

Actividad biológica de *Tagetes filifolia* (Asteraceae) en *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae)

Biological activity of *Tagetes filifolia* (Asteraceae) on *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae)

GABRIELA CAMARILLO R.¹, LAURA D. ORTEGA A.², MIGUEL A. SERRATO C.³ y CESÁREO RODRÍGUEZ H.²

Resumen: Con la finalidad de proteger a los cultivos de las plagas sin provocar más daño al ambiente y al humano, se ha generado la búsqueda de nuevos insecticidas y repelentes amigables y efectivos. El objetivo de este trabajo fue comparar la actividad biológica de *trans*-anetol, de extractos acuosos, aceites y turbios, obtenidos de la destilación por arrastre de vapor, de flores, hojas y planta completa de *Tagetes filifolia* sobre la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum*. La repelencia se evaluó al exponer dentro de un olfactómetro adultos del insecto a un disco tratado por 24 h, mientras que la toxicidad a adultos, inhibición de la oviposición y del crecimiento de ninfas, se evaluó mediante el confinamiento de adultos en una jaula entomológica sobre una hoja tratada y mediante el tratamiento de ninfas con el método de aspersión. Los extractos acuosos y turbios de las diferentes estructuras no causaron repelencia, ni efecto insecticida. En cambio, los aceites y el *trans*-anetol causaron alta mortalidad (69%) y repelencia de adultos (70%), inhibición de la oviposición (90%), interferencia en el crecimiento ninfal (50%) y emergencia de adultos (50%), pero no afectaron la duración del ciclo de *T. vaporariorum* (21-30 días). El *trans*-anetol y el aceite floral tuvieron mayor efecto sobre adultos de mosca blanca, a nivel de la Concentración Letal y Concentración de Repelencia. La actividad biológica de los extractos se relacionó positivamente con la concentración. Por tanto, los aceites de *T. filifolia* evaluados representan una herramienta útil en el manejo integrado de *T. vaporariorum*.

Palabras clave: Aceites esenciales. Inhibición de oviposición. Toxicidad. Repelencia.

Abstract: In order to protect crops from pests without causing more damage to the environment and humans, the search for new friendly and effective insecticides and repellents is underway. The objective of this study was to compare the bioactivity of *trans*-anethole, aqueous extracts and oils and residues, obtained by steam distillation, from flowers, leaves and whole plant of *Tagetes filifolia* on the whitefly *Trialeurodes vaporariorum*. Repellency was evaluated by exposing adults of the insect inside an olfactometer to a disk of treated leaves for 24 h, while the toxicity to adults, inhibition of oviposition and nymphal growth was studied by caging adults on treated leaves and by treating nymphs with a spray method. The aqueous extracts and residues of the different structures did not cause repellency or an insecticidal effect. Nevertheless, the oils and *trans*-anethole caused high mortality (69%) and repellency in adults (70%), inhibition of oviposition (90%), interference in nymphal growth (50%) and adult emergence (50%), but did not affect the life span of *T. vaporariorum* (21-30 days). The *trans*-anethole and floral oil had the greatest effect on whitefly adults at the level of Lethal and Repellency Concentrations. The biological activity of the extracts was positively correlated with concentration. Therefore, the oils of *T. filifolia* evaluated represent a tool in the integrated management of *T. vaporariorum*.

Key words: Essential oils. Oviposition inhibition. Toxicity. Repellency.

Introducción

La problemática asociada con el uso de insecticidas convencionales como el desarrollo de resistencia en insectos, incremento y resurgencia de plagas, eliminación de fauna benéfica, y contaminación ambiental (Prabhaker *et al.* 1985; Ortega *et al.* 1998; Choi *et al.* 2003), ha impulsado la búsqueda de estrategias alternativas de control, como el uso de plantas insecticidas o insectistáticas que permiten manejar las plagas, proteger el cultivo y obtener mayor rendimiento y calidad en la producción sin poner en riesgo la salud del humano y su entorno (Rodríguez 2000).

Durante los últimos 20 años, las plantas de la familia Asteraceae se han identificado como fuentes promisorias de compuestos con propiedades plaguicidas (Serrato y Quijano 1993; Choi *et al.* 2003). En particular, algunas especies del

género *Tagetes* han probado ser efectivas contra bacterios (Souza *et al.* 2000; Arenas *et al.* 2004), hongos (Zygodlo *et al.* 1994; Romagnoli *et al.* 2005), nematodos (Reynolds *et al.* 2000; Ball-Coelho *et al.* 2003), ácaros (Eguaras *et al.* 2005) e insectos como dípteros (Perich *et al.* 1994; Nivsarkar *et al.* 2001), piojos (Cestari *et al.* 2004), gorgojos de granos almacenados (Weaver *et al.* 1994, 1997), pulgones (Tomova *et al.* 2005), entre otros. Lo anterior se debe a que los extractos con principios activos como el *trans*-anetol, alilanol, β -cariofileno y tagetona, han demostrado ser tóxicos, repelentes e inhibidores de la reproducción y crecimiento (Saxena y Srivastava 1972; Weaver *et al.* 1997; Cestari *et al.* 2004; Tomova *et al.* 2005).

En lo referente a mosca blanca, Cubillo *et al.* (1999) reportaron actividad repelente, inhibitoria de la oviposición y tóxica de 55%, 60% y 49%, respectivamente, del extracto

¹ Autor para correspondencia. MC. Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo, Carr. México-Texcoco Km. 36.5 C.P. 56230, Montecillo, México. camarillo@colpos.mx.

² Profesor-Investigador-Dr. Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo, Km. 36.5 Carr. México-Texcoco. C.P. 56230, Montecillo, México. ladeorar@colpos.mx, crhernan@colpos.mx.

³ Profesor-Investigador-Dr. Universidad Autónoma Chapingo. Doctorado. Km 38.5 Carr. México-Texcoco C. P. 56230 Chapingo, México. serrato@correo.chapingo.mx.

etanólico de raíz del anisillo *Tagetes filifolia* Lag. a 100 ppm en adultos de *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) mientras que Serrato *et al.* (2003) estimaron una Concentración de Repelencia Media (CR₅₀) de 7,18 mg/mL del aceite esencial de la parte aérea de plantas en floración de *T. filifolia* (Lagasca) para adultos de *B. tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856) (Hemiptera: Aleyrodidae). Aunque el aceite de poblaciones de *T. filifolia* nativas de México contiene alta proporción de anetol, aún no se cuenta con información sobre la relación entre el aceite de diferentes partes de esta planta o la concentración de éste y los efectos biológicos que pueden producirse en *T. vaporariorum* (Serrato *et al.* 2008).

