

## Efectos de los aceites esenciales de *Eucalyptus globulus* y de *Mentha x piperita* sobre áfidos de alfalfa



### *Effects of Eucalyptus globulus and Mentha x piperita essentials oils on aphids of alfalfa*

Bizet Turovsky, Jorge Alejandro José; Descamps, Lilián Renee; Sánchez Chopa, Carolina

Jorge Alejandro José Bizet Turovsky

jorge.bizet@uns.edu.ar

Universidad Nacional del Sur (UNS), Argentina

Lilián Renee Descamps

Universidad Nacional del Sur (UNS), Argentina

Carolina Sánchez Chopa

Universidad Nacional del Sur (UNS), Argentina

Revista FAVE Sección Ciencias Agrarias

Universidad Nacional del Litoral, Argentina

ISSN: 2346-9129

ISSN-e: 2346-9129

Periodicidad: Semestral

vol. 21, núm. 2, 12002, 2022

revistafave@fca.unl.edu.ar

Recepción: 29 Septiembre 2020

Aprobación: 12 Agosto 2022

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/586/5863684003/>

DOI: <https://doi.org/10.14409/fa.v21i2.12002>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-  
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

**Resumen:** A pesar de los beneficios a corto plazo que se obtienen al utilizar insecticidas sintéticos convencionales para el control de plagas agrícolas, su uso continuo puede generar varios problemas a largo plazo. Esta situación lleva a una búsqueda permanente de métodos alternativos de control. En el presente trabajo se analizó la actividad insecticida y el efecto sobre la reproducción de los aceites esenciales de *Eucalyptus globulus* y de *Mentha piperita* en áfidos plaga de alfalfa. La actividad insecticida de los aceites esenciales se evaluó a través de ensayos de inmersión propuestos por la FAO y por exposición a hojas tratadas. Ambos aceites esenciales producen toxicidad por inmersión y por contacto. El efecto subletal de los aceites esenciales fue evaluado utilizando el método de inmersión de hoja. Ambos aceites disminuyeron la progenie en las especies de áfidos evaluadas.

**Palabras clave:** toxicidad, productos naturales, áfidos.

**Abstract:** *Although the use of synthetic insecticides is really advantageous for the control of agricultural pests at short periods, their continuous use can generate several longterm problems. This situation leads to a permanent search for alternative methods of control. In this paper were assessed the insecticidal activity and the effect on the reproduction of essential oils of Eucalyptus globulus and Mentha piperita on aphids pest of alfalfa. The insecticidal activity of both essential oils was evaluated through two methods: toxicity by immersion using the FAO dip test protocol and exposition to a treated leaf. Both essential oils produced toxicity by immersion and by contact. The sublethal effect of essential oils on reproduction was evaluated using the leaf-dipping method. Both essential oils decreased progeny production of aphids species evaluated.*

**Keywords:** toxicity, natural products, aphids.

## INTRODUCCIÓN

La agricultura del siglo XXI se enfrenta a múltiples retos, tiene que producir más alimentos y fibras a fin de satisfacer a una población creciente que incrementará en más de un tercio para el año 2050 (Andrade, 2016).

La nueva demanda de productos agrícolas ejercerá, por lo tanto, una presión creciente sobre los ya escasos recursos (FAO, 2017). La agricultura se verá forzada a competir por las tierras y el agua, pero además tendrá otros importantes frentes: deberá adaptarse al cambio climático, contribuir a la mitigación del mismo, ayudar a preservar los hábitats naturales y a conservar la biodiversidad (Andrade, 2016). En este contexto, es fundamental un cambio que garantice la permanencia de los recursos naturales y satisfaga las necesidades básicas de la población.

Una de las maneras de mitigar los desequilibrios producidos en el medio ambiente agrícola es mantener la cobertura vegetal (Andrade, 2017), lo que podría incluir la rotación de cultivos con presencia de leguminosas (Yuan y col., 2016; Yu y col., 2020).

