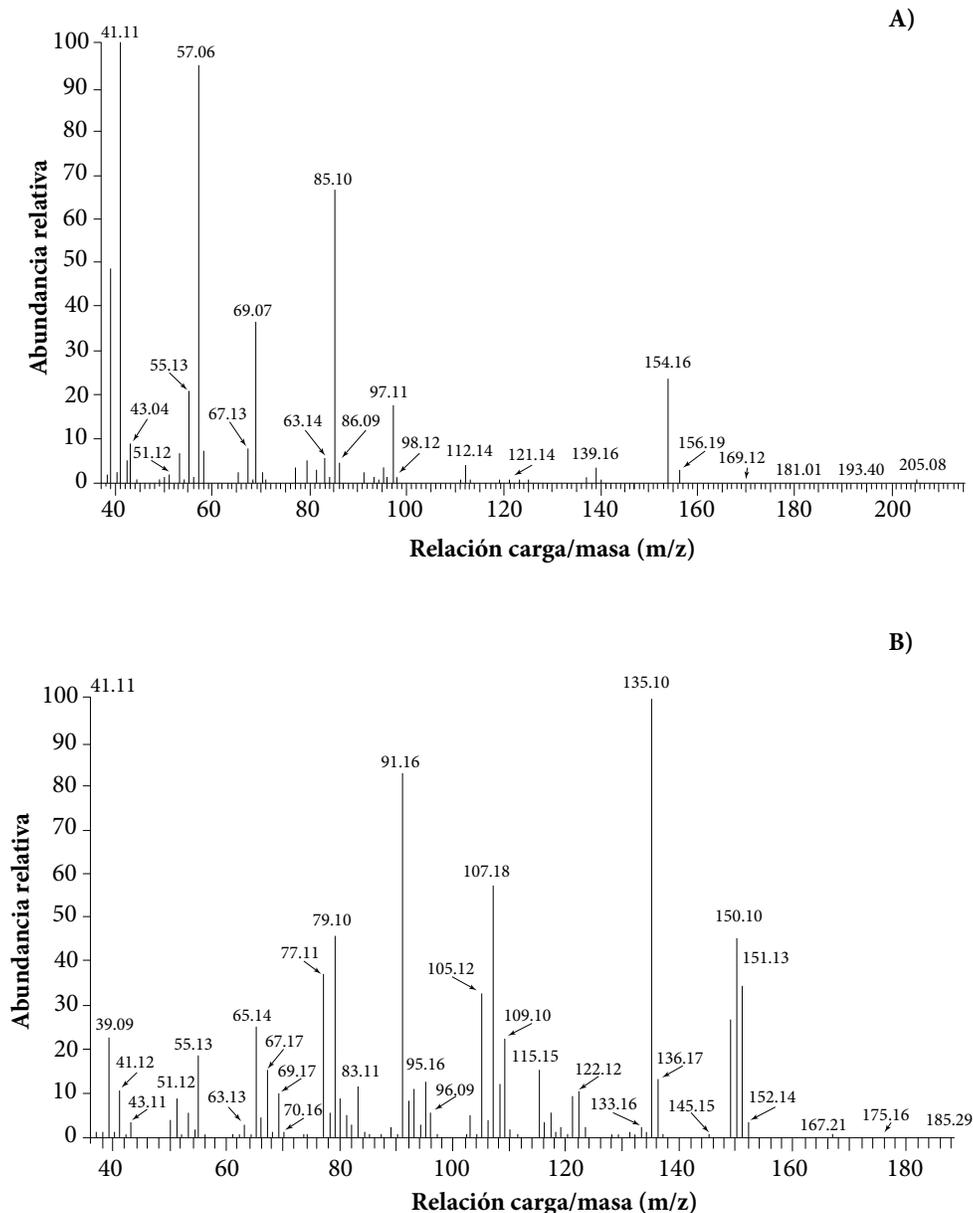


Figura 5. Espectros de masas de los compuestos: (A) 2,7,7-trimetil-biciclo[3.1.1] heptan 2-ol identificado en el aceite esencial de raíz, y (B) (1S)-6,6-dimetil-2-metilen- bicyclo[3.1.1] heptan-3-ona, en partes aéreas de *T. coronopifolia*.

las estructuras aéreas, indica que los mecanismos de síntesis de esos metabolitos son diferentes; tan sólo para el par verbenol-verbenona, el producto oxidado es la verbenona (en tallo-hoja y cabezuela), y el reducido es el verbenol (en raíz).