Tomando en cuenta el potencial del anisillo en el control de plagas y la limitada información sobre su actividad en mosca blanca, se planteó como objetivo evaluar la repelencia e inhibición de oviposición, la toxicidad a ninfas y adultos y el efecto en el crecimiento de ninfas de la mosca blanca de los invernaderos *T. vaporariorum* de diferentes extractos de *T. filifolia* en ambientes controlados.

Materiales y Métodos

La investigación se desarrolló en el laboratorio e invernadero del Área de Ecología y Manejo de Insectos Vectores del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México, de noviembre de 2006 a junio de 2007.

Cría de *T. vaporariorum*. La cría masiva de *T. vaporariorum* se estableció en plantas de frijol *Phaseolus vulgaris* (L., 1753) variedad Bayo Mex, en condiciones de invernadero (25±5°C y 12 h de fotoperiodo) para disponer de material biológico utilizado en la realización de los bioensayos.

Recolección de plantas y preparación de extractos. La recolección de plantas de *T. filifolia* (~100 kg) se realizó el 28 de septiembre de 2006 en Tlalám, Atlautla, Edo. de México. La determinación a especie de las plantas recolectadas la efectuó el Curador del Herbario del Colegio de Postgraduados, Ricardo Vega Muñoz, mediante comparación del material recolectado con especímenes etiquetados en el herbario y la descripción de la especie realizada por Calderón y Rzedowski (2001).

Una parte del material fresco (~70 kg) se separó por estructuras vegetales en flor, hoja y planta completa, se cortó en trozos ~2,5 cm y posteriormente se colocó en un destilador conformado por un matraz de bola de 20 L de capacidad con 6 L de agua destilada caliente durante ~3 h. El aceite y el turbio se almacenaron en frascos tapados, refrigerados a 4°C.

La otra parte del material (~30 kg) se separó por estructuras, flor, hoja, planta completa y raíz, y se dejó secar a la sombra y temperatura ambiente, posteriormente se cortó y pulverizó finamente. Se tomaron 200 g del polvo respectivo, se sumergieron en 1000 mL de agua destilada y se agitó hasta obtener una mezcla que se reposó por 24 h a temperatura ambiente para después filtrarla en papel Whatman # 40 y obtener los extractos acuosos al 20%.

Para evaluar el efecto de cada concentración y repetición se utilizaron 20 adultos de mosca blanca de tres a seis días de edad, sin sexar y en ayuno durante 2 h previas a la evaluación. Siempre se incluyó un testigo al que sólo se le aplicó agua destilada y otro testigo referencial de *trans*-anetol 99% (compuesto puro) (Sigma-Aldrich Química S. A. de C. V). A todos los tratamientos, se les añadió Tween 20 al 1% como

adherente, excepto testigos. A partir de una solución al 10% (100 mg/mL), por diluciones subsecuentes, se elaboraron concentraciones de 1 a 0.00001% (10 a 0.0001 mg/mL), de cada extracto y *trans*-anetol para detectar las concentraciones con efecto máximo y mínimo de mortalidad y repelencia de adultos en el intervalo de 0 a 100% (bioensayo preliminar). Posteriormente, en los tratamientos con ≥30% de repelencia o mortalidad, se realizó el bioensayo completo en el cual se intercalaron concentraciones entre aquellas que mostraron actividad.

Repelencia de adultos de mosca blanca. La repelencia se evaluó con el método del cilindro (olfatómetro) propuesto por Ortega y Schuster (2000). Consistió en sumergir un disco foliar de frijol de 15-20 días de edad en el extracto a evaluar y se dejó secar a temperatura ambiente; posteriormente el disco tratado con el envés expuesto, se colocó en la tapa del cilindro de acrílico y se introdujeron los adultos de mosca blanca. Los olfatómetros se dispusieron al azar en una mesa blanca con una lámpara de neón en la parte superior. La repelencia se midió por la diferencia entre insectos posados y no posados en cada disco tratado en las evaluaciones de las 4, 5, 6 y 24 h postratamiento y se expresó en porcentaje considerando 20 adultos como el 100% en cada repetición.

Mortalidad y oviposición de adultos. La mortalidad se evaluó con el método propuesto por Ortega *et al.* (1998). Para ello, se seleccionó un foliolo de frijol de 15-20 días de edad con la lámina extendida, se asperjó con el extracto hasta punto de escurrimiento y se dejó secar a temperatura ambiente. Posteriormente, en el foliolo tratado se sujetó una jaula entomológica pequeña circular tipo clip de 3 cm diámetro, de poliuretano. Por un orificio lateral de la jaula, mediante un aspirador, se introdujeron los adultos de mosca. Las plantas con las jaulas se dispusieron al azar en una mesa blanca en condiciones de invernadero. A las 24 h después de la aplicación se registró el número de adultos muertos y de huevos depositados en un área de 3 cm de diámetro; esto último, con ayuda de un microscopio estereoscópico. La mortalidad se midió por la diferencia entre insectos vivos y muertos en la jaula y se expresó en porcentaje, considerando 20 adultos como el 100% en cada repetición. La inhibición de la oviposición también se expresó en porcentaje, al considerar el número de huevos del testigo como 100%.