La alfalfa es un cultivo perenne, con una vida útil de tres a cinco años. Esta condición genera un hábitat favorable para un gran número de artrópodos, entre los cuales se encuentran especies herbívoras, saprófagas, fungívoras, controladores biológicos y polinizadores, entre otros (Pons y Núñez, 2020). En Argentina, Villaverde y col., 2009 registraron en este cultivo 139 especies de insectos, pertenecientes mayoritariamente al Orden Hemiptera, Suborden Sternorrhyncha y a los Ordenes Coleoptera, Lepidoptera y Orthoptera. En la Región del Sudoeste bonaerense las especies de áfidos más frecuentes son el pulgón verde de la alfalfa, *Acyrtosiphon pisum* (Harris 1776), el pulgón negro de las leguminosas, *Aphis craccivora* (Koch 1854), y el pulgón manchado de la alfalfa, *Therioaphis trifolii* (Monell 1882) (Bizet Turovsky y col., 2017). Los insecticidas sintéticos han sido considerados un componente esencial para el control de estos áfidos (Nikolova y Georgieva, 2020). A pesar de los beneficios inmediatos en el control, a largo plazo han surgido problemas como resultado de su uso desmedido (Simon y Peccoud, 2018). En primer lugar, han contaminado el medio ambiente debido a que son sustancias de difícil degradación y, algunas, bioacumulables (Boudh y Singh, 2019). En segundo lugar, su falta de selectividad ha ocasionado la eliminación de la entomofauna benéfica y la aparición de plagas secundarias (Khan y Alhewairini, 2019). En tercer lugar, su toxicidad hacia los mamíferos ha generado un peligro potencial para la salud humana (Boudh y Singh, 2019). En cuarto lugar, su uso indiscriminado ha generado el desarrollo de fenómenos de resistencia en los insectos plagas, transformándose así en una de las principales barreras que reducen la eficiencia en el control de los insecticidas (Bass y col., 2014). Este fenómeno ha proliferado exponencialmente, para constituir hoy día una consideración indispensable en todos los programas de control de plagas (Simon y Peccoud, 2018). Las desventajas citadas anteriormente nos llevan a evaluar otros métodos alternativos de control como son los aceites esenciales (AE) (Mossa, 2016). Estos productos presentan alta selectividad, baja persistencia ambiental, baja toxicidad en mamíferos y una rápida acción (Toledo y col., 2020). Además, tienen especial interés debido a que podrían retrasar la aparición de resistencia, ya que están constituidos por una mezcla de varios compuestos con distintos modos de acción (Pavela y Benelli, 2016). Los AE de *Eucalyptus globulus* Labill. y de *Mentha x piperita* L. han demostrado tener un efectivo control sobre una amplia gama de insectos plaga (Kumar y col., 2011; Dhakad y col., 2018).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la actividad insecticida y las alteraciones en la fecundidad producida por los AE de *E. globulus* y de *M. piperita* en adultos de tres especies de áfidos plaga del cultivo de alfalfa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Insectos:** Se utilizaron adultos ápteros de *A. pisum*, *A. craccivora* y *T. trifolii* provenientes de colonias criadas en el laboratorio de Zoología Agrícola, Dpto. de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur. Para cada especie, la población fue establecida a partir de hembras ápteras virgíparas recolectadas de una parcela experimental de *M. sativa* ubicada en el predio del Campus de la Universidad Nacional del Sur (38°41'48,70" S, 62°14'58,38" O). Los insectos fueron criados sobre plantas de *M. sativa* cv. Monarca en condiciones controladas de temperatura y humedad relativa (24±1°C y 65±10 % HR) con un fotoperiodo 12:12 (L:O).

*Material vegetal:* Las semillas del cv. Monarca fueron provistas por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA – Red de Evaluación de Alfalfa) y sembradas individualmente en macetas de 10 cm de diámetro con un suelo Haplustol éntico.

*Aceites esenciales:* Los AE comerciales de *E. globulus* y de *M. piperita* fueron producidos por Swiss-Just Lomas del Mirador, Argentina; manufacturados bajo la supervisión y el control de Ulrich-Jüstrich AG Walzenhausen, Suiza. Las soluciones de los AE fueron preparadas disolviendo los mismos en agua destilada conteniendo una solución de Tween 20% (v v<sup>-1</sup>).

Por otra parte, estos AE fueron analizados por Cromatografía Gaseosa y Espectrometría de Masas (CG-EM HP5972A) en una columna (HP5-MS 30 m x 0,25 mm x 0,25 µm) con un programa de temperaturas de 50°C durante 3 minutos, una rampa de 5°C/min y temperatura final de 200°C durante 5 minutos. Los compuestos determinados para los AE y sus porcentajes relativos se muestran en la Tabla 1.

TABLA 1 / TABLE 1  
Composición de los aceites esenciales de *E. globulus* y *M. x piperita*. / *Composition of E. globulus and M. x piperita essentials oils.*

Compuestos	<i>E. globulus</i>	<i>M. x piperita</i>
1,8-cineol	92,76%	3,93%
4-careno	1,67%	-
Cariofileno	-	1,13%
Isomentona	-	21,65%
Limoneno	-	4,58%
Menth-1-ona	-	0,70%
Mentol	-	46,82%
o-cimeno	3,83%	-
Piperitona	-	0,77%
p-menthan-3-ona	-	12,13%
p-Mentona	-	5,38%
Pulegona	-	1,06%
α-pineno	1,72%	0,81%
β-terpineno	-	0,98%

*Toxicidad por inmersión:* Se evaluó según el método propuesto por la FAO (FAO, 1970). 10 áfidos adultos se dispusieron en el interior de un cilindro de vidrio (20 mm de diámetro por 30 mm de altura) cuyo fondo estaba cubierto con una gasa asegurada con una banda elástica. Este cilindro se sumergió durante 10 s en una cubeta que contenía 2 ml de las soluciones de los AE. Como control los áfidos se sumergieron en una solución de 0,2 ml de Tween 20% en agua destilada. Los áfidos se colocaron sobre las hojas. Se realizaron tres réplicas por concentración y por AE. Se registró la mortalidad luego de 1, 6 y 24 horas.