La presencia de otros compuestos en el aceite esencial de *T. coronopifolia* con abundancia relativa cercana a 20 % en raíz, pero menos de 5 % en tallo-hoja y alrededor del 10 %

en cabezuelas (Figuras 2, 3 y 4), es indicador de otros metabolitos secundarios con posible actividad biológica, como se ha documentado para *Tagetes* (Xu *et al.*, 2012).

Dada la variabilidad de compuestos encontrados en el aceite esencial de *T. coronopifolia*, resultaría conveniente la cosecha de toda la planta para así poder obtener un mayor número de metabolitos secundarios y un espectro más amplio de actividad biológica. Al respecto, conviene realizar

diversos ensayos sobre la toxicología y repelencia de los extractos de esta especie.

CONCLUSIONES

La mayoría de compuestos mayoritarios en el aceite esencial de la población estudiada de *T. coronopifolia* fueron exclusivos de un órgano de la planta. En raíz hay dos metabolitos exclusivos, en tallo-hoja cuatro y dos en cabeza, aunque verbenona y (1S) 6, 6-dimetil-2-metilenbicyclo[3.1.1] heptan-3-ona fueron comunes en todos los órganos aéreos.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdala L R, V Martino, N Caffini, J D Phillipson, A Lappa, A Tchernitchin, G Ferraro, S Debenedetti, H Schilch, C Acevedoer (1999) Flavonoids in *Tagetes coronopifolia* Wild (Asteraceae). *Acta Hort.* 501:219-222.
- Adams R P (2001) Identification of Essential Oils Components by Gas Chromatography/Quadrupole. *Mass Spectroscopy*. Allured Publishing Corp, Carol Stream, IL. pp:468-572.
- Adekunle O K, R Acharya, B Singh (2007) Toxicity of pure compounds isolated from *Tagetes minuta* oil to *Meloidogyne incognita*. *Australasian Plant Dis. Notes* 2:101-104.
- Amri I, L de Martino, A Marandino, H Lamia, H Mohsen, E Scandolera, V de Feo (2013) Chemical composition and biological activities of the essential oil from *Artemisia herba-alba* growing wild in Tunisia. *Nat. Prod. Comm.* 8:407-410.
- Bansal R P, J R Bahl, S N Garg, A A Nagvi, S Sharma, M Ram, S Kumar (1999) Variation in quality of essential oil distilled from vegetative and reproductive stages of *Tagetes minuta* crop grown in north Indian plains. *J. Essen. Oil Res.* 11:747-752.
- Chalchat J C, R P Garry, A Muhayimana (1995) Essential oil of *Tagetes minuta* from Rwanda and France: chemical composition according to harvesting location, growth stage and part of plant extracted. *J. Essen. Oil Res.* 7:375-386.
- Cropwatch (2006) *Tagetes* oil phototoxicity. Further clarifications. The Cropwatch Series. Disponible en: <http://www.cropwatch.org/tageteclarify.html> (Diciembre 2012).
- Díaz-Cedillo F, M A Serrato-Cruz (2011) Composición del aceite esencial de *Tagetes parryi* A. Gray. *Rev. Fitotec. Mex.* 34:145-148.
- Díaz-Cedillo F, M A Serrato-Cruz, M Arce-Montoya, J L León de la Luz (2012) Composición química de *Tagetes lacera* Brand., planta endémica de Baja California Sur, México. *Rev. Mex. Biodiv.* 83:543-547.
- Gillette N E, N Ebilgin, J N Webster, L Pederson, S R Mori, J D Stein, D R Owen, K M Bischel, D L Wood (2009) Aerially applied verbenone-releasing flakes protect *Pinus contorta* stands from attack by *Dendroctonus ponderosae* in California and Idaho. *For. Ecol. Manage.* 257:1405-1412.
- González S B, P E Guerra, C M van Barren, P di Leo Lira, A L Bandoni (2011) El aceite esencial de tallos y hojas de *Schinus molle* (Phil.) Johnston en el ecotono de la Patagonia, Argentina. *Dominguezia* 27:33-37.