Inhibición de crecimiento, duración y viabilidad ninfal. Se evaluó el efecto de tres concentraciones, CL₃₀, CL₅₀ y CL₈₀, de los aceites floral, foliar, planta completa y *trans*-anetol, estimadas en el bioensayo de mortalidad, en ninfas de segundo instar. En un foliolo de frijol de 40 días de edad, se sujetó una jaula entomológica pequeña circular tipo clip y por un orificio lateral se introdujeron 50 adultos (proporción sexual 1:1) de mosca blanca de uno a seis días de edad y se mantuvieron confinados por 48 h para que ovipositaran. Posteriormente, jaulas y moscas se retiraron y las plantas infestadas con huevos se transfirieron a jaulas de dimensiones mayores. Luego, cuando las ninfas alcanzaron el segundo instar, de 18-20 días después de la introducción de los adultos, se seleccionaron 100 de ellas por cada foliolo y el resto se removió con un alfiler entomológico. Ninfas y folíolos se trataron con los aceites hasta punto de escurrimiento; después, las plantas se colocaron en jaulas aisladas, donde se revisaron diariamente, con un microscopio estereoscópico para registrar el número de

ninfas muertas y su instar. El experimento se detuvo cuando el 95% de ninfas alcanzaron el estado adulto en el testigo. Posteriormente se calculó el Índice de Crecimiento (IC) mediante la fórmula:

$$IC = \left[\sum_{i=1}^4 [n(i) \times i] + \sum_{i=1}^4 [n'(i) \times (i-1)] \right] / [N \times I]^1$$

Donde:

- $n(i)$ = Número de insectos vivos en el estado de desarrollo i ;
 i = Estado de desarrollo del insecto: 1-3 (II a IV instar) y 4 (adulto);
 N = Número de insectos evaluados;
 $n'(i)$ = Número de insectos muertos en el estado de desarrollo i ;
 I = Número total de estados de desarrollo.

La duración ninfal se obtuvo al multiplicar el porcentaje de adultos emergidos por el número de día en que emergieron en cada repetición; estos valores se sumaron y el total se dividió entre el porcentaje total de adultos emergidos. La viabilidad ninfal se estimó contabilizando el número de individuos que llegaron a adulto y se expresó en porcentaje de acuerdo al número inicial de ninfas tratadas.

Análisis estadístico. Los datos de porcentaje de mortalidad, repelencia, oviposición, índice de crecimiento y viabilidad ninfal se sometieron a un análisis de varianza usando SAS (1999) y a una prueba de comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). Además, con los datos de mortalidad, repelencia y oviposición, se realizaron análisis Probit para obtener las líneas de respuesta log dosis-probit de la correlación de efecto y concentración y los valores de las concentraciones letales, de repelencia y de inhibición de oviposición medias, que se expresaron en mg/mL.

Resultados y Discusión

Los adultos de *T. vaporariorum* mostraron susceptibilidad diferencial a los extractos de *T. filifolia*. En los bioensayos preliminares, los extractos acuosos y turbios no mostraron actividad repelente ni tóxica, en cambio, los aceites y el *trans*-anetol causaron repelencia de adultos mayor a 30% y mortalidad superior al 50% que indicó actividad biológica significativa (Datos no mostrados).

Repelencia de adultos. La repelencia causada por los aceites y el *trans*-anetol se manifestó en tres ciclos logarítmicos y varió en función de la concentración y el tiempo. Se registraron porcentajes de repelencia de 12,8 a 49,5%, en la concentración de 0,001 mg/mL, mientras que para 100 mg/mL, los valores fueron de 89,3% a 100% (Tabla 1). A una concentración de 100 mg/mL, la repelencia total del aceite de planta se registró a las 6 h, mientras que para los demás Productos fue a las 24 h.

Los valores de CR₅₀ oscilaron desde 0,004 hasta 0,94 mg/mL (Tabla 1). Cuatro horas después de la evaluación, el aceite floral mostró mayor actividad repelente a nivel de la CR₅₀ (0,13 mg/mL), continuando en orden decreciente, el foliar (0,23 mg/mL), de planta completa (0,24 mg/mL) y el *trans*-

anetol (0,45 mg/mL). La actividad de los aceites y el *trans*-anetol disminuyó notablemente de la cuarta a la sexta hora postaplicación; sin embargo, a las 24 h se registró en todos los tratamientos una recuperación de la actividad y en consecuencia una ligera reducción en los valores de las CR₅₀ (Tabla 1).

La pendiente de la línea de regresión (b en la ecuación de regresión $Y = a + b X$) indica el grado de homogeneidad o heterogeneidad de la respuesta de la población al tóxico; a mayor pendiente más homogeneidad (Lagunes-Tejeda y Villanueva-Jiménez 1994). La respuesta más homogénea la obtuvo el *trans*-anetol a la 6 h (0,65 mg/mL), mientras que la mayor heterogeneidad se registró para el aceite floral a las 24 h (0,35 mg/mL) (Tabla 1).

La marcada diferencia en la respuesta de los aceites respecto a los turbios y éstos sobre los extractos acuosos, hace suponer que ésta se debió a las características propias de los aceites; como la nula o poca solubilidad en agua y mayor adherencia y persistencia. El grado de viscosidad y densidad de los aceites los hace más pesados y por ello son retenidos por más tiempo sobre la hoja, de modo que las sustancias repelentes se liberan gradualmente retrasando o evitando, por más tiempo que los insectos arriben a la planta tratada (Davison *et al.* 1991).

El valor de CR₅₀ del aceite floral de 0,13 mg/mL es semejante al valor reportado por Schuster *et al.* (2009) para el repelente estándar Ultra-Fine Sunspray Oil®, pues anotan que requirieron aplicar concentraciones de 0,15 mg/mL (0,015%) para repeler al 50% de la población de adultos de *B. argentifolii* (Bellows y Perring, 1994). En cambio, Serrato *et al.* (2003) al evaluar la actividad repelente del aceite de las partes aéreas de *T. filifolia* en *T. vaporariorum* estimaron valores de CR₅₀ de 0,04 a 8,8 mg/mL a la primera y sexta hora, respectivamente y una disminución a las 24 h (3,5 mg/mL). Probablemente la diferencia en la actividad repelente se deba a la proporción de compuestos activos en los extractos (Marrotti *et al.* 2004).

El incremento en actividad repelente a las 24 h posterior al descenso, ya había sido registrado por Cubillo *et al.* (1999) al evaluar productos acuosos de *Azadirachta indica* (A. Juss.) en *B. tabaci*, y por Garmendía (2002) con extractos acuosos de *Allium sativum* (L., 1752) aplicados en *T. vaporariorum*. La actividad repelente y persistencia de los productos depende en gran medida del tamaño y forma de la molécula, así como su permanencia en los receptores sensoriales de las antenas de la mosca blanca por interacción molecular (Wright 1975). Pero, una vez que ocurre la saturación de los sensores, el insecto no responde aún cuando se incrementa la concentración y, según Van Lenteren y Noldus (1990) la saturación de los quimiorreceptores ocurre de forma inmediata o gradual. Con esto se explica que la disminución de la repelencia en la sexta hora se deba a la volatilidad de los compuestos secundarios y que la recuperación del efecto hacia las 24 h indica que los sensores de la mosca blanca pasaron por un estado de saturación temporal.