*Toxicidad por contacto:* Para evaluar la toxicidad por contacto se usaron plantas infestadas con 10 áfidos adultos. Utilizando un micropulverizador manual se aplicaron 0,2 ml de las soluciones de los AE. Como control se pulverizó con una solución de 0,2 ml de Tween 20% en agua destilada. Para evitar el parasitismo o el escape las plantas fueron confinadas en tubos de vidrios cubiertos con malla antiáfidos en su extremo. Se realizaron tres réplicas por concentración y por AE y cada experimento se repitió tres veces en forma independiente. Se registró la mortalidad a las 24 y 48 horas.

*Efecto de los AE sobre la reproducción:* Para este ensayo, 10 plantas fueron infestadas con una hembra adulta áptera de 24 horas de edad. Utilizando un micropulverizador manual se aplicaron 0,2 ml de una

concentración igual a la CL<sub>25</sub> del AE obtenida en el ensayo de toxicidad por contacto. Se realizaron tres réplicas por AE. Para el control se utilizaron 0,2 ml de Tween 20% en agua destilada. Las plantas se cubrieron utilizando los tubos descriptos en el ensayo de toxicidad por contacto. Se registró diariamente el número de ninfas paridas por hembra durante siete días.

*Análisis estadístico:* Para los ensayos de toxicidad por inmersión y por contacto se estimaron los valores de CL<sub>50</sub> (concentración de un AE que controla el 50% de la población) mediante el programa SPSS 15.0. Para comparar los valores de CL<sub>50</sub> se utilizó el criterio de la no superposición de sus intervalos de confianza del 95% (NSIC,  $p < 0,05$ ).

Los resultados del ensayo de reproducción se analizaron mediante la prueba de varianza ANOVA, previa verificación de los supuestos de normalidad con el test de Shapiro-Wilks y de homocedasticidad con la prueba de Levene (Di Rienzo y col., 2017) y las medias fueron separadas mediante el test de diferencias mínimas significativas (DMS,  $p \geq 0,05$ ).

## RESULTADOS

*Toxicidad por inmersión:* Los AE evaluados resultaron tóxicos para las tres especies de áfidos (Tabla 2). Durante el ensayo, para *A. pisum* . *A. craccivora* no se observaron diferencias en la toxicidad entre los AE (NSIC,  $p \geq 0,05$ ). Sin embargo, el AE de *M. x piperita* presentó una mayor actividad insecticida sobre *A. pisum*, mientras que el AE de *E. globulus* fue más tóxico para *A. craccivora*. Por otro lado, para *T. trifolii* el AE de *M. x piperita* resultó significativamente más tóxico durante el ensayo (NSIC,  $p < 0,05$ ).

TABLA 2 / TABLE 2

Toxicidad por inmersión de los aceites esenciales sobre *A. pisum*, *A. craccivora* y *T. trifolii*; CL50: concentración letal 50 (%  $p v-1$ ); IC 95%: intervalo de confianza del 95%. Para cada tiempo de evaluación, valores de CL50 seguidos por la misma letra no difieren significativamente (NSIC,  $p \geq 0,05$ ). / *Immersion toxicity of essential oils on A. pisum, A. craccivora and T. trifolii; LC50: lethal concentration 50 (% w v-1); 95% CL: 95% confidence intervals. Within each evaluation time, LC50 values followed by the same letter are not significantly different (NSIC,  $p \geq 0,05$ ).*

Especie de áfido	Aceite Esencial	CL <sub>50</sub> (IC 95%)		
		1 hora	6 horas	24 horas
<i>A. pisum</i>	<i>E. globulus</i>	1,1341 (0,8931-1,4400) a	0,8807 (0,6827-1,1245) a	0,4798 (0,3281-0,5736) a
	<i>M. x piperita</i>	1,1098 (0,9114-1,3583) a	0,7603 (0,6013-0,9517) a	0,4309 (0,3140-0,5542) a
<i>A. craccivora</i>	<i>E. globulus</i>	0,4904 (0,2249-0,7916) a	0,4385 (0,2350-0,6600) a	0,2906 (0,1389-0,4488) a
	<i>M. x piperita</i>	0,7083 (0,5328-0,9124) a	0,6157 (0,4538-0,7991) a	0,3205 (0,1952-0,4438) a
<i>T. trifolii</i>	<i>E. globulus</i>	3,1736 (2,7616-3,6313) b	3,1079 (2,7039-3,5490) b	0,9340 (0,6859-1,2467) b
	<i>M. x piperita</i>	1,3016 (1,0672-1,5975) a	1,1836 (0,9604-1,4656) a	0,4236 (0,2923-0,5597) a

Al evaluar la actividad insecticida del AE de *E. globulus* sobre los áfidos plaga se observó que a la 1h y a las 6h fue más tóxico para *A. craccivora*, diferenciándose significativamente de las otras especies (NSIC,  $p < 0,05$ ). A las 24 horas, este AE resultó más tóxico para *A. craccivora* sin hallarse diferencias significativas con *A. pisum* (NSIC,  $p < 0,05$ ) (Figura 1).