- Krishna A, G R Mallavarapu, S Kumar, S Ramesh (2002) Volatile oil constituents of the capitula, leaves and shoots of *Tagetes patula* L. *J. Essen. Oil Res.* 14:433-436.
- Pérez-Amador M C, F García-Jiménez, J Herrera J, L P González, L Márquez-Alonso (1994) Essential oils, anthocyanins and phototoxic compounds in two species of *Tagetes* (Asteraceae). *Rev. Int. Bot. Exp. Phyton* 56:143-146.
- Radaman K M, M K Ali, R E El-Gobashy, P E Georghiou N A Ali, E A Zaher (2007) Application of volatile fractions from *Ageratum houstonianum* and *Tagetes erecta* as safe management of some root phytopathogenic fungi. *J. Agr. Sci.* 15:185-193.
- Ramaroson-Raonizafinimanana B, P A R Ramanoelina, J R E Rasoarahaona, E M Gaydou (2009) Chemical compositions of aerial part of *Tagetes minuta* L. chemotype essential oils from Madagascar. *J. Essen. Oil Res.* 21:390-392.
- Sefidkon F, S Salehyar, M Mirza, M Daviri (2004) The essential oil of *Tagetes erecta* L. occurring in Iran. *Flavonoid Perception Symp.* 19:579-581.
- Segovia-B I K, L L Suárez de la Cruz, A J Castro L, S Suárez C, J R Ruiz Q (2010) Composición química del aceite esencial de *Tagetes elliptica* Smith "Chincho" y actividades antioxidante, antibacteriana y antifúngica. *Ciencia e Investigación* 13: 81-86. Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/ciencia/v13_n2/pdf/a06v13n2.pdf (Mayo 2013).
- Serrato-Cruz M A, J S Barajas-Pérez, F Díaz-Cedillo (2007) Aceites esenciales del recurso genético *Tagetes* para el control de insectos, nematodos, ácaros y hongos. *In: Agricultura Sostenible Vol. 3, Sustancias Naturales Contra Plagas.* J F López-Olguín, A Aragón-García, C Rodríguez-Hernández, M Vázquez-García (eds). Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. pp:142-200.
- Serrato-Cruz M A, F Díaz-Cedillo, J S Barajas-Pérez (2008) Composición en el aceite esencial en germoplasma de *Tagetes filifolia* Lag. de la región centro-sur de México. *Agrociencia* 42:277-285.
- Turner B L (1996) The Comps of Mexico: A systematic account of the family Asteraceae, Vol. 6, Tageteae and Anthemideae. *Phytol. Memoirs* 10:1-93.
- Vibrans H (2009) Malezas de México. *Tagetes coronopifolia* Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/tagetescoronopifolia/fichas/ficha.htm#6.%20Impacto%20e%20importancia> (Diciembre 2012).
- Villarreal Q J A (2003) Familia Compositae. Tribu Tageteae. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Fascículo 113. Instituto de Ecología A. C. Pátzcuaro, Michoacán, México. 85 p.
- Wink M (1988) Plant breeding: importance of plant secondary metabolites for protection against pathogens and herbivores. *Theor. Appl. Genet.* 75:225-233.
- Xu L W, J Chen, Q Huan-Yang, S Yan-Ping (2012) Phytochemicals and their biological activities of plants of *Tagetes* L. *Chinese Herb. Med.* 4:103-117. Disponible en: http://www.google.com.mx/search?q=chinese+herbal+medicine+tagetes+2012&hl=es-MX&gbv=2&rlz=1W1ADFA_esMX447&oq=chinese+herbal+medicine+tagetes+2012&gs_l=heirloomserp.12...5648.11390.0.12794.13.12.0.0.0.921.921.6-1.1.0...0.0...1ac.1.15.heirloom-serp.fN_hu-m6hX0 (Junio 2013).
- ZhiHong F, G ChunRong, W JinSheng (2010) Active antifungal component of extracts from *Tagetes patula* root against *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* and its mechanism. *Acta Phytopathol. Sinica* 40:195-201.
- Zouari S, N Zouari, N Fakhfakh, A Bougatef, M A Ayadi, M Nefati (2010) Chemical composition and biological activities of a new essential oil chemotype of Tunisian *Artemisia herba-alba* Asso. *J. Med. Plants Res.* 4:871-880.