Mortalidad e inhibición de oviposición de adultos. La toxicidad se relacionó positivamente con la concentración; en general, se registró una respuesta contundente al aplicar tratamientos a partir de 40 mg/mL (Tabla 2), y una mortalidad total a 135 mg/mL con el aceite de floral y a 100 mg/mL con el *trans*-anetol. El *trans*-anetol mostró mayor toxicidad a nivel de la CL₅₀ (1,74 mg/mL), continuando en orden decre-

Tabla 1. Repelencia promedio (%) de adultos de mosca blanca, *T. vaporariorum*, a las 4, 5, 6 y 24 h postaplicación de aceites de *T. filifolia* y el *trans*-anetol.

Concen- tración (mg/mL)	Aceites															
	Floral				Foliar				Planta				<i>trans</i> -anetol			
	4 h	5 h	6 h	24 h	4 h	5 h	6 h	24 h	4 h	5 h	6 h	24 h	4 h	5 h	6 h	24 h
100	95,8 a	89,3 a	90,4 a	100 a	99,0 a	95,6 a	98,2 a	100 a	94,3 a	97,6 a	100 a	100 a	97,0 a	99,2 a	98,3 a	100 a
10	82,5 a	75,7 a	72,3 b	89,9 b	92,8 a	79,3 b	80,3 a	88,9 a	88,1 a	78,9 a	78,6 a	93,2 a	85,5 a	84,8 a	85,0 a	86,9 b
1	59,2 b	46,1 c	39,3 d	73,1 d	69,3 b	59,7 c	46,7 b	74,1 a	49,5 b	48,4 b	47,0 b	86,4 b	43,9 b	36,4 b	42,2 b	55,2 c
0,35	52,1 c	53,8 b	53,6 c	79,4 c	28,2 d	28,9 d	24,6 c	42,4 b	35,6 c	30,0 c	30,0 c	51,1 c	29,4 c	18,5 c	27,2 c	35,1 d
0,1	39,4 d	34,4 d	26,6 e	63,3 e	35,3 c	27,8 d	20,7 c	34,7 c	27,2 c	20,1 d	10,8 d	25,3 d	35,3 c	22,2 c	6,5 d	31,6 d
0,035	34,2 e	31,9 d	27,0 e	62,5 e	23,7 d	15,7 d	7,5 c	23,7 c	38,0 c	29,2 c	24,2 c	34,5 d	25,7 c	18,0 c	14,7 d	24,8 d
0,01	37,3 e	32,5 d	19,1 f	58,2 f	34,6 c	25,4 d	22,3 c	25,4 c	22,1 c	21,7 c	16,2 d	25,9 d	24,1 c	17,4 c	16,9 d	21,6 d
0,001	24,6 f	28,0 e	20,2 f	49,5 g	19,1 d	19,1 d	17,6 c	27,2 c	29,6 c	24,5 c	18,6 d	31,3 d	20,4 c	13,5 d	12,8 d	29,6 d
Testigo	11,6 g	7,5 f	5,8 g	11,9 h	10,0 e	11,9 d	7,7 c	16,1 d	11,0 d	7,9 d	5,1 d	11,3 e	10,3 d	8,6 d	6,8 d	12,6 e
$\mu \pm \sigma$	48,5 \pm 11,1	44,4 \pm 9,4	39,4 \pm 10,8	65,3 \pm 9,4	45,8 \pm 8,8	40,4 \pm 11,9	36,2 \pm 10,9	49,1 \pm 12,3	43,9 \pm 15,4	39,8 \pm 14,6	36,7 \pm 13,3	51,0 \pm 18,3	41,3 \pm 12,4	35,4 \pm 10,8	34,5 \pm 11,5	44,2 \pm 16,8
CR ₅₀	0,13 (0,08-0,21) ¹	0,27 (0,16-0,46)	0,62 (0,39-1,02)	0,004 (0,001-0,008)	0,23 (0,16-0,34)	0,51 (0,34-0,78)	0,85 (0,58-1,29)	0,14 (0,09-0,19)	0,24 (0,15-0,39)	0,54 (0,35-0,86)	0,75 (0,51-1,14)	0,11 (0,07-0,16)	0,45 (0,29-0,70)	0,91 (0,63-1,36)	0,94 (0,66-1,37)	0,24 (0,16-0,36)
b \pm s	0,44 \pm 0,03	0,37 \pm 0,03	0,44 \pm 0,03	0,35 \pm 0,03	0,54 \pm 0,03	0,52 \pm 0,03	0,57 \pm 0,03	0,57 \pm 0,04	0,43 \pm 0,03	0,47 \pm 0,03	0,56 \pm 0,03	0,55 \pm 0,04	0,49 \pm 0,03	0,60 \pm 0,04	0,65 \pm 0,04	0,49 \pm 0,03
X ²	<0,0001 ²	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Medias con la misma letra en una columna no difieren estadísticamente entre sí (p \leq 0,05). ¹Límites fiduciales, μ = Media, σ = Desviación estándar, b = Pendiente de la línea de regresión, s = Error estándar, ²Valor de la X².

ciente el aceite floral (6,59 mg/mL), de planta completa (9,99 mg/mL) y foliar (10,29 mg/mL). Los límites fiduciales correspondientes a la CL_{50} de los tres aceites se traslapan entre sí, pero no con los del *trans*-anetol ($X^2 = 0,8$) estos resultados muestran que hay una acción diferencial entre los productos. El bajo valor de la pendiente (0,57) y por ende, la respuesta más heterogénea se obtuvo con el *trans*-anetol. Las pendientes registradas para los aceites fueron mayores a 0,94, lo que indica una mayor uniformidad de la población para responder a la selección con cualquiera de los productos aplicados (Tabla 2). Como es evidente el *trans*-anetol tuvo una CL_{50} casi cuatro veces menor al aceite floral que es el segundo componente más tóxico, por lo que ejerce un fuerte efecto tóxico sobre los adultos de mosca blanca. Por tanto, se infiere que la toxicidad diferencial ocasionada por los productos evaluados se debió a la presencia de una diferente concentración de los principios activos. Algo similar encontraron Weaver *et al.* (1994) quienes sostienen que el aceite floral de *T. minuta* L. es más activo comparado con los aceites extraídos de otras partes de la planta, debido a que éste contiene mayor cantidad de terpenos de bajo peso molecular, que al ser aplicados se volatilizan rápidamente y provocan un efecto fumigante en el gorgojo pinto del frijol *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833). Eso se puede explicar por una diferencia en la composición y concentración de principios activos presentes en las diferentes estructuras vegetales y que algunas pueden ser sustancias no polares que difícilmente pueden ser extraídas en agua.