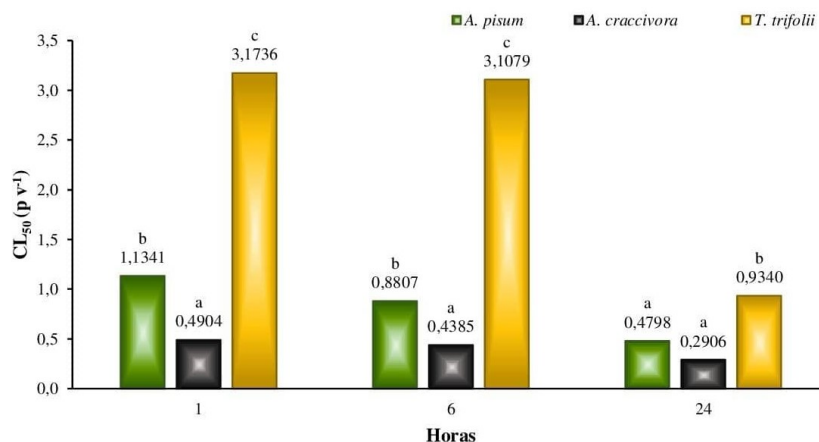


FIGURA 1 / FIGURE 1

Toxicidad por inmersión del aceite esencial de *E. globulus*. Para cada tiempo de evaluación, valores de CL50 seguidos por la misma letra no difieren significativamente (NSIC,  $p \geq 0,05$ ). / Immersion toxicity of *E. globulus* essential oil. Within each evaluation, time LC50 values followed by the same letter are not significantly different (NSIC,  $p \geq 0,05$ )

Al considerar el efecto tóxico del AE de *M. . piperita* se observó que a la 1h presentó mayor toxicidad para *A. craccivora*, diferenciándose significativamente de *T. trifolii* (NSIC,  $p < 0,05$ ). A las 6h fue más tóxico para *A. pisum* . *A. craccivora* que para *T. trifolii* (NSIC,  $p < 0,05$ ). Al cabo de 24 horas, la toxicidad fue similar para las tres especies (NSIC,  $p \geq 0,05$ ) (Figura 2).

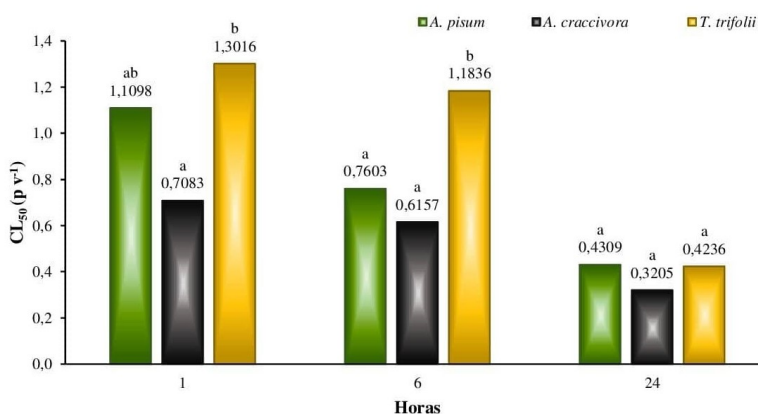


FIGURA 2 / FIGURE 2

Toxicidad por inmersión del aceite esencial de *M. x piperita*. Para cada tiempo de evaluación, valores de CL50 seguidos por la misma letra no difieren significativamente (NSIC,  $p \geq 0,05$ ). / Immersion toxicity of *M. x piperita* essential oil. Within each evaluation, time LC50 values followed by the same letter are not significantly different (NSIC,  $p \geq 0,05$ ).

*Toxicidad por contacto:* Al evaluar la toxicidad por contacto de los AE sobre los áfidos no se hallaron diferencias significativas durante todo el ensayo (Tabla 3). Para *A. pisum* el AE de *E. globulus* fue más tóxico

a las 24 horas, mientras que el de *M. . piperita* fue el más letal a las 48 horas. Para *A. craccivora*, el AE de *E. globulus* fue más tóxico en todo el ensayo. Mientras que, para *T. trifolii* el AE de *M. . piperita* fue más letal tanto a las 24 como a las 48 horas.

TABLA 3 / TABLE 3

Toxicidad por contacto de los aceites esenciales sobre *A. pisum*, *A. craccivora* y *T. trifolii*; CL50: concentración letal 50 (% p v-1); IC 95%: intervalo de confianza del 95%. Para cada tiempo de evaluación, valores de CL50 seguidos por la misma letra no difieren significativamente (NSIC,  $p \geq 0,05$ ). / *Contact toxicity of essentials oils on A. pisum, A. craccivora and T. trifolii; LC50: lethal concentration 50 (% w v-1); 95% CL: 95% confidence intervals. Within each evaluation time, LC50 values followed by the same letter are not significantly different (NSIC,  $p \geq 0,05$ ).*

Especie de áfido	Aceite Esencial	CL <sub>50</sub> (IC 95%)	
		24 horas	48 horas
<i>A. pisum</i>	<i>E. globulus</i>	1,4574 (0,2833-3,6121) a	0,5717 (0,2196-0,9161) a
	<i>M. x piperita</i>	1,9479 (1,1349-3,4371) a	0,5542 (0,2739-0,8185) a
<i>A. craccivora</i>	<i>E. globulus</i>	2,4917 (1,6364-4,2955) a	1,0103 (0,5495-1,5018) a
	<i>M. x piperita</i>	3,0156 (2,1776-4,6398) a	1,9494 (1,4521-2,6501) a
<i>T. trifolii</i>	<i>E. globulus</i>	0,7935 (0,4035-1,4568) a	0,5175 (0,2850-0,8218) a
	<i>M. x piperita</i>	0,5685 (0,1058-1,0491) a	0,4436 (0,1301-0,7606) a

Al analizar los valores de la CL<sub>50</sub> obtenidos a las 24 horas se observó que el AE de *E. globulus* fue más letal para *T. trifolii*, diferenciándose estadísticamente de *A. craccivora* (NSIC,  $p < 0,05$ ). Mientras que el AE de *M. . piperita* fue significativamente más tóxico para *T. trifolii* (NSIC,  $p < 0,05$ ) (Figura 3).

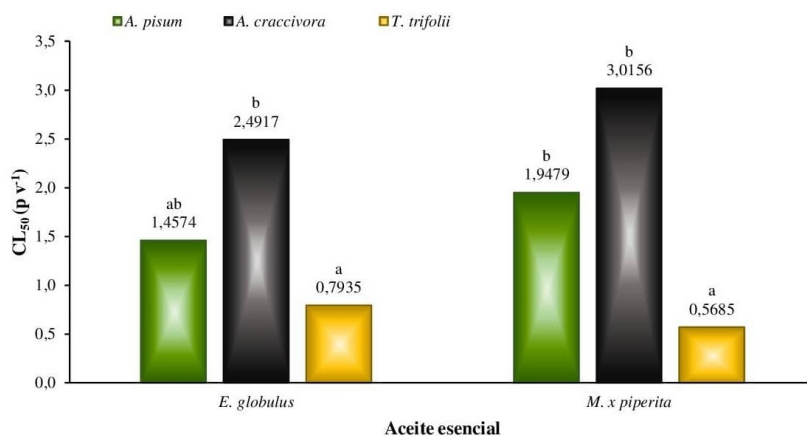


FIGURA 3 / FIGURE 3

Toxicidad por contacto de los aceites esenciales a las 24 horas. Para cada aceite esencial, valores de CL<sub>50</sub> seguidos por la misma letra dentro de no difieren significativamente (NSIC,  $p \geq 0,05$ ). / Contact toxicity of the essentials oils at 24 hours. Within each essential oil, LC<sub>50</sub> values followed by the same letter are not significantly different (NSIC,  $p \geq 0,05$ ).

Luego de 48 horas el AE de *E. globulus* produjo una toxicidad estadísticamente similar para las tres especies de áfidos (NSIC,  $p \geq 0,05$ ). Por su parte, el AE de *M. . piperita* fue más efectivo para el control de *A. pisum* . *T. trifolii* (NSIC,  $p < 0,05$ ) (Figura 4).

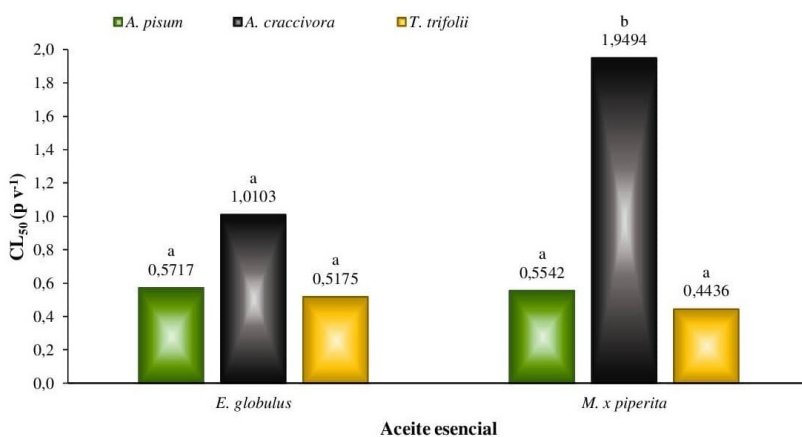


FIGURA 4 / FIGURE 4

Toxicidad por contacto de los aceites esenciales a las 48 horas. Para cada aceite esencial, valores de CL<sub>50</sub> seguidos por la misma letra dentro de no difieren significativamente (NSIC,  $p \geq 0,05$ ). / Contact toxicity of the essentials oils at 48 hours. Within each essential oil, LC<sub>50</sub> values followed by the same letter are not significantly different (NSIC,  $p \geq 0,05$ ).

Efecto sobre la reproducción: para *A. pisum*, a las 24 horas luego del tratamiento el promedio de ninfas paridas no difirió significativamente del control para ambos AE (DMS,  $p \geq 0,05$ ). A partir del segundo día de realizarse la pulverización hasta el séptimo día de evaluación los AE se diferenciaron significativamente del control (DMS,  $p < 0,05$ ), produciéndose una disminución en el porcentaje de ninfas nacidas que osciló entre el 30 y el 60% para *E. globulus* y entre el 30 al 41% para *M. x piperita* para cada fecha evaluada (Figura 5a).