La oviposición de *T. vaporariorum* también se afectó adversamente con los aceites de *T. filifolia* y el *trans*-anetol. A la concentración de 135 mg/mL, se presentó una inhibición total con los aceites floral, foliar y a 100 mg/mL con el *trans*-anetol; sin embargo, con este último, a concentraciones de

3,5 a 0,01 mg/mL estimularon la oviposición, probablemente en respuesta al estrés ocasionado en la hembra por concentraciones subletales, tratando ésta de privilegiar la supervivencia a través de una mayor tasa de oviposición, dando lugar al fenómeno de hormoligosis, observado también con aceite floral a 0,1 mg/mL; donde el incremento de oviposición de *T. vaporariorum* fue de 3,7% (Tabla 3).

La aplicación de *trans*-anetol inhibió la puesta de huevos y se requirió una CIO_{50} de 1,55 mg/mL. En orden decreciente de inhibición, continuaron los aceites de planta (3,56 mg/mL), foliar (3,88 mg/mL) y floral (8,43 mg/mL). La respuesta más heterogénea se obtuvo con el aceite de planta completa (0,94 mg/mL), mientras que la mayor homogeneidad se registró para el aceite floral (1,81 mg/mL) (Tabla 3).

La alta eficiencia de los aceites y el *trans*-anetol para inhibir la oviposición, coincide con lo reportado por otros autores, que observaron que los extractos con disolvente no polares son más eficientes que aquellos extractos solubles en agua (Ascher *et al.* 1984; Saito *et al.* 1989; Roel *et al.* 2000). Sin embargo, los resultados de este estudio se contraponen a lo reportado por Souza y Vendramim (2004) quienes sostienen que los extractos acuosos de ramas de *Trichilia pallida* y semillas de nim fueron más efectivos que los extractos hexánicos y clorofórmicos para controlar ninfas de *B. tabaci*. Con base en esta información, varios autores prefieren obtener extractos botánicos con solventes de polaridad intermedia (Gómez *et al.* 1997; Cubillo *et al.* 1999). Aunque, se debe considerar que la mayor actividad biológica se relaciona con la estructura química del compuesto activo como anotan Tomova *et al.* (2005), quienes al evaluar la actividad del aceite esencial, el residuo de la destilación, fracciones y compuestos puros del aceite de *T. minuta* contra pulgones encontraron que el compuesto puro β -cariofileno fue más activo que el aceite en disminuir la reproducción.

Tabla 2. Mortalidad promedio (%) de adultos de mosca blanca *T. vaporariorum* a las 24 h postaplicación de aceites de *T. filifolia* y el *trans*-anetol.

Concentración (mg/mL)	Aceites				<i>trans</i> -anetol
	Floral	Foliar	Planta		
135	100 a	98,3 a	99,2 a	---	---
100	97,7 a	87,7 a	95,7 a	100 a	100 a
60	94,7 a	78,1 a	79,9 b	87,5 b	87,5 b
40	84,3 a	77,1 a	69,1 c	85,8 b	85,8 b
10	15,4 b	19,8 b	19,9 d	59,4 c	59,4 c
3,5	9,4 b	19,8 b	16,7 d	30,5 d	30,5 d
1	16,5 b	12,7 b	14,4 d	26,4 e	26,4 e
0,1	25,1 b	15,9 b	14,4 d	25,4 e	25,4 e
0,01	---	---	---	25,4 e	25,4 e
Testigo	11,7 b	5,9 b	6,7 d	7,3 e	7,3 e
$\mu \pm \sigma$	50,5 \pm 10,9	46,4 \pm 14,3	46,2 \pm 15,3	49,8 \pm 22,7	49,8 \pm 22,7
CL_{50}	6,59	10,29	9,99	1,74	1,74
mg/mL	(5,10-8,44) ²	(8,17-12,91)	(7,99-12,45)	(1,19-2,48)	(1,19-2,48)
b \pm s	0,96 \pm 0,05	0,94 \pm 0,05	0,99 \pm 0,05	0,57 \pm 0,03	0,57 \pm 0,03
X^2	< 0,0001 ²	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

Medias con la misma letra en una columna no difieren estadísticamente entre sí ($P \leq 0,05$). ---Concentración no evaluada, ¹Límites fiduciales, μ = Media, σ = Desviación estándar, b = Pendiente de la línea de regresión, s = Error estándar, ²Valor de la X^2 .

Tabla 3. Inhibición promedio (%) de oviposición de adultos de mosca blanca *T. vaporariorum* a las 24 h postaplicación de aceites de *T. filifolia* y *trans*-anetol.

Concentración (mg/mL)	Aceites				<i>trans</i> -anetol
	Floral	Foliar	Planta		
135	100	100	99,4	---	---
100	98,2	97,2	96,0	100	100
60	97,2	96,2	94,7	97,2	97,2
40	95,3	92,5	97,7 ¹	96,3	96,3
10	30,2	56,6	47,4	84,4	84,4
3,5	26,4	25,5	35,6	-11,9 ¹	-11,9 ¹
1,0	11,3	20,5	24,6	-3,6 ¹	-3,6 ¹
0,1	-3,7 ¹	13,2	43,9	-7,3 ¹	-7,3 ¹
0,01	---	---	---	-11,9 ¹	-11,9 ¹
Testigo	0	0	0	0	0
CIO_{50}	8,43	3,88	3,56	1,55	1,55
mg/mL	(4,36-16,26) ²	(0,97-15,40)	(0,92-13,77)	(0,16-3,78)	(0,16-3,78)
b \pm s	1,81 \pm 0,31	1,31 \pm 0,27	0,94 \pm 0,22	1,24 \pm 0,28	1,24 \pm 0,28
X^2	< 0,0001 ³	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

---Concentración no evaluada, ¹Datos no considerados en el análisis Probit, ²Límites fiduciales, b = Pendiente de la línea de regresión, s = Error estándar, ³Valor de la X^2 .

La reducción en la oviposición en algunos insectos, se debe a que los plaguicidas y los extractos alteran la actividad de los quimiosensores o la integración de la información durante el proceso de búsqueda y aceptación del hospedero (Umoru *et al.* 1996). Por el contrario, la mayor oviposición de moscas expuestas a concentraciones de 3,5 a 0,01 mg/mL de *trans*-anetol y 0,1 de aceite floral, se asocia con la mayor preferencia de *T. vaporariorum* por plantas con alto contenido de azúcares y aminoácidos y bajo pH, como lo comprobó Abdullah *et al.* (2006) en *B. tabaci* al tratar plantas de algodón con diferentes dosis de fenvalerato y acefato.

Inhibición de crecimiento, duración y viabilidad ninfal. Los aceites floral, foliar, de planta completa y el *trans*-anetol a concentraciones de 50, 80,3; 70,4 y 52 mg/mL, respectivamente que son la CL₈₀ resultantes del bioensayo completo de mortalidad, afectaron adversamente el crecimiento de la población de *T. vaporariorum* al exponer sus ninfas de segundo instar a dichos tratamientos. Conforme se redujo la concentración, la mortalidad de ninfas decreció y se incrementó la aparición de sobrevivientes que inclusive alcanzaron el estado adulto (Tabla 4).

El crecimiento de la población señalado por el índice de crecimiento, se nulificó cuando las ninfas se trataron con las CL₈₀s de los adultos, debido a la mortalidad total de ninfas ocurrida un día después de la aplicación; respuesta que fue diferente ($P < 0.05$) de lo observado en el testigo y el resto de los tratamientos. Las ninfas expuestas a las CL₅₀ de los aceites foliar, floral, planta y al *trans*-anetol evidenciaron fuerte reducción en su crecimiento mientras que las ninfas tratadas con concentraciones inferiores o iguales a la CL₃₀ lograron continuar su desarrollo y los sobrevivientes fueron capaces de completar su desarrollo, aunque con diferencia significativa ($P < 0.0001$) con respecto al testigo (Tabla 4).

El índice de crecimiento aumentó a medida en que disminuyó la concentración del compuesto y se redujo la mortalidad. En la introducción se menciona que el índice de crecimiento tiende a disminuir al aumentar el número de inmaduros muertos en los primeros instares y alcanza valores de cero cuando toda la población muere en el primer estado de observación (Rodríguez 1995). Se ha reportado que la aplicación del extracto de semillas de nim a 0,2 y 2% en ninfas de primer instar de *B. tabaci* registró una elevada mortalidad del 33 y 100%, respectivamente, resultados semejantes a los re-

Tabla 4. Mortalidad promedio (%), índice de crecimiento, duración (d) y viabilidad ninfal (%) de *T. vaporariorum* tratados con aceites de *T. flifolia* y *trans*-anetol.

Tratamiento	Concentración mg/mL	Mortalidad	Índice de crecimiento	Duración ninfal	Viabilidad ninfal
Floral					
CL80	50	100 ¹	0 d ²	0 ³	0 d
CL50	7	60,3	0,1 c	21,1 a	10,6 c
CL30	2	36,1	0,3 b	31,8 a	23,8 b
Testigo	0	3,4	0,9 a	32,5 a	85,4 a
$\mu \pm \sigma$			0,32 \pm 0,08	21,4 \pm 8,6	29,6 \pm 8,3
Foliar					
CL80	80.3	100	0c	0	0 c
CL50	10.3	55,4	0,1 c	15,5 b	5,4 c
CL30	3	40,7	0,2 b	33,1 a	22,2 b
Testigo	0	3,2	0,9 a	31,8 a	86,4 a
$\mu \pm \sigma$			0,30 \pm 0,08	20,1 \pm 8,5	28,4 \pm 7,6
Planta					
CL80	70.4	100	0c	0	0.c
CL50	10	39,7	0,2 b	21,8 a	17,4 b
CL30	3	44,2	0,2 b	30,3 a	17,4 b
Testigo	0	3,7	0,9 a	32,7 a	84,4 a
$\mu \pm \sigma$			0,31 \pm 0,08	21,2 \pm 8,1	29,8 \pm 8,4
<i>trans</i>-anetol					
CL80	52	100	0 d	0	0c
CL50	2	29,5	0,2 c	30,5 a	15,8 c
CL30	0.2	28,2	0,4 b	30,2 a	39,5 b
Testigo	0	2,2	0,9 a	31,3 a	89,6 a
$\mu \pm \sigma$			0,39 \pm 0,09	22,9 \pm 2,0	36,1 \pm 10,5

Medias con la misma letra en una columna no difieren estadísticamente entre sí ($p \leq 0.05$), μ = Media, σ = Desviación estándar, ¹ Porcentaje de mortalidad registrada el primer día postratamiento, ² Evaluación realizada cuando los testigos alcanzaron 95% de emergencia de adultos, ³ No se consideraron las CL₈₀ en el análisis estadístico.

gistrados para las ninfas de segundo y tercer instar (Coudriet *et al.* 1985).

La aplicación de aceites y *trans*-anetol no afectó de manera contundente la duración ninfal o tiempo requerido para que las ninfas alcanzaran el estado adulto, debido a que el tiempo promedio de desarrollo de ninfa II a IV fue de 21 a 33 días, tiempo similar al testigo ($P < 0.0001$). La duración ninfal sólo se afectó con la aplicación de la CL_{50} de aceite foliar (10,3 mg/mL) donde se registró un adelanto de 51,2% en la duración en el desarrollo ninfal; es decir, 16,3 días menos en comparación con el testigo (Tabla 4).

La elevada mortalidad un día después de la aplicación afectó la viabilidad ninfal o porcentaje de ninfas que alcanzaron el estado adulto ($P < 0.0001$). A medida que se redujo la concentración, la emergencia de adultos se incrementó de 5 a 39%; sin embargo, en ningún caso se alcanzó la emergencia obtenida en los testigos (85,4 a 89,6%) ($P < 0.0001$). De los productos evaluados a nivel de CL_{50} , el aceite foliar fue el más efectivo al inhibir la emergencia de adultos, seguido por el floral, el *trans*-anetol y el de planta; diferentes entre sí y respecto al testigo ($P < 0.0001$).