El porcentaje de parición de *A. craccivora* disminuyó entre un 42 y un 60% en las plantas tratadas con el AE de *E. globulus*. Para las plantas pulverizadas con *M. . piperita* el porcentaje de disminución de la parición para cada fecha osciló entre el 26 y el 55 %. Durante todo el ensayo el número de ninfas paridas en plantas tratadas con los AE se diferenciaron significativamente del control (DMS,  $p < 0,05$ ) (Figura 5b).

Al utilizar el AE de *E. globulus* se observó que el promedio de ninfas paridas por *T. trifolii* disminuyó entre un 26 y un 56% con respecto al control. Al tratar las plantas con el AE de *M. . piperita* se observó una disminución de entre el 31 al 46 % (Figura 5c).

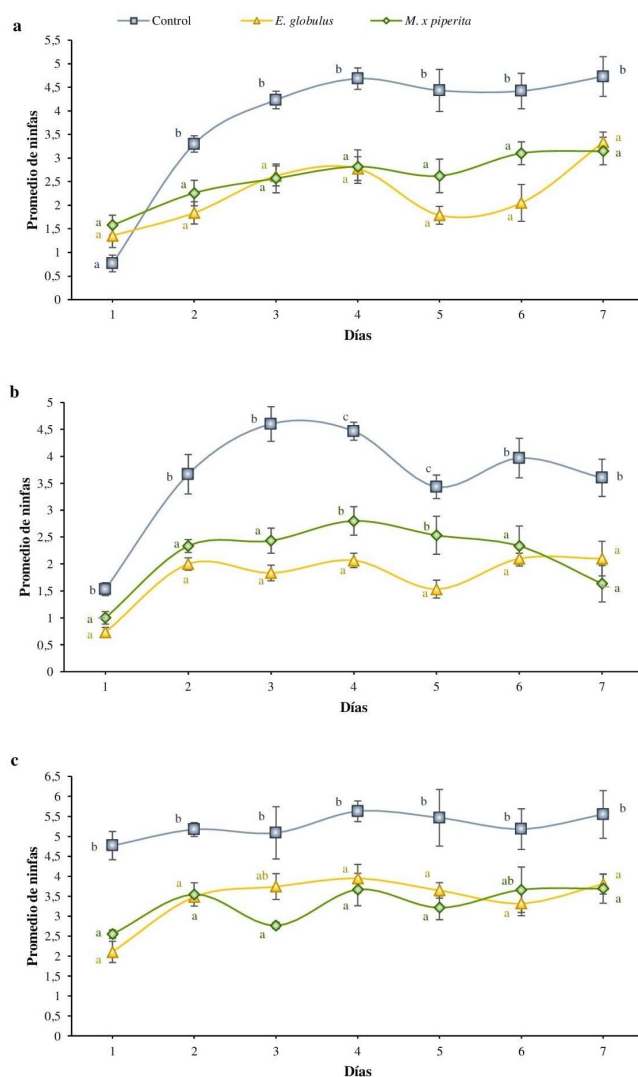


FIGURA 5 / FIGURE 5

Promedio de ninfas paridas ( $\pm$  error estándar) de *A. pisum*, *A. craccivora* y *T. trifolii* expuestos a los aceites esenciales de *E. globulus* y *M. x piperita*. Para cada día, valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente (DMS,  $p \geq 0,05$ ). / Mean number ( $\pm$  standard error) of *A. pisum*, *A. craccivora* and *T. trifolii* offspring exposed to *E. globulus* and *M. x piperita* essential oils. Within each day, values followed by the same letter are not significantly different (DMS,  $p \geq 0,05$ ).



## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los AE afectan a los insectos y otros artrópodos de diversas maneras dependiendo del tipo de planta de la cual se extraen y de las características fisiológicas de las especies plagas (Hikal y col., 2017).

La actividad insecticida de los AE se basa en las concentraciones de los componentes mayoritarios que pertenecen a la clase de los terpenos, fenoles y alcaloides (Moghaddam y Mehdizadeh, 2017).

En nuestro trabajo las actividades insecticidas de los AE de *E. globulus* y de *M. . piperita* variaron de acuerdo a los tiempos de evaluación y al tipo de bioensayo utilizado para registrar la mortalidad de los áfidos plaga.

Los AE de *E. globulus* y de *M. . piperita* produjeron mortalidad tanto por inmersión como por contacto. Similares resultados fueron obtenidos por otros autores al utilizar AE de diferentes plantas sobre los áfidos *A. pisum*, *A. craccivora* . *T. trifolii* (Kassimi y El Watik, 2012; Kassimi y col., 2016).

Cuando los insectos fueron sumergidos en los AE las sustancias tóxicas entraron en contacto con la cutícula y difundieron a través de ella en forma vertical y horizontal. En este tipo de exposición la lipofilidad de las sustancias es un factor importante en la determinación de la toxicidad (Hikal y col., 2017; Rizvi y col., 2018).