En este trabajo, a nivel de la CL_{80} , los aceites esenciales de *T. filifolia* y *trans*-anetol no afectaron directamente la duración y viabilidad ninfal, debido al efecto rápido de mortalidad de los tratamientos sobre las ninfas, resultados que se contraponen a lo reportado por Coudriet *et al.* (1985) y Schmutterer (1990) quienes sostienen que la aplicación de productos vegetales a dosis altas a menudo prolonga el tiempo de desarrollo de los insectos, por la intervención de las moléculas vegetales sobre el sistema hormonal, especialmente sobre los ecdiesteroides. Este hecho fue confirmado por Saxena y Srivastava (1972) al evaluar el efecto del aceite de *T. minuta*, sobre *Dysdercus koenigii* (F.) puesto que el ciclo biológico de la chinche se alargó en el intervalo del quinto al sexto instar y hubo mayor mortalidad conforme las concentraciones se elevaban. Se sugirió que la tagetona, compuesto presente en el aceite, actuó como hormona juvenil y causó este alargamiento. Resultados similares obtuvieron Natarajan y Sundaramurthy (1990) quienes registraron altas tasas de mortalidad de ninfas de *B. tabaci* con el aceite de nim a dosis de 0,5 y 1,0%, en algodón; además, infieren que el aceite de nim suprime el crecimiento y desarrollo de las ninfas ya que apenas el 14% de ellas alcanzaron el estado adulto. Aun cuando en este trabajo no se observó ningún efecto directo en la duración del ciclo biológico de *T. vaporariorum*, los efectos de los aceites y la alta cantidad de *trans*-anetol que se encuentra en la composición de éstos constituyen importantes indicios para su estudio detallado sobre los mecanismos fisiológicos que desencadenan en este insecto.

Conclusiones

Los extractos acuosos y turbios de las diferentes estructuras de *T. filifolia* no causaron efecto insecticida ni repelente significativo. En cambio, los aceites y el *trans*-anetol mostraron un efecto repelente, tóxico e inhibitorio de la oviposición en adultos y de crecimiento en ninfas de *T. vaporariorum*. Como repelente sobresalió el aceite de flor, aunque su actividad y persistencia se relaciona positivamente con la concentración. El *trans*-anetol fue más tóxico y efectivo para inhibir la oviposición, pero se requieren concentraciones mínimas de 40 mg/mL para lograr una acción efectiva y en contraste, a concentraciones menores a 3,5 mg/mL estimulan la oviposición

(hormoligosis). El aceite foliar fue el más contundente para inhibir el crecimiento ninfal y disminuir su viabilidad. Ninguno de los extractos afectó la duración del ciclo biológico de las moscas. Los extractos de *T. filifolia* representan una alternativa para el manejo de moscas blancas, pero su efectividad depende en gran medida de la concentración, estructuras, formulación y oportunidad de las aplicaciones en campo.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-México por el apoyo económico para el desarrollo de la presente investigación y al MC. Josafath Salinas, por la asesoría estadística durante el procesamiento de los datos.

Literatura citada

- ABDULLAH, N.; SINGH, M. M. J.; SOHAL, B. S. 2006. Behavioral hormoligosis in oviposition preference of *Bemisia tabaci* on cotton. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 84 (1): 10-16.
- ARENAS, A.; LÓPEZ, D.; ÁLVAREZ, 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.
- ASCHER, K. R.; ELIYAHY, M.; NEMNY, N. E.; MEISNER, J. 1984. Neem seed kernel extract as an inhibitor of growth and fecundity in *Spodoptera littoralis*, p. 331-344. En: Schmutterer, H.; Ascher K. R. S. (Eds.). *Natural pesticides from the neem tree (Azadirachta indica A. Juss) and other tropical plants*. Proceedings of the Neem Conference, 2. 1983. Ruischholzhausen. Eschborn: GTZ Press.
- 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: 282-292.
- CALDERÓN, G.; RZEDOWSKI, J. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed. Instituto de Ecología, A. C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán). 1406 p.
- CESTARI, I. M.; SARTI, S. J.; WAIB, C. M.; CASTELLO, A. 2004. Evaluation of the potential insecticide activity of *Tagetes minuta* (Asteraceae) essential oil against the head lice *Pediculus humanus capitis* (Phthiraptera: Pediculidae). *Scientific Note, Neotropical Entomology* 33 (6): 805-807.
- CHOI, W. I.; LEE, E. H.; CHOI, B. R.; PARK, H. M.; AHN, Y. J. 2003. Toxicity of plant essential oils to *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology* 96 (5): 1479-1484.
- COUDRIET, D. L.; PRABHAKER, N.; MEYERDIRK, D. E. 1985. Sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae): Effects of Neem-seed extract on oviposition and immature stages. *Environmental Entomology* 14: 776-779.
- CUBILLO, D.; SANABRIA, G.; HILJE, L. 1999. Evaluación de repelencia y mortalidad causada por insecticidas comerciales y extractos vegetales sobre *Bemisia tabaci*. *Manejo Integrado de Plagas* 53: 65-72.
- DAVISON, N.; DIBBLE, J.; FLINT, M.; MARER, P.; GUYE, A. 1991. *Managing insects and mites with sprays oils*. University of California. USA. 47 p.
- EGUARAS, M. J.; FUSELLI, S.; GENDE, L.; FRITZ, R.; RUFFINENGO, S. R.; CLEMENTE, G.; GONZÁLEZ, A.; BAILAC, P. N.; PONZI, 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: 336-340.

- GARMENDIA, A. J. 2002. Repelencia de productos a base de ajo sobre la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* West. (Homoptera: Aleyrodidae) en condiciones de invernadero. Tesis de Maestría en Ciencias. IFIT. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 74 p.
- GÓMEZ, P.; CUBILLO, D.; MORA, A.; HILJE, L. 1997. Evaluación de posibles repelentes de *Bemisia tabaci*: II. Extractos vegetales. Manejo Integrado de Plagas 46: 17-25.
- LAGUNES-TEJEDA, A.; VILLANUEVA-JIMÉNEZ, J. A. 1994. Toxicología y Manejo de Insecticidas. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. 35 Aniversario. 1a Ed. México. 264 p.
- MAROTTI, M.; PICCAGLIA, R.; BIAVATI, B.; MAROTTI, I. 2004. Characterization and yield evaluation of essential oils from different *Tagetes* species. Journal of Essential Oil Research 16: 440-444.
- NATARAJAN, K.; SUNDARAMURTHY, V. T. 1990. Effect of neem oil on cotton whitefly (*Bemisia tabaci*). Indian Journal of Agricultural Sciences 60 (4): 290-291.
- NIVSARKAR, M.; CHERUAN, B.; PADH, H. 2001. Alpha-terthienyl: A plant-derived new generation insecticide. Current Science 81 (6): 667-672.
- ORTEGA, A., L. D.; SCHUSTER, D. J. 2000. Repellency to silver-leaf whitefly adults. Gulf Coast Research & Education Center. University of Florida. Bradenton, FL. 2 p.
- ORTEGA, L. D.; LAGUNES, A.; RODRÍGUEZ, J. C.; RODRÍGUEZ, C.; ALATORRE, R.; BARCENAS, N. M. 1998. Susceptibilidad a insecticidas en adultos de mosquita blanca *Trialeurodes vaporariorum* (West.) (Homoptera: Aleyrodidae) de Tepoztlán, Morelos, México. Agrociencia 32 (3): 249-254.
- PERICH, M. J.; WELLS, C.; BERTSCH, W.; TREDWAY, K. E. 1994. Toxicity of extracts from three *Tagetes* against adults and larvae of yellow fever mosquito and *Anopheles stephensi* (Diptera: Culicidae). Journal of Medical Entomology 31 (6): 833-837.
- PRABHAKER, N.; COUDRIET, L. D.; MEYERDIRK, D. F. 1985. Insecticides resistance in the sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Journal of Economic Entomology 78: 748-752.
- 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: 957-966.
- RODRÍGUEZ, H. C. 1995. Efeito de extratos acuosos de Meliaceae no desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). Tesis Doctor en Ciencias. Universidade São Paulo, Brasil. 100 p.
- RODRÍGUEZ, H. C. 2000. Plantas contra Plagas: Potencial práctico del ajo, anona, nim, chile y tabaco. RAPAM, CP. Montecillo, Texcoco, México. 133 p.
- ROEL, A. R.; VENDRAMIM, J. D.; FRIGHETTO, R. T. S.; FRIGHETTO, N. 2000. Actividade toxica de extratos organicos de *Trichilia pallida* (Swartz) (Meliaceae) sobre *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). Anais da Sociedade Entomológica do Brasil 29: 799-808.
- ROMAGNOLI, C.; BRUNI, R.; ANDREOTTI, E.; RAI, M. K.; VIVENTIN, 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.
- SAITO, M. L.; OLIVEIRA, F.; FELL, D.; TAKEMATSU, A. P.; JOCYS, T.; OLIVEIRA, L. J. 1989. Verificação da actividade insecticida de alguns vegetais brasileiros. Arquivos do Instituto Biológico São Paulo 56 (1/2): 53-59.
- SAS INSTITUTE. 1999. The SAS System for Windows v.8. SAS Institute. Cary, N.C.
- SAXENA, B.; SRIVASTAVA, J. B. 1972. *Tagetes minuta* L. oil- A new source of juvenile hormone mimicking substance. Indian Journal of Experimental Biology 11: 56-58.
- SCHMUTTERER, H. 1990. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. Annual Review of Entomology 35: 271-719.
- SCHUSTER, D. J.; THOMPSON, S.; ORTEGA, L.; POLSTON, J. E. 2009. Laboratory evaluation of products to reduce settling of sweetpotato whitefly adults. Journal of Economic Entomology 102 (4): 1482-1489.
- SERRATO, M. A.; QUIJANO, M. L. 1993. Usos de algunas especies de *Tagetes*: Revisión bibliográfica (1984-1992). p. 228-238. En: Memorias I Simposio Internacional y II Reunión Nacional sobre Agricultura Sostenible: Importancia y Contribución de la Agricultura Tradicional. Comisión de Estudios Ambientales y Centro de Enseñanza, Investigación y Capacitación para el Desarrollo Agrícola Regional (CEICADAR, Puebla), del Colegio de Postgraduados. México.
- SERRATO, M. A.; REYES, B.; ORTEGA, L.; DOMINGO, A.; GÓMEZ, N.; LÓPEZ, F.; SÁNCHEZ, M. A.; CARVAJAL, L.; JIMÉNEZ, O.; MORGADO, A.; PÉREZ, E.; QUIROZ, J.; VALLEJO, C. I. 2003. Anisillo (*Tagetes filifolia* Lag.): Recurso genético mexicano para controlar la mosquita blanca (*Bemisia* sp. y *Trialeurodes* sp.). Revista del Jardín Botánico Nacional 24 (1-2): 65-70.
- SERRATO, M. A.; DÍAZ, F.; BARAJAS, J. S. 2008. Composición del aceite esencial en germoplasma de *Tagetes filifolia* Lag. de la Región centro-sur de México. Agrociencia 42: 277-285.
- SOUZA, A. P.; VENDRAMIM, J. D. 2004. Bioactividade de extratos organicos e aquosos de meliáceas sobre *Bemisia tabaci* (Genn.) biotipo B em tomateiro. Arquivos do Instituto Biológico São Paulo 71 (4): 493-497.
- 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.
- 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.
- UMORU, P. A.; POWELL, W.; CLARK, S. J. 1996. Effect of pirimicarb on the foraging behavior of *Diaretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae) on host-free and infested oilseed rape plants. Bulletin of Entomological Research 86: 193-201.
- VAN LENTEREN, V. J. C.; NOLDUS, L. P. J. 1990. Whitefly-plant relationships: behavioral and ecological aspects, pp. 47-80. En: Gerling D. (Ed.). Whiteflies; their bionomics, pest status and management. Intercept. Great Britain.
- 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.
- WEAVER, D. 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.
- WRIGTH, R. H. 1975. How mosquito repellents repell. Scientific American 233 (1): 104-111.
- ZYGADLO, J. A.; GUZMÁN, 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.