En nuestros ensayos tanto a la hora, como a las seis y a las 24 horas el AE de *M. . piperita* fue el más efectivo para el control de *T. trifolii*. Esto podría deberse a la presencia de distintos metabolitos secundarios con una alta lipofilidad o a diferencias en la concentración de estos metabolitos (Rizvi y col., 2018).

En el ensayo de toxicidad por contacto los AE evaluados produjeron menos toxicidad para *A. craccivora*. Esta diferencia en la sensibilidad entre los áfidos a los AE podría ser el resultado de las distintas adaptaciones a la herbivoría (Digilio y col., 2008). *A. craccivora* presenta un amplio rango de huéspedes (Blackman y Eastop, 2007) y está asociado con la habilidad de superar diferentes tipos de defensas en las plantas (Bass y col., 2013).

Cabe destacar que la CL<sub>50</sub> hallada tanto para los ensayos de inmersión como para los ensayos de toxicidad por contacto fueron menores que las informadas para el AE de *M. . piperita* sobre *Lipaphis pseudobrassicae* (CL<sub>50</sub>: 8,8 mg ml<sup>-1</sup>) (Sampson y col., 2005) y para el AE de *M. microphylla* por inmersión sobre *A. craccivora* (CL<sub>50</sub>: 0,50 mg ml<sup>-1</sup>) (Farghaly y col., 2009).

Algunos estudios han reportado los efectos subletales de los AE y de sus componentes sobre la biología de los insectos. Algunos AE que actúan sobre el sistema endocrino pueden también influir en el comportamiento reproductivo (de França y col., 2017). En nuestro trabajo se observó una disminución en la fecundidad diaria de los áfidos expuestos a los AE. Los áfidos se alimentan pasivamente de savia floemática, pero ante condiciones de estrés como cambios en la calidad del alimento, la presencia de metabolitos secundarios o cambios endocrinos relacionados con el sistema reproductivo comienzan a ingerir savia xilemática a fin de reestablecer el balance hídrico (Daniels y col., 2009). En este contexto la reproducción se vería afectada de manera negativa. En este estudio la aplicación de AE en las plantas de *M. sativa* podría ocasionar un cambio en la calidad del alimento en detrimento de la reproducción. Una disminución en la fecundidad fue observada por Tomova y col. (2005) al evaluar el AE de *Tagetes minuta* en *A. pisum* y por Ofuya y Okuku (1994) al evaluar extractos acetónicos de *Zingiber officinalis* . *Aframomum melegueta* en *A. craccivora*.

En base a los resultados obtenidos podemos concluir que ambos AE presentaron toxicidad por inmersión, toxicidad por contacto y disminución de la progenie de los áfidos criados sobre plantas de *M. sativa* tratadas. Estos aceites podrían ser utilizados en un ecosistema agrícola como una herramienta sustentable y de bajo impacto ambiental.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade FH. 2016. Los desafíos de la Agricultura. 1<sup>ra</sup> Edición. Acassuso: International Plant Nutrition Institute. 135 pp.

- Andrade FH. 2017. Los desafíos de la agricultura argentina. Satisfacer las futuras demanda y reducir el impacto ambiental. 1<sup>ra</sup> Edición. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ediciones INTA. 120 pp.
- Bass C, Zimmer CT, Riveron JM, Wilding CS, Wondji CS, Kausmann M, Field LM, Williamson MS, Nauen R. 2013. Gene amplification and microsatellite polymorphism underlie a recent insect host shift. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110: 19460-19465.
- Bass C, Puinean AM, Zimmer CT, Denholm I, Field LM, Foster SP, Gutbrod O, Nauen R, Slater R, Williamson MS. 2014. The evolution of insecticide resistance in the peach potato aphid, *Myzus persicae*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 51: 41-51.
- Bizet Turovsky JAJ, Sánchez Chopa C, Descamps LR. 2017. Comportamiento de pulgones en cultivares de alfalfa en la región del sudoeste bonaerense. *AgroUNS* 14: 9-11.
- Blackman RL, Eastop VF. 2007. Taxonomic Issues. En: van Emden HF, Harrington R, editores. *Aphids as Crops Pest*. Londres: Cabi. Pp. 1-29.
- Boudh S, Singh JS. 2019. Pesticide contamination: Environmental problems and remediation strategies. En: Bharagava RN, Chowdhary P, editores. *Emerging and eco-friendly approaches for waste management*. Singapur: Springer Nature Singapore Pte Ltd. Pp. 245-270.
- Daniels M, Bale JS, Newbury HJ, Lind RJ, Pritchard J. 2009. A sublethal dose of thiamethoxam causes a reduction in xylem feeding by the bird cherry-oat aphid (*Rhopalosiphum padi*), which is associated with dehydration and reduced performance. *Journal of Insect Physiology* 55: 758-765.
- de França SM, Breda MO, Barbosa DR, Araujo AM, Guedes CA. 2017. The sublethal effects of insecticides in insects. En: Shields VD editor. *Biological Control of Pest and Vector Insects*. Rijeka: InTech. Pp. 23-39.
- Dhakad AK, Pandey VV, Beg S, Rawat JM. 2018. Biological, medicinal and toxicological significance of *Eucalyptus* leaf essential oil: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 98: 833-848.
- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M, Robledo CW. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Digilio MC, Mancini E, Voto E, De Feo V. 2008. Insecticide activity of Mediterranean essential oils. *Journal of Plant Interactions* 3: 17-23.
- FAO. 1970. Métodos recomendados para la detección y medición de la resistencia de plagas agrícolas a los plaguicidas. 4 - Método provisional para adultos del pulgón melocotonero (*Myzus persicae*). FAO, Boletín Fitosanitario 18: 16-18.
- FAO. 2017. The future of food and agricultura. Trends and challenges. Rome: FAO. 163 pp.
- Farghaly SF, Torkey HM, Abou-Yousef HM. 2009. Natural extracts and their chemical constituents in relation to toxicity against whitefly (*Bemisia tabaci*) and aphid (*Aphis craccivora*). *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 3: 3217-3223.
- Hikal WM, Baeshen RS, Said-Al Ahl HA. 2017. Botanical insecticide as simple extractives for pest control. *Cogent Biology* 3: 1-16.
- Kassimi A, El Watik L. 2012. Comparison the effect insecticide of the oils of six plant extracts on the aphids in alfalfa green. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare* 2: 85-91.
- Kassimi A, El Watik L, Moumnni M. 2016. Insecticidal action of Malyphos and the essential oil of oregano on the aphid. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare* 6: 124-127.
- Khan FR, Alhewairini SS. 2019. Effects of insecticides on natural population of hymenopterous parasitoids in alfalfa (*Medicago sativa* L.) agro-ecosystem. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 56: 1087-1093.
- Kumar P, Mishra S, Malik A, Satya S. 2011. Insecticidal properties of *Mentha* species: A review. *Industrial Crops and Products* 34: 802-817.
- Moghaddam M, Mehdizadeh L. 2017. Chemistry of essential oils and factors influencing their constituents. En: Grumezescu A, Holban AM Editores. *Soft Chemistry and Food Fermentation*. Londres: Elsevier. Pp. 379-419.
- Mossa A-TH. 2016. Green pesticides: Essential oils as biopesticides in insect-pest management. *Journal of Environmental Science and Technology* 9: 354-378.

- Nikolova I, Georgieva N. 2020. Chemical control of insect pests by reduced doses and effect on leaf components in alfalfa (*Medicago sativa* L.). Asian Journal of Research and Review in Agriculture 2: 1-9.
- Ofuya TI, Okuku IE, 1994. Insecticidal effect of some plant extracts on the cowpea aphid *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae). Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz 67: 127-129.
- Pavela R, Benelli G. 2016. Essential Oils as Ecofriendly Biopesticides? Challenges and Constraints. Trends in Plant Science 21: 1000-1007.
- Pons X, Núñez, E. 2020. Plagas de la alfalfa: importancia, daños y estrategias de control. En: Lloveras J, Delgado I, Chocarro C, editores. La alfalfa. Agronomía y utilización. Lleida: Universidad de Lleida y Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón. Pp. 167-202.
- Rizvi SAH, Ling S, Tian F, Xie F, Zeng, X. 2018. Toxicity and enzyme inhibition activities of the essential oil and dominant constituents derived from *Artemisia absinthium* L. against adult Asian citrus psyllid *Diaphorinacitri* Kuwayama (Hemiptera:Psyllidae). Industrial Crops and Products 121: 468-475.
- Sampson BJ, Tabanca N, Kirimer NE, Demirci B, Baser KHC, Khan IA, Spiers JM, Wedge, DE. 2005. Insecticidal activity of 23 essential oils and their major compounds against adult *Lipaphis pseudobrassicae*(Davis) (Aphididae: Homoptera). Pest Management Science 61: 1122-1128.
- Simon JC, Peccoud J. 2018. Rapid evolution of aphid pests in agricultural environments. Current Opinion in Insect Science 26: 17-24.
- Toledo PFS, Viteri Jumbo LO, Rezende SM, Haddi K, Silva BA, Mello TS, Della Lucia TMC, Aguiar RWS, Smaghe G, Oliveira EE. 2020. Disentangling the ecotoxicological selectivity of clove essential oil against aphids and non-target ladybeetles. Science of the Total Environment 718: 1-12.
- Tomova BS, Waterhouse JS, Doberski J. 2005. The effect of fractionated Tagetes oil volatiles on aphid reproduction. Entomologia Experimentalis et Applicata 115: 153-159.
- Villaverde J, Jaime AP, Martín GO. 2009. Principales insectos perjudiciales y benéficos presentes en el cultivo de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) en Trancas, Tucumán. Avances en la Producción Vegetal y Animal del NOA 2007-2009: 525-532.
- Yu T, Lin F, Liu X, Wang X. 2020. Recovery role in soil structural, carbon and nitrogen properties of the conversion of vegetable land to alfalfa land in northwest China. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 20: 1366–1377.
- Yuan ZQ, Yu KL, Epstein H, Fang C, Li JT, Liu QQ, Liu XW, Gao WJ, Li FM. 2016. Effects of legume species introduction on vegetation and soil nutrient development on abandoned croplands in a semi-arid environment on the Loess Plateau, China. Science of the Total Environment 541: 692-700.